



Qualité de l'air

Études

Septembre 2009



CARTATMO

Cartographies de l'indice ATMO dans la région de l'étang de Berre

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)



Cartographie de l'indice ATMO dans la région de l'Etang de Berre - Résumé -

Indice ATMO

L'indice ATMO caractérise la qualité de l'air globale pour l'ensemble d'une zone géographique. Cet indice et son mode de calcul sont définis par l'arrêté du Ministère en charge de l'environnement du 22 juillet 2004.

L'indice ATMO est déterminé à partir des niveaux de pollution observés au cours de la journée. Il prend en compte les différents polluants atmosphériques, traceurs des activités de transport, urbaines et industrielles : **le dioxyde de soufre, les poussières (PM10), le dioxyde d'azote et l'ozone.**

Pour chaque polluant, un sous-indice déterminé à partir d'une moyenne des niveaux du polluant considéré dans la zone. C'est le sous-indice maximal qui est choisi comme indice ATMO final caractérisant la qualité de l'air globale de la zone.

Cartographies ATMO

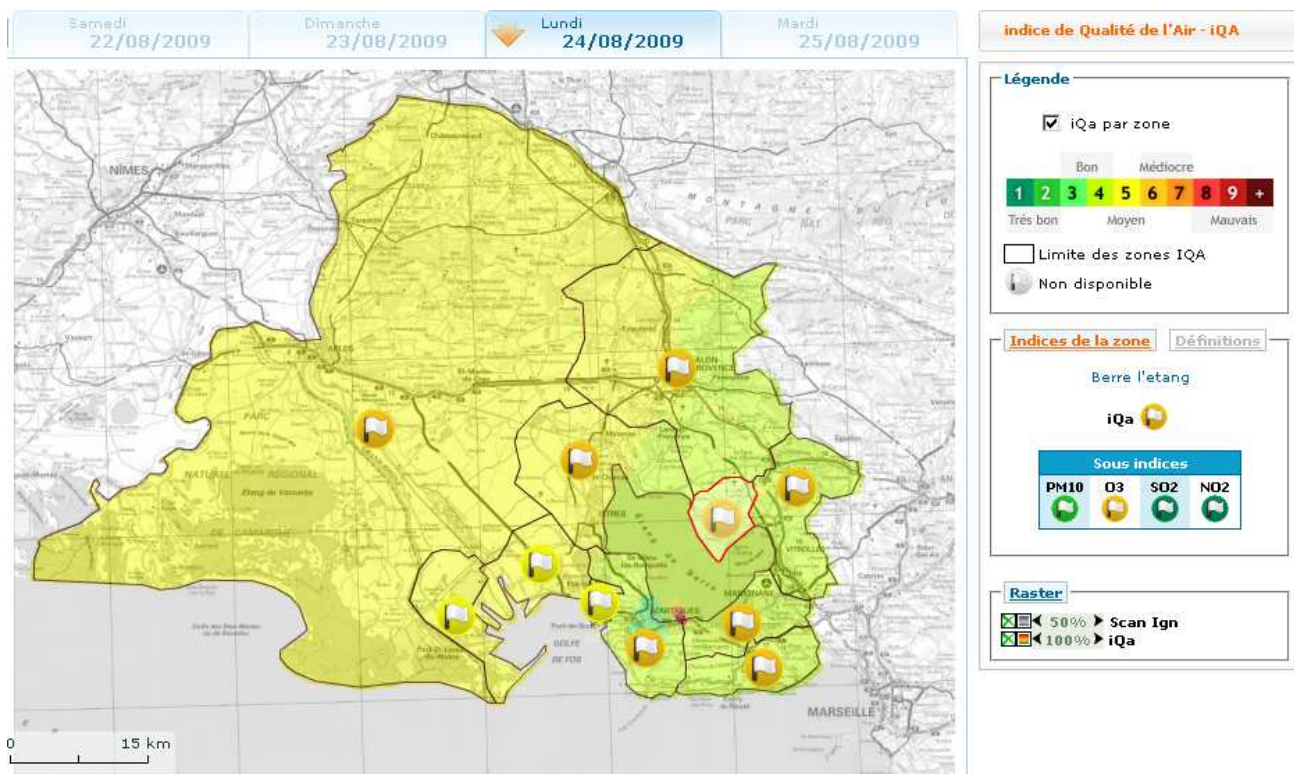
Depuis 2008, AIRFOBEP a mis en place des outils opérationnels pour cartographier différents polluants réglementés, notamment ceux intervenant dans le calcul de l'indice ATMO. Il s'agit de cartographies « analysées » pour la veille, c'est-à-dire qu'elles intègrent les données de mesures. Des cartographies « en prévision » sont également produites pour le jour même et les jours suivants.

AIRFOBEP a souhaité valoriser cet ensemble d'outils et produire une information globale et cartographiée de la qualité de l'air dans la région de l'étang de Berre. AIRFOBEP a développé une application informatique en connexion avec l'ensemble des outils de cartographie des différents polluants. Cette application traite les données issues de ces outils pour :

- générer automatiquement des cartes quotidiennes de l'indice ATMO,
- déterminer l'indice ATMO dans les zones géographiques prédéfinies de la région de l'étang de Berre.

Ces informations sont disponibles pour :

- la veille, information consolidée par les données de mesures,
- le jour même et le lendemain, en prévision.



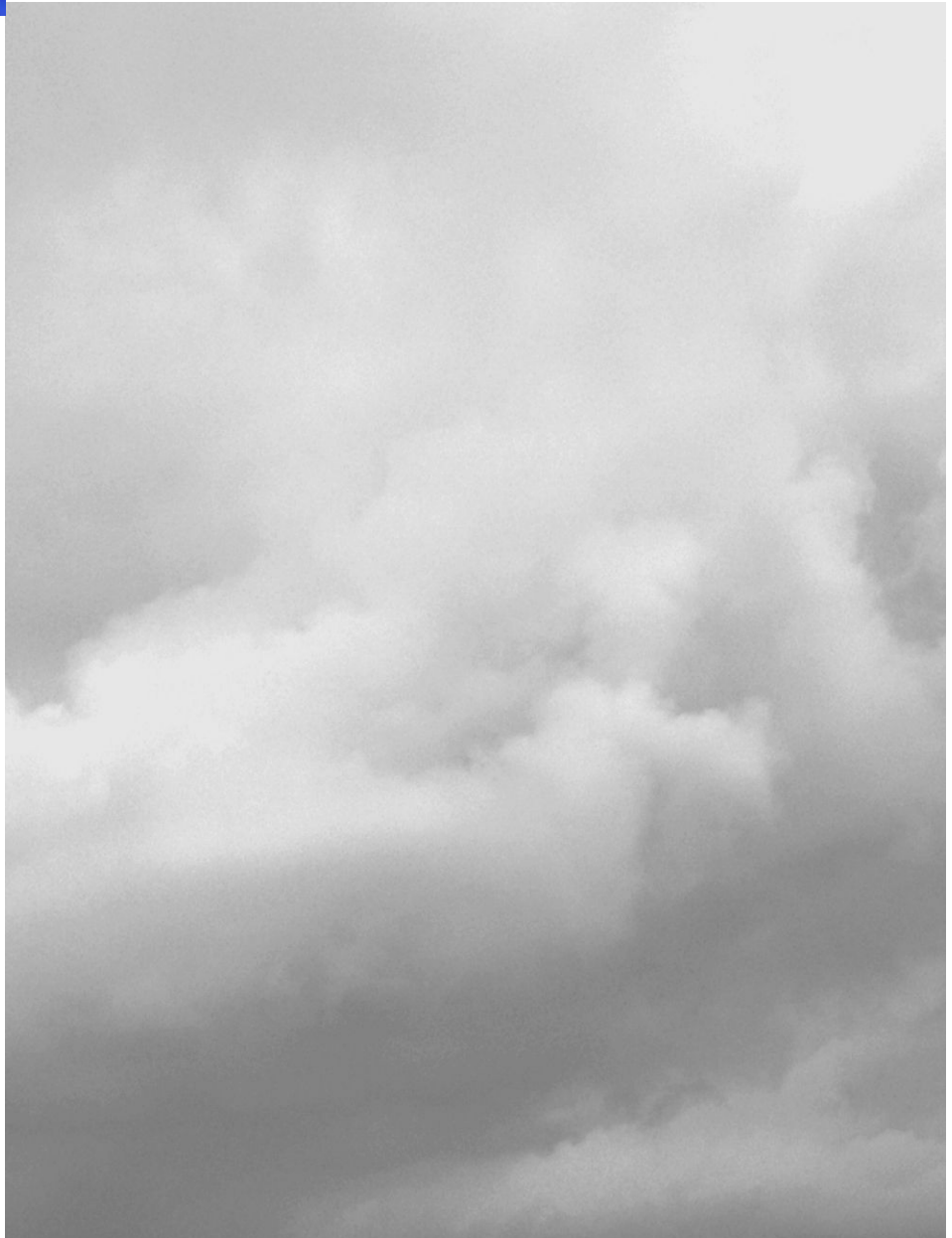
Résultats de l'application ATMO développée par AIRFOBEP :
Indice ATMO : cartographie et valeurs pour les différentes zones géographiques,
Indice ATMO « analysé » pour la veille et en prévision pour le jour même et le lendemain.



Table des matières

1. Objet de l'étude	4
2. Méthodologie.....	6
2.1. Plate-formes existantes.....	6
2.2. Cartographies des indices.....	7
2.3. Fichiers texte par zone : indice de qualité de l'air IQA	10
2.4. Statistiques et interface web NUMTECH	11
3. Fonctionnalités et fonctionnement de l'outil.....	14
3.1. Cartographies et sorties	14
3.2. Sauvegardes.....	14
3.3. Description technique de la plate-forme	14
4. Conclusions	21
<i>Table des figures.....</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<i>Table des tableaux.....</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>

Objet de l'étude



1. Objet de l'étude

En complément des outils actuellement à disposition (réseau de mesures, ...), AIRFOBEP a souhaité mettre en place des outils de surveillance et de prévision de la pollution à l'ozone, PM, SO₂ et prochainement NO₂ sur son territoire d'intervention. Ces outils de simulation automatisé permettent de calculer et produire une répartition spatio-temporelle des panaches de ces différents polluants à différentes échéances (J-1, J, J+1, ...).

Afin de finaliser cette démarche, l'objet de ce document est de décrire la mise en place, le fonctionnement et les fonctionnalités d'un applicatif s'appuyant sur la base de données BADOS afin de générer les sous-indices ATMO et l'indice ATMO d'une part pour diffusion au travers de cartographies sur le site web d'AIRFOBEP (site géré par SIMALIS) et d'autre part pour diffusion au moyen d'un site Internet de contrôle géré par NUMTECH.

Ce développement de l'applicatif Indices ATMO correspond à la production d'indices pour les observations, c'est-à-dire pour J-1, ainsi qu'en prévision pour J et J+1.

Méthodologie



2.1. Plate-formes existantes

2.2. Cartographies des indices

2.3. Fichiers texte par zone

2. Méthodologie

L'indice ATMO caractérise la qualité de l'air globale pour l'ensemble d'une région. Cet indice et son mode de calcul sont précisément définis au niveau national par l'arrêté du Ministère de l'Écologie et du Développement durable du 22 juillet 2004 (qui annule et remplace les précédents arrêtés relatifs à l'indice de qualité de l'air du 10 janvier 2000 et du 25 juillet 2001). Cet indice est déterminé à partir des niveaux de pollution mesurés au cours de la journée par les stations de fond urbaines et périurbaines de la région et prend en compte différents polluants atmosphériques, traceurs des activités de transport, urbaines et industrielles.

Dans son calcul interviennent ainsi :

- le dioxyde de soufre (d'origine industrielle),
- les poussières (pour partie d'origine industrielle, liée au transport et au chauffage),
- le dioxyde d'azote (lié aux transports, aux activités de combustion et de chauffage),
- l'ozone (polluant secondaire issu principalement des transports et de l'utilisation des solvants et des hydrocarbures).

Suivant l'arrêté, l'indice de la qualité de l'air ATMO est calculé jusqu'à présent par AIRFOBEP à partir des concentrations en polluants qui sont mesurés par son réseau. AIRFOBEP a souhaité étendre cette démarche, tel que cela est fait dans d'autres AASQA, en diffusant sur Internet une cartographie d'un indice, similaire dans son principe à l'indice ATMO, mais utilisant des données supplémentaires aux données mesurées.

En effet, les techniques d'interpolation statistique permettent de produire des cartographies fiables de la pollution atmosphérique tout en prenant en compte les résultats observés aux stations du réseau automatique AIRFOBEP et les résultats de la modélisation physico-chimique de la pollution atmosphérique (modélisation statistique et/ou déterministe). Or depuis 2008, AIRFOBEP a mis en place des outils opérationnels permettant quotidiennement de suivre et cartographier la pollution de certains polluants sur sa région de compétence (voir section 2.1). Ces cartographies correspondent à des cartes analysées pour la veille, c'est-à-dire qu'elles intègrent les données d'observation du réseau. En outre, ces applications fournissent également une prévision de la pollution sur les jours à venir.

2.1. Plate-formes existantes

Dans le cadre de sa mission de surveillance, AIRFOBEP s'est doté dernièrement d'outils permettant de réaliser une cartographie de la pollution en différents polluants sur son territoire d'intervention.

A ce jour les outils opérationnels sont :

- Plate-forme PM, qui permet chaque jour d'obtenir une cartographie, à l'échelle de la région, de la concentration moyenne journalière en poussière pour le jour précédent (J-1 : observation) et en prévision pour le jour même et le lendemain.
- CartO3, qui permet chaque jour et à chaque heure d'obtenir une cartographie, à l'échelle de la région, de la concentration moyenne horaire en ozone pour le jour précédent (J-1 : observation) et en prévision pour le jour même (J), le lendemain (J+1) et le sur-lendemain (J+2).
- Outil SO₂, qui permet chaque jour et à chaque heure d'obtenir une cartographie, à l'échelle de la région, de la concentration moyenne horaire en SO₂ pour le jour précédent (J-1 : observation).

Par ailleurs, actuellement des développements sont en cours sur ces outils ou de nouveaux, en particulier :

- Un outil qui permet chaque jour et à chaque heure d'obtenir une cartographie, à l'échelle de la région, de la concentration moyenne horaire en NO₂ pour le jour précédent (J-1 : observation) et en prévision pour le jour même (J), le lendemain (J+1) et le sur-lendemain (J+2).

Un développement de l'outil SO₂ afin d'obtenir une cartographie, à l'échelle de la région, de la concentration moyenne horaire en SO₂ pour chaque heure du jour même et le lendemain. De même, un développement est en cours pour que les cartographies créées pour J-1 soit des cartes analysées

intégrant les observations. En effet, à ce jour les cartes produites ne sont issues que de calcul de dispersion.

Compte tenu de ces éléments, AIRFOBEP a souhaité développer l'outil Indices ATMO afin de produire des cartes ATMO et des fichiers texte d'information par zone en mode observation (J-1) et prévision (J, J+1), même si tous les outils logiciels dédiés à un polluant ne sont pas encore totalement opérationnels. Par exemple, l'outil SO₂ n'est pas encore opérationnel en prévision.

2.2. Cartographies des indices

Pour chaque polluant, un sous-indice est déterminé chaque jour à partir des niveaux du polluant considéré sur l'ensemble des stations retenues. Pour les particules, on prend la concentration moyenne journalière sur chaque site. Pour le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote et l'ozone, c'est la concentration maximale horaire du jour qui est relevée sur chaque site (voir tableaux ci-dessous). C'est le sous-indice maximal qui est choisi comme indice ATMO final caractérisant la qualité de l'air globale de la journée considérée.

sous-indice Particules	seuil min. en µg/m ³	seuil max. en µg/m ³
1	0	9
2	10	19
3	20	29
4	30	39
5	40	49
6	50	64
7	65	79
8	80	99
9	100	124
10	> = 125	

Tableau 1 : Grille de calcul du sous-indice Particules sur la base des concentrations moyennes journalières

sous-indice NO ₂	seuil min. en µg/m ³	seuil max. en µg/m ³
1	0	29
2	30	54
3	55	84
4	85	109
5	110	134
6	135	164
7	165	199
8	200	274
9	275	399
10	> = 400	

Tableau 2 : Grille de calcul du sous-indice NO₂ sur la base des concentrations maximales horaires

sous-indice O3	seuil min. en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	seuil max. en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	0	29
2	30	54
3	55	79
4	80	104
5	105	129
6	130	149
7	150	179
8	180	209
9	210	239
10	≥ 240	

Tableau 3 : Grille de calcul du sous-indice O3 sur la base des concentrations maximales horaires

sous-indice SO2	seuil min. en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	seuil max. en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	0	39
2	40	79
3	80	119
4	120	159
5	160	199
6	200	249
7	250	299
8	300	399
9	400	499
10	≥ 500	

Tableau 4 : Grille de calcul du sous-indice SO2 sur la base des concentrations maximales horaires

Chacun des outils décrit précédemment, à l'échéance voulue (jour pour PM, heure pour O₃, SO₂ et NO₂), produisent alors une carte directement sous forme de sous-indices ATMO au format « .PGM » afin d'être visualisé sur le site AIRFOBEP géré par SIMALIS. De plus, l'ensemble des données produites par ces systèmes opérationnels, ainsi que l'ensemble des données d'observation, est sauvegardé quotidiennement dans la base de données BADOS géré par AIRFOBEP.

Il est donc possible de mettre en œuvre une approche cartographique de l'indice ATMO qui permet ainsi une très bonne compréhension des phénomènes de pollution atmosphérique pour le public en soulignant :

- l'homogénéité ou inhomogénéité globale de la qualité de l'air à l'échelle de la région,
- la mise en évidence éventuelle de contrastes importants à petite échelle de phénomènes ponctuels lors des épisodes de pollution,
- le rôle et la délimitation géographique de l'influence de chacun des quatre polluants dans le calcul de l'indice global sur la totalité du territoire couvert par AIRFOBEP,
- le transport des polluants selon les conditions météorologiques mettant des zones rurales sous influence potentielle des principales agglomérations ou zones industrielles,
- la saisonnalité des phénomènes de pollution atmosphérique (entre l'été et l'hiver) et la spécificité des zones rurales/industrielles.

Une cartographie est donc élaborée pour chacun des quatre polluants intervenant dans le calcul de l'indice ATMO – le dioxyde de soufre (SO₂), les poussières (PM₁₀), le dioxyde d'azote (NO₂) et l'ozone (O₃) – afin d'obtenir la carte des quatre sous-indices. En chaque point de la région sous la juridiction d'AIRFOBEP, c'est le sous-indice maximal au point considéré qui fournira l'indice final caractérisant la qualité de l'air globale à cet endroit. Ces cartographies seront réalisées (au format « .PGM ») et affichées quotidiennement (sur le site AIRFOBEP géré par SIMALIS) chaque matin pour le jour J-1, J et J+1.

Un exemple de cartographies des sous-indices et de l'indice ATMO est illustré sur la figure suivante.

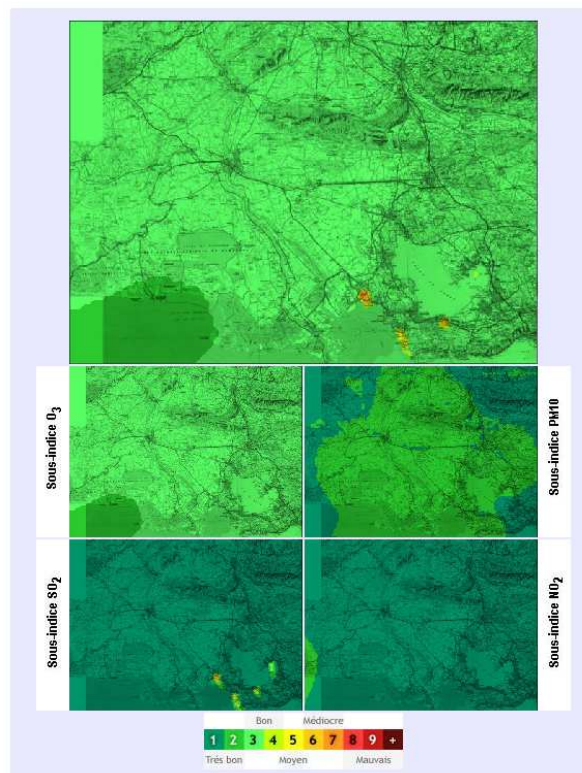


Figure 1 : Exemple de cartographies des sous-indices ATMO pour l'ozone, les PM, SO₂ et NO₂, ainsi que pour l'indice ATMO

Il faut noter que tant que l'outil NO₂ ne sera pas opérationnel, il a été retenu avec AIRFOBEP que la cartographie du sous-indice pour NO₂ s'appuyait sur une simple interpolation (par krigeage) des données d'observation pour le jour J-1. De même, on peut noter que tant que le développement d'une carte analysée pour l'outil SO₂ n'est pas finalisé, la carte de sous-indice SO₂ pour le jour J-1 est issu exclusivement de calcul de dispersion sans calage aux observations. Enfin, pour le calcul de l'indice ATMO en prévision (J et J+1) celui-ci est uniquement basé sur les sous-indices de l'ozone et des PM tant que les outils SO₂ et NO₂ ne sont pas opérationnels en prévision.

En outre, il est prévu que les différents outils (plate-forme PM, CartO3, SO₂, NO₂) qui utilisent, à terme, les observations pour produire une carte analysée, permettent de produire automatiquement une réactualisation sous 10 jours de cette carte si les valeurs d'observations sont corrigées dans la base BADOS. Cette ré-actualisation entraînera également une ré-actualisation des cartes produites par la plate-forme indices ATMO. l'application indice ATMO sera relancée automatiquement sur les dix derniers jours pour générer la carte de l'indice ATMO du jour J-1 (carte analysée) dans un souci d'homogénéité et de réalisation d'un bilan annuel (nécessite le développement de la synchronisation de la base BADOS).

Pour chaque polluant, en absence de cartes produites par l'outil concerné le jour J-1, une méthodologie est mise en place pour produire une carte du sous-indice :

- 1- en premier lieu, une cartographie du sous-indice est construit à partir uniquement de l'interpolation des données d'observations présentes dans la base BADOS ;
- 2- dans un second temps, si aucune observation n'est disponible ce jour là, la cartographie du sous-indice sera réalisée à partir de l'interpolation de statistiques mensuelles du polluant considéré (voir également section 2.3 et section 3.3.5). A noter qu'en réalité, le seuil de déclenchement considèrera si plus de 50% des stations concernées par le polluant sont manquantes dans la base BADOS, plutôt que 100% afin de produire une carte interpolée réaliste.

Cette méthodologie ne s'applique donc que pour les calculs de sous-indices et indices du jour J-1.

2.3. Fichiers texte par zone : indice de qualité de l'air IQA

Afin de renforcer l'information apportée au public, AIRFOBEP a décliné l'indice ATMO officiel par secteurs sur l'ensemble de son territoire de compétence. Cet indice se nomme indice IQA.

Le tableau suivant présente les 11 zones définies par AIRFOBEP, ainsi que les stations de mesures à considérer pour chacune de ces zones et en fonction du polluant.

N° SIMALIS	Zone	SO ₂	NO ₂	O ₃	PM
1	Arles / St-Martin-de-Crau	ARLS	ARLS	MRMV ; SMMR ; SRMY	ARLS
2	Berre l'Etang	BETG ; BMGS ; RBRT	RBRT	VTRL ; RBRT	RBRT
4	Istres / Miramas / St-Chamas	ISTR ; MRMV	ISTR	ISTR ; MRMV ; FSCB	MRMV
9	Salon de Provence / Cornillon Confoux	SLPV ; FOLV	SLPV	MRMV ; SLPV	SLPV
11	Vitrolles / Rognac / Coudoux / Velaux / Ventrabren	VTRL ; RBRT	RBRT	VTRL ; RBRT	RBRT
5	Marignane / St Victoret / Châteauneuf-les-Martigues / Gignac-la-Nerthe	MRGV ; MEDE ; CHNF	MRGV	VTRL ; RBRT	MRGV
10	Carry-le-Rouet / Sausset-les-Pins	SSLP ; CLRT	MILE	MNDM ; SSLP	MILE
6	Martigues ville / St-Mitre-les-Remparts	MILE ; MPTI ; MNDM ; PDBC ; MLVR	MILE	MNDM ; SSLP	MILE
3	Fos-sur-mer	FSMR ; FSCB	ISTR	ISTR ; FSCB	FSCB
7	Port-de-Bouc	PDBL ; PDBC ; PDBE	MILE	FSCB ; ISTR	PDBL
8	Port-St-Louis	PSLV	ISTR	FSCB	PSLV

Tableau 5 : Liste des stations de mesure AIRFOBEP utilisées dans le cadre du zonage de l'indice IQA

En complément des fichiers « PGM » transmis à SIMALIS pour affichage sur le site AIRFOBEP, AIRFOBEP a donc souhaité poursuivre l'affichage des sous-indices et de l'indice ATMO par secteurs.

Un fichier texte est ainsi produit quotidiennement par la plate-forme ATMO. Ce fichier indique pour les 11 zones ATMO définies par AIRFOBEP les sous-indices calculés.

Pour J-1, La différence avec le module cartographique précédent est que ce calcul par zone **pour J-1** est basé uniquement sur les **valeurs observées au niveau des stations de mesures AIRFOBEP (données sauvegardées quotidiennement dans la base BADOS)**. Quand plusieurs stations de mesures sont présentes dans une des zones ATMO, les règles suivantes ont été utilisées :

- pour le sous-indice O₃, SO₂ et NO₂, la moyenne des concentrations maximales horaires au niveau de chaque station est calculée,
- pour le sous-indice PM, la moyenne des concentrations moyennes journalières au niveau de chaque station est calculée.

Si pour une zone comportant plusieurs stations, il apparaît que seules quelques (ou une seule) stations ont une donnée d'observation valide dans BADOS, le calcul du sous-indice pour cette zone portera alors uniquement sur ces données valides.

Par contre, si aucune station ne comporte de donnée valide, le sous-indice du polluant concerné sera calculé à partir des extractions des cartes produites par les différents outils (PM, CartO3, SO₂ et NO₂). En effet, ces différents outils produisent par défaut des cartes de pollution sans intégrer les observations.

Enfin, si pour un polluant, il se trouve que la carte produite par l'outil concerné est absente, les valeurs utilisées correspondront à une valeur climatologique issues d'un historique des observations AIRFOBEP (disponibles dans BADOS) pour chaque station concernée. Cette valeur climatologique variera en fonction du mois (voir section 3.3.5).

Dans ce cas là, un indicateur est associé à la valeur du sous-indice pour indiquer si celui-ci est issu directement de BADOS, de l'application ou de l'historique. Cet indicateur de provenance des valeurs de calcul de sous-indice sera visible sur le site internet NUMTECH, mais cette information n'est pas transmise à SIMALIS.

Par ailleurs, tout comme pour les cartographies, une ré-actualisation de ces fichiers sera effectuée sous 10 dix jours si une ré-actualisation des données d'observations de la base BADOS a lieu.

Pour J et J+1, les valeurs de ce fichier sont issues d'une extraction des prévisions au niveau des stations concernées et la même règle de calcul est utilisée quand plusieurs stations sont présentes dans une zone. En absence de données de prévisions, les valeurs utilisées et fournies seront basées sur la climatologie mensuelle des observations utilisées également pour J-1. Tout comme pour J-1, un indicateur est associé aux sous-indices afin d'indiquer sur le site internet NUMTECH la provenance des données (applications ou historique).

2.4. Statistiques et interface web NUMTECH

Dans le but de suivre le bon fonctionnement de la plate-forme en terme de performance en plus des performances déjà calculés par les différents outils associés à chaque polluant, un module de statistiques a été mis en place. Celui-ci permet de comparer les mesures, faites aux stations AIRFOBEP, aux résultats de l'application et cela quotidiennement., c'est-à-dire qu'il permet de suivre au jour-le-jour, via une interface web, les performances de la plate-forme. De plus, cette interface permet de calculer des statistiques de performances globales de la plate-forme en pouvant sélectionner des périodes de calcul.

Cette interface web a donc les fonctions suivantes :

- 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 (voir exemple de la figure 1).
- Afficher les statistiques journalières pour un suivi quotidien des performances.
- Calculer et afficher des statistiques de performance sur une période donnée.

Les statistiques alors produites sont les suivantes.

- **Statistiques au jour le jour :**

Un tableau récapitulatif présentant :

- les sous-indices ATMO observés,
- les sous-indices ATMO calculés,
- Le biais entre les sous-indices observés et calculés,
- l'indice ATMO global observé,
- l'indice ATMO global calculé,
- le biais entre l'indice observé et calculé.

Ces statistiques concernent une station donnée (les stations sont celles utilisées pour le calcul de l'indice iQA) ou toutes les stations (dans ce cas là le calcul du sous-indice PM correspond à la moyenne des stations, tandis que pour les autres polluants le calcul du sous-indice correspond au sous-indice maximal de toutes les stations) ou par zone (zone utilisée pour l'iQA ; la règle de calcul est alors celui de l'indice

iQA), un cycle donné (J-1, J ou J+1 ; c'est-à-dire les calculs de J-1 obtenus le jour J, les calculs de J effectués le jour J-1 et les calculs de J+1 effectués le jour J-2) 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.

- **Statistiques de performance sur une période donnée :**

Cette interface permet de calculer et afficher les performances de la plate-forme sur une période donnée.

Ces calculs et affichages sont réalisés :

- pour une station donnée,
- ou pour l'ensemble des stations,
- ou par zone de calcul de l'iQA,
- et pour un cycle de simulation donné (J-1, J et J+1).

Plusieurs calculs de performances sont alors calculés et affichés sous forme de tableaux qui présentent pour chaque sous-indice et pour l'indice global :

- ✓ Par classe de valeur d'indice (de 1 à 10), le nombre d'éléments observés, le nombre d'éléments calculés, et par rapport aux observations le biais moyen calculé pour chaque classe.
- ✓ Pour toutes valeurs d'indice confondu, la moyenne des observations, la moyenne des valeurs calculées, le biais moyen entre observation et simulation.



Fonctionnalités et fonctionnement de l'outil

3.1. Cartographies et sorties

3.2. Sauvegardes

3.3. Description technique de la plate-forme

3. Fonctionnalités et fonctionnement de l'outil

3.1. Cartographies et sorties

Trois types de sorties sont donc réalisées :

- D'une part, des cartes sont produites par jour et sont affichées dans une interface Internet associée à l'outil indices ATMO. Ces cartographies concernent les sous-indices ATMO et l'indice ATMO.
- D'autre part, des fichiers «.PGMs » sont produits pour un affichage de cartes par la société SIMALIS sur le site Internet dédié à AIRFOBEP. Ces fichiers concernent l'indice global ATMO (les sous-indices sont affichés par ailleurs à d'autres niveau du site Internet).
- Un fichier texte comprenant les sous-indices ATMO et indice ATMO des zones pré-définies par AIRFOBEP pour affichage au niveau du site AIRFOBEP géré par SIMALIS.

Pour rappel, dans un souci d'uniformisation des sorties des outils AIRFOBEP affiché sur le site Internet maintenu par SIMALIS, il a été retenu que les différents fichiers « .PGMs » soient similaires d'un outil à l'autre, tant en couverture spatiale qu'en résolution (200 m).

3.2. Sauvegardes

L'ensemble des sorties numériques produites sont archivées en interne de l'application Indice ATMO. Aucune sauvegarde n'est faite au niveau de la base BADOS.

3.3. Description technique de la plate-forme

3.3.1. Architecture du système

L'outil Indice ATMO est lié :

- aux applications CartO3, PM, SO2 et NO2 développées par NUMTECH pour AIRFOBEP, dans lesquelles il récupère les fichiers PGM obtenus en sortie, et qui lui permettent de réaliser le calcul de l'indice de la qualité de l'air spatialisé ;
- à la base de données chimiques BADOS, pour le calcul des sous-indices et de l'indice ATMO.

A l'issue de ses calculs, l'outil indice ATMO livre différents types de résultats :

- Une grille de qualité de l'air spatialisé au format binaire **.PGM** à destination du serveur FTP de **SIMALIS** pour l'affichage des **cartographies sur le site Internet** (cartographie de l'indice ATMO journalier) ;
- Un fichier au format **.TXT** à destination du serveur FTP de **SIMALIS** pour l'affichage **sur le site Internet** de l'indice ATMO observé par zone prédéfinie par AIRFOBEP ;
- des **images JPG** permettant de valider les résultats obtenus (interface web de suivi NUMTECH) ;
- **un journal des opérations réalisées**, qui est transmis par **e-mail** (à ce jour, uniquement à NUMTECH).

Le schéma général ci-dessous présente les interactions entre les différentes applications.

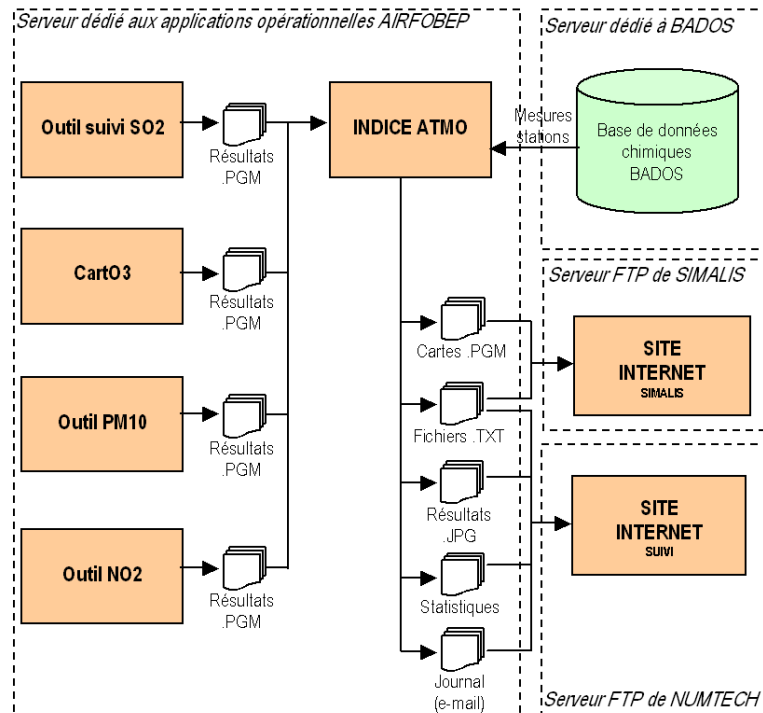


Figure 2 - Architecture du système

3.3.2. Principe de fonctionnement

L'outil Indice ATMO suit en opérationnel le principe de fonctionnement suivant :

Etape 1 : Pour J-1 uniquement, l'outil Indice ATMO se connecte au répertoire de la base de données chimiques BADOS, et télécharge les relevés horaires en SO₂, O₃, NO₂ et PM₁₀ des stations correspondant aux différentes zones (celles-ci ayant été définies dans un fichier d'options décrit au chapitre 3.3.4).

Etape 2 : Pour chaque zone, l'outil Indice ATMO calcule :

- le maxima journalier en NO₂ de chacune des stations,
- le maxima journalier en O₃ de chacune des stations,
- la moyenne journalière en PM₁₀ de chacune des stations,
- le maxima journalier en SO₂ de chacune des stations.

Si l'une de ces valeurs journalières est manquante pour une station, l'outil Indice ATMO utilise les valeurs du fichier d'historique, en fonction du polluant, de la station, et du mois en cours (cf. chapitre 3.3.4, fichier historique.ini). Pour chaque zone et chaque polluant, un fichier texte est alors créé pour stocker ces valeurs ; il sera transmis ultérieurement au site internet de NUMTECH pour le suivi du système ; un exemple, qui correspond aux valeurs en O₃ pour les stations de la zone1, est fourni ci-après :

```

dates;MRMV;SMMR;SRMY
12/07/2009 0h;44;60;42
12/07/2009 1h;43;62;46
12/07/2009 2h;34;69;31
12/07/2009 3h;35;60;30
12/07/2009 4h;42;45;29
12/07/2009 5h;40;43;32
12/07/2009 6h;47;63;47
12/07/2009 7h;56;69;66
12/07/2009 8h;80;74;82
12/07/2009 9h;97;85;100
12/07/2009 10h;117;87;119
12/07/2009 11h;116;88;131
12/07/2009 12h;109;91;128
    
```



```

12/07/2009 13h;105;88;120
12/07/2009 14h;85;89;107
12/07/2009 15h;70;88;95
12/07/2009 16h;70;93;104
12/07/2009 17h;80;91;112
12/07/2009 18h;73;90;95
12/07/2009 19h;58;89;81
12/07/2009 20h;56;68;68
12/07/2009 21h;55;57;64
12/07/2009 22h;45;62;60
12/07/2009 23h;41;61;55
maxima;117;93;131
    
```

Etape 3 : Pour chaque zone, l'outil Indice ATMO calcule :

- la moyenne des maxima journaliers en NO₂ des différentes stations,
- la moyenne des maxima journaliers en O₃ des différentes stations,
- la moyenne des moyennes journalières en PM₁₀ des différentes stations,
- la moyenne des maxima journaliers en SO₂ des différentes stations.

Etape 4 : A partir des valeurs moyennes obtenues à l'étape 3, l'outil Indice ATMO calcule les sous-indices NO₂, O₃, PM₁₀ et SO₂, en fonction des intervalles de valeurs spécifiées dans le fichier sous-indices.ini (cf. chapitre 3.3.4), ainsi que l'indice ATMO global de chacune des zones. Un fichier texte est alors généré ; celui-ci sera transmis ultérieurement au site internet de SIMALIS. Son format est le suivant :

```

Zone;PM;SO2;O3;NO2;ATMO
1;2;2;5;9;9
2;1;2;4;1;4
3;1;1;4;1;4
4;1;3;4;1;4
5;2;1;4;2;4
6;1;2;4;2;4
7;2;3;4;2;4
8;1;1;4;1;4
9;1;4;5;3;5
10;1;1;4;2;4
11;1;2;4;1;4
    
```

Ce fichier a pour nom : [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_AJm1_IQA.txt ; par exemple, le fichier généré le 13/07/2009 se nommera 2009_07_13_AJm1_IQA.txt et contiendra l'indice ATMO et les sous-indices par zone pour le 12/07/2009.

Etape 5 : pour chaque jour entre J-1 et J+2, l'outil Indice ATMO charge, si celui-ci est disponible :

- le fichier de moyenne journalière en PM₁₀, à partir du répertoire de sortie de l'outil de calcul PM :
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_AJm1_PM10.pgm pour J-1
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJP0_PM10.pgm pour J
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJP1_PM10.pgm pour J+1
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJP2_PM10.pgm pour J+2
- le fichier de maxima journalier en O₃, à partir du répertoire de sortie de l'outil de calcul CartO₃ :
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_AJm1_O3_max.pgm pour J-1
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJP0_O3_max.pgm pour J
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJP1_O3_max.pgm pour J+1
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJP2_O3_max.pgm pour J+2
- le fichier de maxima journalier en SO₂, à partir du répertoire de sortie de l'outil de calcul SO₂ :
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_AJm1_SO2_max.pgm pour J-1
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJP0_SO2_max.pgm pour J
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJP1_SO2_max.pgm pour J+1
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJP2_SO2_max.pgm pour J+2
- le fichier de maxima journalier en NO₂, à partir du répertoire de sortie de l'outil de calcul NO₂ :
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_AJm1_NO2_max.pgm pour J-1
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJP0_NO2_max.pgm pour J
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJP1_NO2_max.pgm pour J+1
 - o [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJP2_NO2_max.pgm pour J+2

Etape 6 : pour chaque jour entre J-1 et J+2, pour chacun des points de la grille PGM, l'outil Indice ATMO calcule le sous-indice pour chacun des polluants, puis l'indice maximal des sous-indices qui ont pu être calculés (= l'indice de la qualité de l'air spatialisé). Si certains polluants ne sont pas disponibles, cela est spécifié dans le fichier journal généré en sortie.

Etape 7 : pour chaque jour entre J-1 et J+2, l'outil Indice ATMO génère un fichier PGM contenant la valeur de l'indice de la qualité de l'air spatialisé, nommé :

- [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_AJm1_IQA.pgm pour J-1
- [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJp0_IQA.pgm pour J
- [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJp1_IQA.pgm pour J+1
- [année sur 4 chiffres]_[mois sur 2 chiffres]_[jour sur 2 chiffres]_PJp2_IQA.pgm pour J+2

Etape 8 : pour chaque jour entre J-1 et J+2, l'outil Indice ATMO génère des cartographies avec Surfer des sous-indices et de l'indice de la qualité de l'air spatialisé, et les fusionne avec un fond de plan. Les images JPG obtenues seront transférées au site internet NUMTECH de suivi pour contrôle.

Etape 9 : l'ensemble des fichiers PGM générés pour chaque jour entre J-1 et J+2, ainsi que le fichier .TXT des sous-indices et de l'indice ATMO par zone, sont transmis au serveur FTP de SIMALIS pour affichage sur leur site internet.

Etape 10 : un e-mail, contenant le tracé de l'exécution de l'outil Indice ATMO, est envoyé aux destinataires définis dans le fichier options.ini. Un exemple est présenté ci-après :

```
13/07/2009 12:00:00 DEBUT DU TRAITEMENT DU 13/07/2009...
13/07/2009 12:00:00 Création du répertoire de sortie (D:\AIRFOBEP_ATMO\sorties\20090713\)...
13/07/2009 12:00:00 [J-1] Extraction des mesures du 12/07/2009 en NO2, O3, PM10 et SO2 aux
stations dans BADOS...
13/07/2009 12:00:01 [J-1] Calcul de l'indice ATMO pour chaque zone...
13/07/2009 12:00:01 [J-1] Lecture des fichiers PGM pour le calcul de l'indice IQA...
13/07/2009 12:00:01 [J-1] Calcul des indices ATMO...
13/07/2009 12:00:01 [J-1] Tracé des cartographies de l'indice IQA avec Surfer...
13/07/2009 12:00:22 [J+0] Lecture des fichiers PGM pour le calcul de l'indice IQA...
13/07/2009 12:00:22      Données SO2 : ERREUR, fichier 2009_07_13_PJp0_SO2_max.pgm
indisponible.
13/07/2009 12:00:22      Données NO2 : ERREUR, fichier 2009_07_13_PJp0_NO2_max.pgm
indisponible.
13/07/2009 12:00:22 [J+0] Calcul des indices ATMO...
13/07/2009 12:00:22 [J+0] Tracé des cartographies de l'indice IQA avec Surfer...
13/07/2009 12:00:32 [J+1] Lecture des fichiers PGM pour le calcul de l'indice IQA...
13/07/2009 12:00:32      Données SO2 : ERREUR, fichier 2009_07_13_PJp1_SO2_max.pgm
indisponible.
13/07/2009 12:00:32      Données NO2 : ERREUR, fichier 2009_07_13_PJp1_NO2_max.pgm
indisponible.
13/07/2009 12:00:32 [J+1] Calcul des indices ATMO...
13/07/2009 12:00:32 [J+1] Tracé des cartographies de l'indice IQA avec Surfer...
13/07/2009 12:00:45 [J+2] Lecture des fichiers PGM pour le calcul de l'indice IQA...
13/07/2009 12:00:45      Données PM10 : ERREUR, fichier 2009_07_13_PJp2_PM10.pgm
indisponible.
13/07/2009 12:00:45      Données SO2 : ERREUR, fichier 2009_07_13_PJp2_SO2_max.pgm
indisponible.
13/07/2009 12:00:45      Données NO2 : ERREUR, fichier 2009_07_13_PJp2_NO2_max.pgm
indisponible.
13/07/2009 12:00:45 [J+2] Calcul des indices ATMO...
13/07/2009 12:00:46 [J+2] Tracé des cartographies de l'indice IQA avec Surfer...
13/07/2009 12:00:54 Transfert des fichiers PGM sur le serveur FTP...
13/07/2009 12:01:18 TRAITEMENT DU 13/07/2009 TERMINE AVEC SUCCES.
```

Etape 11 : les cartographies JPG et les fichiers .TXT générés à l'étape 2 et à l'étape 4 sont transmis au serveur FTP de NUMTECH pour affichage sur le site internet de suivi.

3.3.3. Interface de contrôle

L'interface de contrôle est représentée dans la copie d'écran ci-dessous.

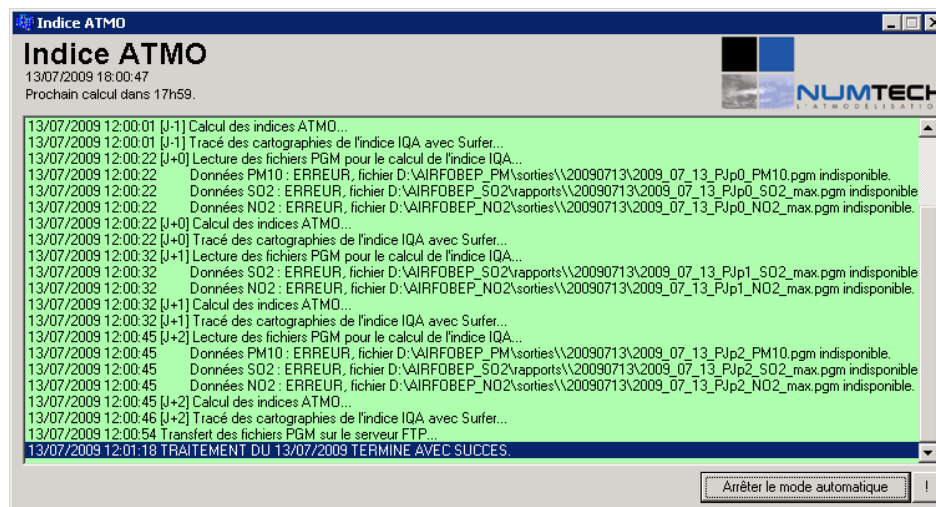


Figure 3 - Interface de l'interface de contrôle

L'interface de l'outil Indice ATMO affiche le journal du dernier calcul réalisé ; la couleur de fond de la fenêtre dépend de l'état du calcul :

- blanc lorsqu'un calcul est en cours,
- vert lorsque toutes les opérations ont pu être réalisées,
- rouge en cas d'erreur bloquante qui a empêché Indice ATMO de fournir des résultats en sortie.

Le bouton en bas à droite permet d'activer ou de désactiver le mode automatique de Indice ATMO. Lorsque le mode automatique est activé, les opérations sont réalisées automatiquement à l'heure planifiée dans le fichier de configuration « options.ini » (situé dans le répertoire de Indice ATMO).

Le bouton « ! » en bas à droite permet de forcer les calculs, pour une période donnée, lorsque ceux-ci n'ont pu être réalisés. La fenêtre suivante apparaît alors, et permet de choisir la période à calculer :

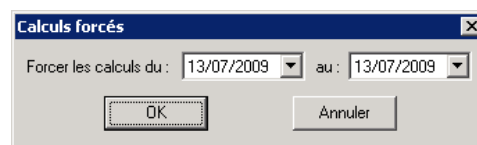


Figure 4 – Fenêtre de forçage des calculs

3.3.4. Interface de visualisation sur internet

3.3.5. Configuration de l'outil

Le fichier historique.ini spécifie les valeurs historiques, pour chaque mois, à utiliser pour le calcul des sous-indices et de l'indice ATMO par zone, lorsque les relevés sont absents :

- le maxima journalier par station pour NO2,
 - le maxima journalier par station pour O3,
 - la moyenne journalière par station pour PM10,
- le maxima journalier par station pour SO2.

Polluant	Station	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septbre	Octobre	Novbre	Décbre
NO2	ARLS	64.96	60.95	57.81	52.64	48.69	44.86	45.9	48.92	51.64	62.48	60.62	62.68
SO2	ARLS	13.27	15.69	14.7	14.39	13.9	13.59	12.41	13.6	13.03	13.06	9.59	11.9
PM10	ARLS	34.76	35.73	28.74	32.05	30.21	29.45	30.33	28.49	31.16	35.06	29.97	33.9
SO2	BETG	90.02	69.39	76.9	68.69	79.71	81.12	78.93	76.71	80.68	77.78	60.82	68.6
SO2	BMG5	19.74	21.29	26.41	31.52	41.85	50.5	49.4	41.67	33.62	24.23	19.89	17.52
SO2	CHNF	29.44	38.26	47.3	33.5	40.58	48.97	57.39	46.35	34.26	25.95	27.16	25.18
SO2	CLRT	63.66	90.11	74.36	51	46.26	55.42	59.86	58.05	47.86	59.12	64.85	74.94
SO2	FOLV	27.43	31.37	37.75	40.95	58.11	59.21	58.52	53.98	48.28	29.33	17.3	17.14
SO2	FSCB	21.42	15.66	24.04	29.71	40.13	45.39	42.85	39.54	33.08	23.92	22.44	21.7
O3	FSCB	54.85	72.56	91.74	104.37	113.64	119.96	121.85	119.91	104.28	79.72	58.44	50.56
PM10	FSCB	36.53	37.43	33.34	32.61	32.24	32.23	32.13	28.33	29.99	33.02	29.64	33.59
SO2	FSCMR	74.04	78.45	85.29	108.75	89.99	108.08	128.27	112.46	91.85	76.44	78.77	77.98
NO2	ISTR	59	56.43	49.63	40.15	35.62	33.44	30.64	33.47	43.68	50.26	49.65	54.42
SO2	ISTR	29.45	23.32	30.41	33.54	40.7	47.8	45.78	39.91	35.27	26.75	21.02	23.76
O3	ISTR	51.76	67.94	86.99	99.35	104.96	113.35	113.63	110.01	96.26	72.58	54.15	46.81
SO2	MEDE	17.77	24.12	68.13	80.15	86.77	107.47	126.17	108.12	55.79	19.93	12.99	12.09
NO2	MILE	64.25	58.69	57.25	48.43	44.69	43.64	45.05	47.19	49.17	55.26	56.02	61.65
SO2	MILE	36.9	32.13	43.16	51.97	63.99	79.44	82.11	68.07	47.77	36.16	31.22	35.9
PM10	MILE	33.93	34.33	28.46	30.86	29.23	28.1	29.07	26.65	25.47	30.34	27.46	30.63
SO2	MLVR	27.08	34.38	74.46	61.68	63.23	107.67	110.72	64.75	25.67	29.85	25.62	43.33
SO2	MNDM	33.06	31.48	42.87	46.54	60.11	77.39	76.25	61.61	50.22	32.39	29.48	34.07
O3	MNDM	56.12	72.71	93.42	107.08	113.69	120.88	124.39	118.52	104.66	81.91	61.89	52.32
SO2	MPTI	56.25	44.48	52.77	60.41	62.52	70.47	93.57	71.19	51.17	43.51	34.88	40.65
NO2	MRGV	77.64	71.86	68.75	59.76	58.79	57.25	58.04	59.77	66.94	69.88	69.46	75.37
SO2	MRGV	37.12	45.72	52.38	39.85	42.68	58.61	64.18	54.88	42.14	33.45	39.26	41.23
PM10	MRGV	44.2	40.8	33.53	35.95	32.43	33.74	34.94	30.74	35.41	39.7	33.68	43.03
SO2	MRMV	10.63	12.95	16.06	22.37	24.4	28.68	28.05	19.85	26.42	14.37	9.88	10.84
O3	MRMV	59.43	77.46	88.1	103.64	113.31	117.21	119.44	111.63	104.87	77.63	59.17	52.91
PM10	MRMV	35.92	38.17	32.05	30.24	31.05	29.1	30.51	28.99	27.65	31.94	27.14	31.58
SO2	PDBC	38.49	41.8	50.4	62.82	86.75	99.8	104.81	86.99	62.42	45.12	38.05	45.5
SO2	PDBE	42.93	40.89	50.42	56.41	63.39	54.62	65.18	61.57	51.56	40.61	38.28	39.18
SO2	PDBL	80.48	76.24	89.28	116.33	133.79	84.03	80.72	75.69	91.15	100.92	93.87	76.52
PM10	PDBL	37.23	37.1	34.78	34.21	30.93	30.98	33.81	34.05	33.61	36.66	32.52	34.28
SO2	PSLV	15.43	9	7.03	6.89	17.58	7.26	-999	-999	-999	4.58	12.2	13.77
PM10	PSLV	33.21	35.29	31.02	31.43	32.35	32.21	31.68	29.16	31.87	34.98	31.23	30.07
NO2	RBRT	57.44	54.44	45.1	35.13	33.56	34.69	34.38	34.05	37.24	44.26	47.76	53.62
SO2	RBRT	34.25	46.52	54.13	46.38	69.43	82.22	83	70.02	59.18	38.58	25.15	27.17
O3	RBRT	58.11	74.74	95.85	109.4	121.39	132.82	136.88	134.08	111.41	85.6	62.33	54.13
PM10	RBRT	37.3	36.5	29.13	30.99	28.6	26.77	26.93	28.01	26.82	31.57	29.31	31.39
NO2	SLPV	65.81	62.78	59.02	48.69	47.66	50.24	44.44	46.93	52.61	60.93	55.43	59.62
SO2	SLPV	12.12	11.68	17.37	18.41	21.01	27.59	24.82	25.66	18.42	14.4	10.36	11.58
O3	SLPV	49.64	66.47	89.1	105.32	112.28	125.44	126.46	121.23	100.27	73.39	54.53	44.21
PM10	SLPV	39.03	36.4	26.42	24.25	32.77	27.54	30.85	28.61	36.65	34.23	27.6	23.3
O3	SMMR	61.85	77.83	97.04	107.74	112.73	116.98	114.16	108.19	102.72	85.56	65.05	55.5
O3	SRMY	51.81	70.17	90.99	107.57	115.59	128.62	127.92	120.47	103.94	74.85	53.36	44.41
SO2	SSLP	119.7	116	106.03	65.77	65.3	70.63	69.55	77.69	71.39	92.98	111.88	145.33
O3	SSLP	60.19	74.45	94.2	104.89	112.58	122.18	127.3	122.21	110.75	84.61	62.93	56.29
SO2	VTRL	46.23	65.96	52.28	49.21	54.05	62.44	73.06	65.16	53.93	44.29	40.47	38.57
O3	VTRL	56.43	73.44	95.65	108.58	120.17	132.09	137.88	131.02	112.33	83.3	61.75	51.56

3.3.6. Relance de la plate-forme

Comme indiquées sections 2.2 et 2.3, la procédure qualité mis en place à AIRFOBEP conduit à une ré-actualisation ou correction des données de mesures chimiques de la base BADOS (une première ré-actualisation est généralement effectuée les 2-3 jours après la mise à disposition des données brutes d'observations dans BADOS. Ensuite, une mise à jour mensuelle, puis annuelle, est éventuellement réalisée).

Vis-à-vis des corrections hebdomadaires, chaque jour, la plate-forme vérifie si, sur les dix derniers jours, les données chimiques de BADOS ou des sorties des outils de modélisation concernées (et stockées dans BADOS) ont été mises à jour par rapport aux données qui ont été extraites lors du fonctionnement quotidien de la plate-forme. Si cela est le cas, la plate-forme re-calcule pour le jour concerné la carte de l'indice ATMO et ou l'indice ATMO observé au niveau des zones pré-définies.

Vis-à-vis des corrections mensuelles ou annuelles, il n'est pas possible d'envisager une relance automatique. Il a été convenu avec AIRFOBEP de pouvoir relancer manuellement la plate-forme sur les dates considérées.

Conclusions



4. Conclusions

A ce jour l'outil indice ATMO sur la zone d'intervention d'AIRFOBEP est complètement opérationnel. Il permet de délivrer quotidiennement une carte d'indice ATMO pour le jour précédent, le jour-même et le lendemain, ainsi qu'un fichier texte d'indice ATMO observé le jour J-1 et prévu pour J et J+1 pour des zones pré-définies par AIRFOBEP.

Les perspectives à ce projet , qui ont déjà été évoquées avec AIRFOBEP, sont les suivantes :

- Intégrer les évolutions des outils SO₂ et NO₂ pour la production des données pour le jour J-1. Cette évolution est d'ores et déjà inclus dans le projet actuel.
- Intégrer les évolutions des outils SO₂ et NO₂ pour la production des prévisions pour le jour J et J+1. Cette évolution est d'ores et déjà inclus dans le projet actuel.

■ Table des figures

Figure 1 : Exemple de cartographies de sous-indices ATMO pour l'ozone, les PM, SO ₂ et NO ₂ , ainsi que pour l'indice ATMO... ..	9
Figure 2 : Architecture du système.....	15
Figure 3 : Interface de l'interface de contrôle.....	18

■ Table des tableaux

Tableau 1 : Grille de calcul du sous-indice Particules sur la base des concentrations moyennes Journalières.....	7
Tableau 2 : Grille de calcul du sous-indice NO ₂ sur la base des concentrations maximales horaires	7
Tableau 3 : Grille de calcul du sous-indice O ₃ sur la base des concentrations maximales horaires.....	8
Tableau 4 : Grille de calcul du sous-indice SO ₂ sur la base des concentrations maximales horaires. ...	8