

CELLULE INTERREGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT (CELINE)

Informing you on ambient air quality in the Belgian Regions

Avenue des Arts 10-11, 1210 Bruxelles

tel: 02/227.57.02 - fax: 02/227.56.99

Site internet : <http://www.irceline.be>



VLAAMSE MILIEUMAATSCHAPPIJ



BRUXELLES ENVIRONNEMENT
LEEFMILIEU BRUSSEL
- IJDE - RIM -



Ministère de la Région wallonne

**Analyse des prévisions de qualité de l'air
au cours de l'épisode de pollution
du 12 au 16 mars 2007**

Olivier Brasseur
Frans Fierens
Gerwin Dumont

IRCEL-CELINE
Avenue des Arts 10-11
1210 Bruxelles

Mars 2007

La Région de Bruxelles Capitale a-t-elle connu un épisode de pollution significatif du 13 au 15 mars 2007 ?

Oui, le seuil d'intervention 1 du plan « mesures d'urgence en cas de pic de pollution » a bien été atteint pendant cette période.

a) Seuils définis dans le plan « mesures d'urgence en cas de pic de pollution »

Deux polluants sont visés par le plan bruxellois « mesures d'urgence en cas de pic de pollution » : il s'agit du dioxyde d'azote (NO₂) et des particules fines (PM₁₀). En regard des normes fixées dans la directive européenne 1999/30/CE, PM₁₀ et NO₂ peuvent en effet être considérés comme les deux polluants les plus critiques en période hivernale à Bruxelles.

Dans le cadre du plan d'urgence lors de pics de pollution hivernaux, les seuils d'intervention sont établis sur base des :

- concentrations moyennes journalières de PM₁₀ (c-à-d la moyenne des 24 valeurs horaires au cours d'une journée) ;
- concentrations maximales horaires de NO₂ (c-à-d le maximum des 24 valeurs horaires au cours d'une journée).

Les 3 seuils d'intervention sont définis comme suit :

	Concentrations <i>moyennes journalières</i> de PM₁₀	Concentrations <i>maximales horaires</i> de NO₂
Seuil d'intervention 1	71 à 100 µg/m ³	151 à 200 µg/m ³
Seuil d'intervention 2	101 à 200 µg/m ³	201 à 400 µg/m ³
Seuil d'intervention 3	> 200 µg/m ³	> 400 µg/m ³

Les seuils d'information ou d'intervention sont fixés par les concentrations du polluant le plus défavorable. Ils sont considérés comme étant atteints si les deux conditions suivantes sont satisfaites simultanément :

- o Pour au moins un des deux polluants visés, les concentrations prévues atteignent les niveaux de pollution fixés par le seuil en question pendant une période d'au moins deux jours consécutifs.
- o Au moins deux stations de mesures en Région bruxelloise atteignent les niveaux de pollution fixés par le seuil en question. Les stations de mesures qui seront en prises en compte sont celles qui répondent aux recommandations d'emplacement de points de prélèvement précisées par la directive 1999/30/CE. Ceci exclut la station 41B003 (Arts-Loi) qui se situe à moins de 25 m d'un grand carrefour.

b) Concentrations mesurées à Bruxelles

Des concentrations élevées en NO₂ et PM₁₀ ont été mesurées en Région bruxelloise entre le 12 et 16 mars 2007. Les figures 1 et 2 montrent respectivement les évolutions des concentrations horaires de NO₂ et PM₁₀.

Hourly concentrations of NO₂ (µg/m³) in Brussels

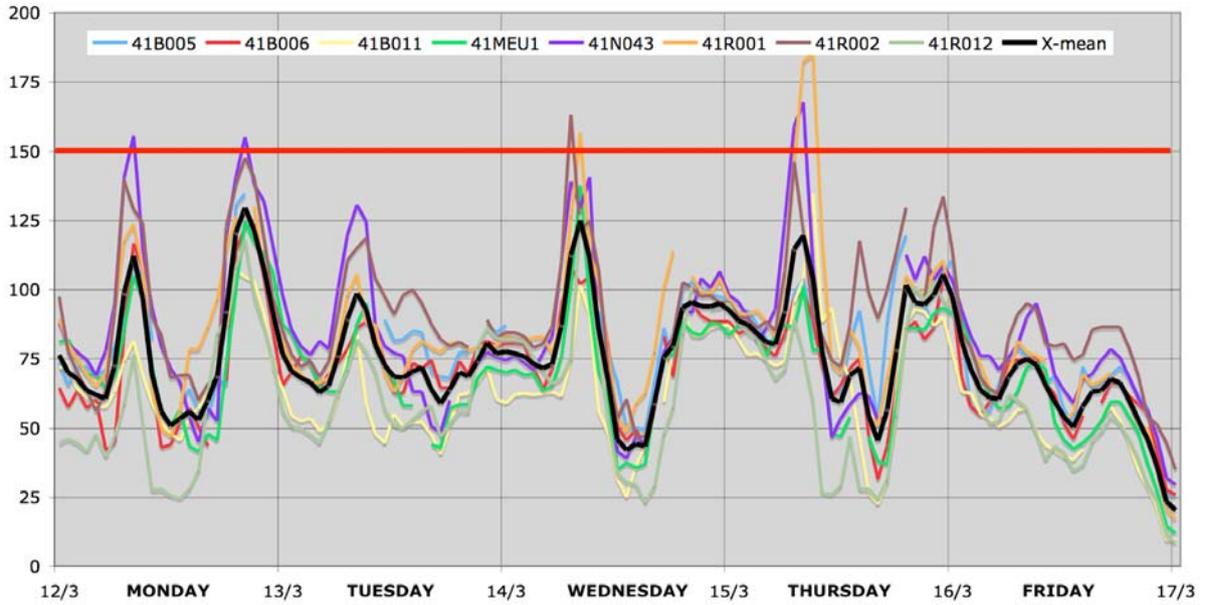


Figure 1 : Evolution des concentrations horaires de NO₂ (non validées) à Bruxelles au cours de la période du 12 au 16 mars 2007. Le trait rouge correspond au seuil d'intervention 1 fixé à 150 µg/m³ (en moyenne horaire).

Hourly concentrations of PM₁₀ (µg/m³) in Brussels

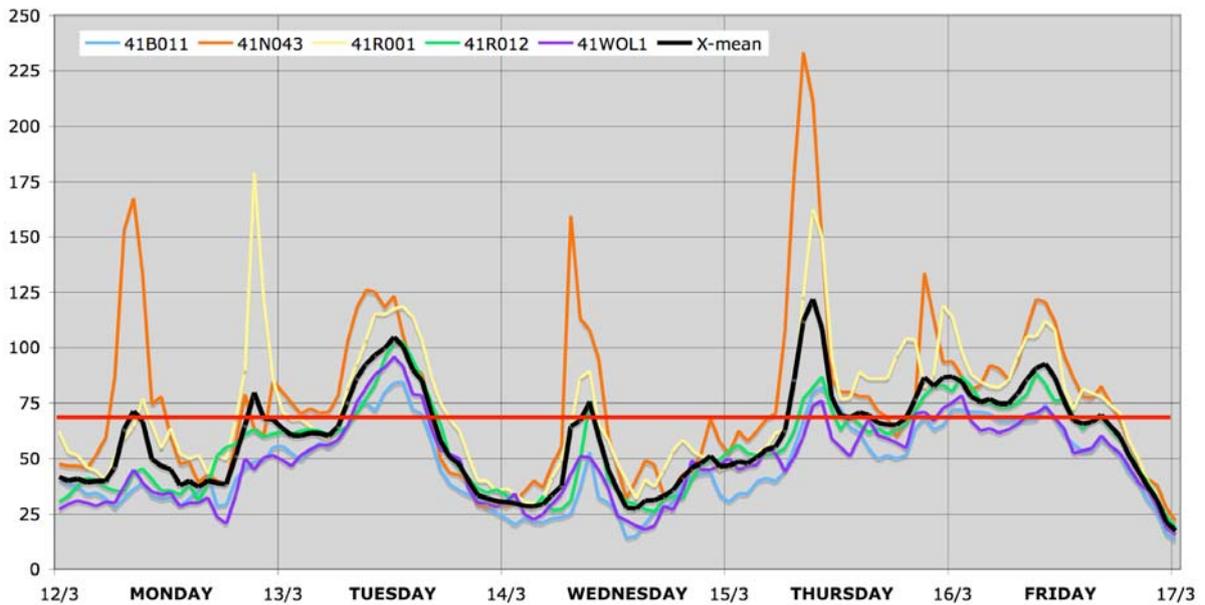


Figure 2 : Evolution des concentrations horaires de PM₁₀ (non validées) à Bruxelles au cours de la période du 12 au 16 mars 2007. Le trait rouge correspond au seuil d'intervention 1 fixé à 70 µg/m³ (en moyenne journalière).

Les tableaux suivants résument les valeurs journalières mesurées pour les deux polluants concernés :

Concentrations maximales journalières de NO2

code	station	12/03	13/03	14/03	15/03	16/03	17/03
41B003	Bruxelles (Arts-Loi)	230	172	203	211	137	108
41B005	Bruxelles (Belliard)	135	88	103	120	83	54
41B006	Bruxelles (Parlement EU)	124	89	108	105	76	46
41B011	Berchem-Sainte-Agathe	107	84	102	135	63	26
41MEU1	Neder-Over-Heembeek	125	95	138	101	91	35
41N043	Haren	156	131	141	168	95	52
41R001	Molenbeek-Saint-Jean	130	106	157	185	85	49
41R002	Ixelles	148	119	163	146	95	78
41R012	Uccle	118	86	127	103	82	30
41WOL1	Woluwe-Saint-Lambert	210	109	161	140	95	54

Concentrations moyennes journalières de PM10

code	station	12/03	13/03	14/03	15/03	16/03	17/03
41B011	Berchem-Sainte-Agathe	37	55	29	57	55	17
41N043	Haren	70	75	58	99	78	28
41R001	Molenbeek-Saint-Jean	66	77	49	89	75	28
41R012	Uccle	45	65	38	67	64	25
41WOL1	Woluwe-Saint-Lambert	35	60	34	60	55	19
Bruxelles (moyenne spatiale)		51	66	42	74	65	23

En regard des critères fixés dans le plan « mesures d'urgence en cas de pic de pollution », il apparaît que le seuil d'intervention 1 a été atteint chaque jour entre le 12 et le 16 mars :

Date	NO2 concentrations maximales journalières > 150 µg/m ³	PM10 concentrations moyennes journalières > 70 µg/m ³
Lundi 12 mars	156 µg/m ³ à Haren 210 µg/m ³ à Woluwe-St-Lambert	
Mardi 13 mars		75 µg/m ³ à Haren 77 µg/m ³ à Molenbeek-St-Jean
Mercredi 14 mars	157 µg/m ³ à Molenbeek-St-Jean 161 µg/m ³ à Woluwe-St-Lambert 163 µg/m ³ à Ixelles	
Jeudi 15 mars	168 µg/m ³ à Haren 185 µg/m ³ à Molenbeek-St-Jean	89 µg/m ³ à Molenbeek-St-Jean 99 µg/m ³ à Haren
Vendredi 16 mars		75 µg/m ³ à Molenbeek-St-Jean 78 µg/m ³ à Haren

Les modèles ont-ils valablement prévus les concentrations de PM10 à Bruxelles ?

***Oui, pour les journées des 12, 13 et 15 mars, ainsi que pour la fin de l'épisode ;
 Dans une moindre mesure pour la situation du 16 mars ;
 Non pour le 14 mars.***

a) Prévisions de concentrations de PM10 en Région bruxelloise

Deux modèles sont utilisés à CELINE pour prévoir les concentrations de PM10 : il s'agit de CHIMERE et OVL. Ces deux modèles sont de conceptions très différentes, puisque CHIMERE est un modèle déterministe qui prend en compte le transport et la diffusion des polluants et comporte un module de chimie évolué, alors qu'OVL est un modèle neuronal qui s'appuie essentiellement sur les hauteurs prévues de la couche de mélange ainsi que sur les concentrations observées de PM10. Cette diversité est nécessairement une richesse pour la prévision opérationnelle.

Les tableaux ci-dessous indiquent, pour chaque jour de la période considérée, les concentrations moyennes journalières de PM10 prévues par les modèles CHIMERE (CHIM dans les tableaux) et OVL.

Prévision du lundi 12 mars 2007

	Lundi 12/3		Mardi 13/3		Mercredi 14/3		Jeudi 15/3		Vendredi 16/3	
	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL
Prévisions	61	51	58	56	57	59	69	74	65	61
Observations	51		66		42		74		65	

Prévision du mardi 13 mars 2007

	Mardi 13/3		Mercredi 14/3		Jeudi 15/3		Vendredi 16/3		Samedi 17/3	
	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL
Prévisions	72	67	60	73	71	83	69	75	27	34
Observations	66		42		74		65		23	

Prévision du mercredi 14 mars 2007

	Mercredi 14/3		Jeudi 15/3		Vendredi 16/3		Samedi 17/3		Dimanche 18/3	
	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL
Prévisions	60	45	70	70	46	68	36	29	14	17
Observations	42		74		65		23		13	

Prévision du jeudi 15 mars 2007

	Jeudi 15/3		Vendredi 16/3		Samedi 17/3		Dimanche 18/3		Lundi 19/3	
	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL
Prévisions	64	66	50	62	29	20	11	13	13	21
Observations	74		65		23		13		16	

Prévision du vendredi 16 mars 2007

	Vendredi 16/3		Samedi 17/3		Dimanche 18/3		Lundi 19/3		Mardi 20/3	
	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL	CHIM	OVL
Prévisions	49	74	29	23	14	17	24	25	29	47
Observations	65		23		13		16		19	

La prévision du lundi 12 mars faisait état de concentrations élevées sur l'ensemble de la période du 12 au 16. En général, les valeurs prévues par CHIMERE et OVL étaient proches. Cependant, seule la journée du jeudi 15 mars était susceptible de connaître un dépassement du seuil de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. C'est la raison pour laquelle aucun bulletin d'information n'a été envoyé à ce moment, le plan d'urgence requérant des dépassements du seuil de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant au moins deux jours consécutifs.

La prévision du mardi 13 mars se montrait globalement plus pessimiste. En effet, CHIMERE prévoyait des concentrations supérieures à $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le mardi, OVL en faisait de même pour la journée de mercredi, tandis que les deux modèles maintenaient le risque de dépassement du même seuil pour le jeudi. D'après ces prévisions, il existait clairement un risque de dépassement du seuil de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant deux jours consécutifs à Bruxelles.

Les prévisions du mercredi 14 et jeudi 15 se sont par la suite montrées sensiblement moins pessimistes, même si la journée de jeudi est toujours apparue comme étant la plus défavorable, ce que les mesures ont confirmé à posteriori.

La fin de l'événement de pollution a été généralement bien prévue, puisque le modèle CHIMERE annonçait une diminution significative des concentrations de PM10 à partir du vendredi 15 mars vers midi. Les observations ont confirmé cette décroissance des concentrations dès 11h.

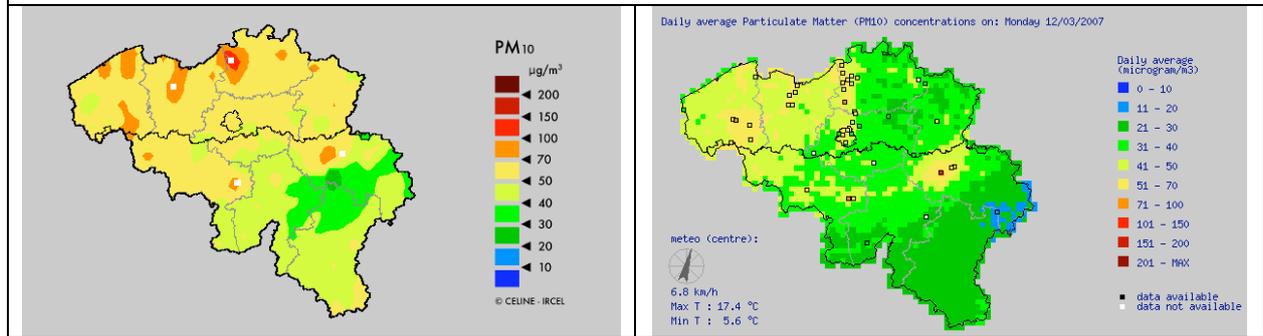
La comparaison des concentrations journalières prévues par CHIMERE et OVL avec les mesures effectuées dans les stations bruxelloises montre un bon accord pour les journées des lundi 12, mardi 13 et jeudi 15, dans une moindre mesure pour le vendredi 16 mars en raison de prévisions quelque peu changeantes d'un jour à l'autre. La journée du mercredi 14 mars fut nettement plus critique de ce point de vue, puisque les modèles ont surestimé, de façon parfois importante, les concentrations observées.

b) Prévisions de concentrations de PM10 en Belgique

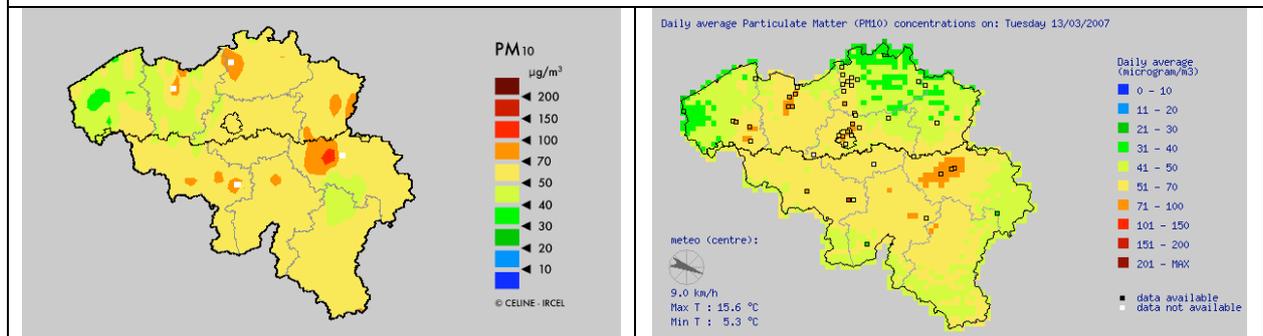
La figure 3 présente les cartes de prévisions, obtenues par combinaison optimisée des prévisions des modèles CHIMERE et OVL, pour les 5 jours de la période concernée. Les prévisions sur la Belgique sont en bon accord avec les observations pour les journées des 13 et 15 mars. On note une surestimation modérée pour la situation du 12 mars, importante pour le 14 mars. Les prévisions du 16 mars étaient bonnes en Région flamande, mais sous-estimées en Région wallonne.

Prévisions	Observations
-------------------	---------------------

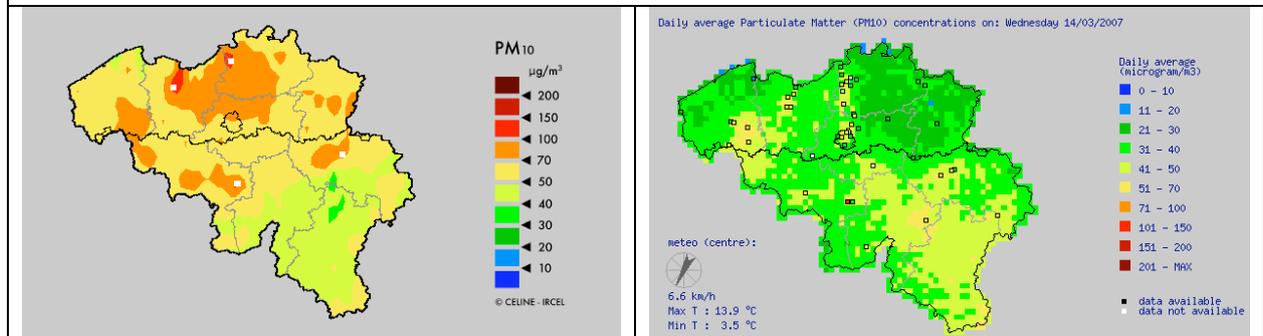
12 mars 2007



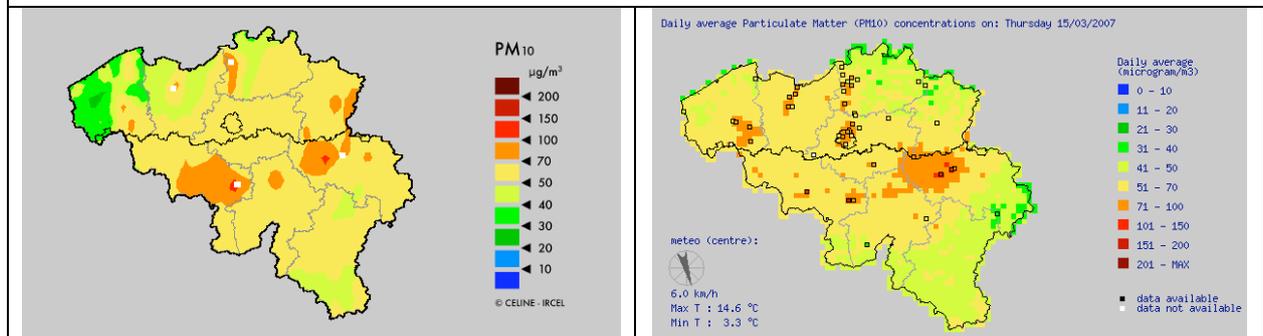
13 mars 2007



14 mars 2007



15 mars 2007



16 mars 2007

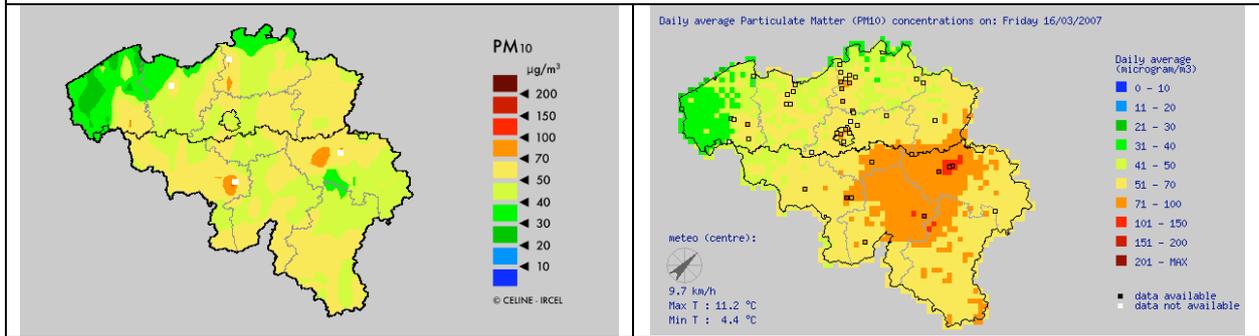


Figure 3: Cartes de prévisions (colonne de gauche) et d'observations (colonne de droite) de concentrations journalières de PM10 pour la période du 12 au 16 mars 2007.

Les modèles météorologiques ont-ils valablement prévu les conditions défavorables à la dispersion des polluants ?

Oui, tant les vitesses de vent que les conditions de dispersion des polluants ont été généralement bien prévues par les modèles météorologiques.

a) Vitesse du vent

Du 12 au 16 mars 2007, les vitesses de vent étaient le plus souvent faibles. De très faibles vitesses de vent ont été observées au cours des journées du lundi 12, mercredi 14 et jeudi 15 mars. Le mardi 13 mars a connu une augmentation de la vitesse du vent jusqu'à 5 m/s. Le 16 mars, on note un renforcement significatif de la vitesse du vent en cours de journée suite à l'approche d'un front froid.

Les vitesses de vent observées les 12, 14 et 15 mars étaient généralement inférieures à 2 m/s, ce qui induisait une faible dispersion horizontale des polluants. De telles valeurs sont typiques de situations donnant lieu à une augmentation notable des concentrations de polluants.

La comparaison entre les prévisions du Centre Européen de Reading (ECMWF) et les vitesses de vent mesurées à Zaventem montre que les modèles météorologiques ont été en mesure de simuler correctement le transport horizontal dans la couche limite de surface (figure 4). On note seulement une sous-estimation des vitesses de vent prévues pour la journée du vendredi 16 mars, mais celle-ci n'a pas eu de conséquence importante ni sur les concentrations de PM10 prévues, ni sur l'annonce de la fin de l'épisode.

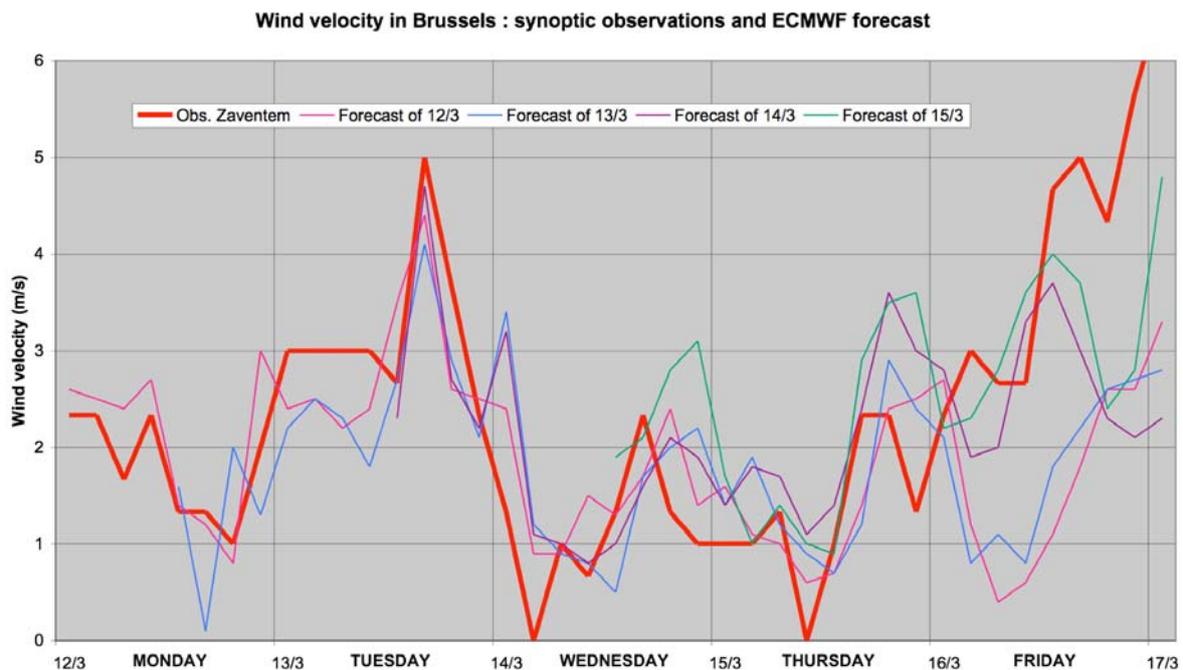


Figure 4 : Evolution de la vitesse du vent (m/s) du 12 au 16 mars 2007. Les courbes en trait fin représentent les prévisions du Centre Européen de Reading ; la courbe en trait épais indique les observations à la station synoptique de Zaventem.

Comme le montre la figure 5, les faibles vitesses de vent sont souvent associées à une direction variable du vent. C'était le cas pour les journées du 12, 14 et 15 mars. La journée du mardi 13 mars était fort logiquement marquée par une direction de vent mieux définie, évoluant du sud-ouest au nord. Le vent du nord était également présent dans l'après-midi du mercredi 14 mars. Le vendredi 16 mars, le vent provenait principalement du secteur sud-ouest.

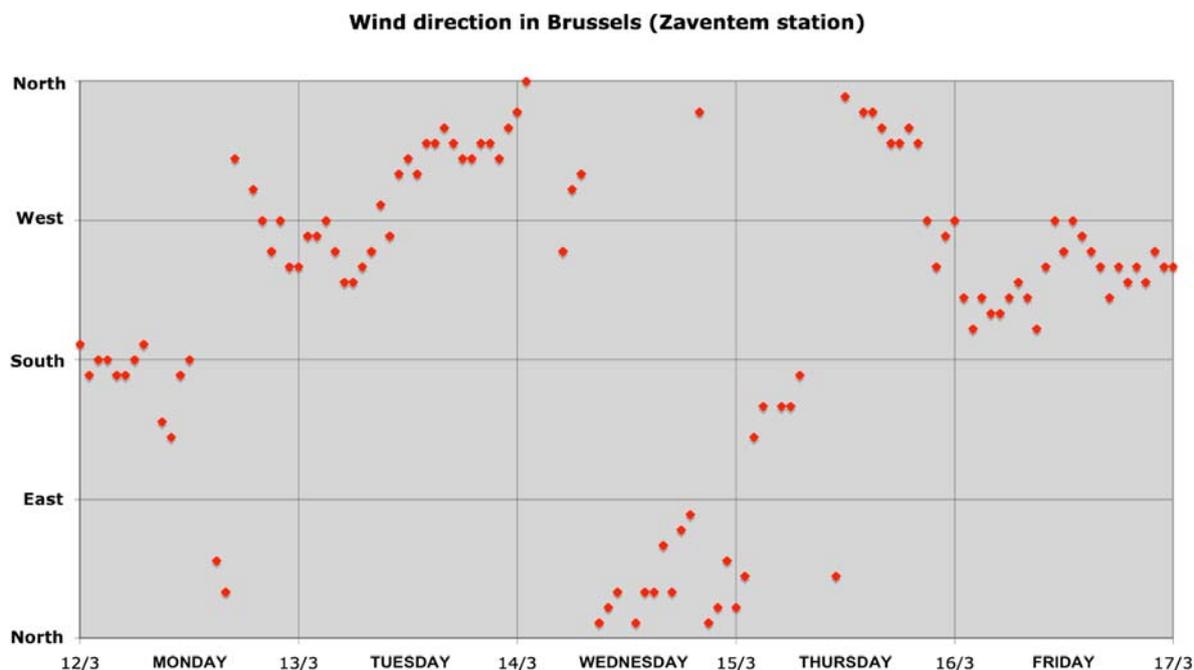


Figure 5 : Evolution de la direction du vent mesurée du 12 au 16 mars 2007 à la station synoptique de Zaventem.

b) Stabilité de l'atmosphère

La vitesse du vent ne suffit pas à caractériser la capacité de l'atmosphère à disperser les polluants. La stabilité des masses d'air joue également un rôle déterminant. L'énergie cinétique turbulente (ECT) est une variable utile permettant de caractériser la capacité de l'atmosphère à disperser les polluants. Plus l'ECT est élevée, plus le mélange turbulent dans la couche limite est efficace, ce qui limite d'autant les concentrations de polluants. Afin de donner une représentation globale de la turbulence dans la couche limite (ou couche de mélange turbulent), l'ECT a été intégrée verticalement sur l'épaisseur de la couche limite. La figure 6 montre l'évolution temporelle de la valeur intégrée de l'ECT au cours de la période du 12 au 16 mars 2007, en trois endroits du pays.

L'examen de la figure 6 montre que, dans le nord du pays, la journée du mercredi 14 mars peut être considérée comme la plus défavorable (de la période du 12 au 16 mars) sur le plan de la dispersion des polluants. Le jeudi 15 mars apparaît comme étant aussi très défavorable en première partie de journée. De façon générale, la période débutant le lundi 12 mars en soirée et se terminant le 16 mars vers midi a été caractérisée par une faible turbulence et correspondant à la période durant laquelle des concentrations élevées en PM10 ont été observées. En Régions flamande et wallonne, le constat est relativement identique à celui

dressé pour Bruxelles. Dans le sud du pays, on note toutefois que la journée la plus défavorable était le jeudi 15 mars.

La figure 7 présente l'évolution de la hauteur de la couche limite au cours de l'épisode de pollution. Cette figure montre que l'après-midi était, de façon générale, la période de la journée la plus favorable à la dispersion des polluants. Du 12 au 16 mars, le cycle diurne de la couche limite ne présente pas de différences importantes d'un jour à l'autre.

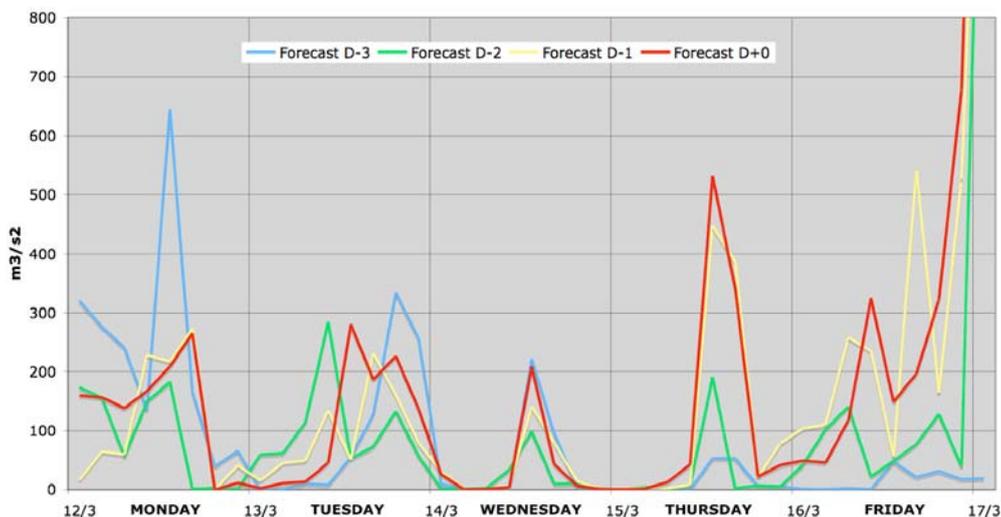


Figure 6 : Evolution, au cours de la période du 12 au 16 mars 2007 et à Bruxelles, de l'énergie cinétique turbulente intégrée verticalement sur l'épaisseur de la couche limite. Cette évolution est déduite à partir des prévisions du Centre Européen de Reading, à différentes échéances (J-3 à J).

ECMWF forecast - Boundary layer height

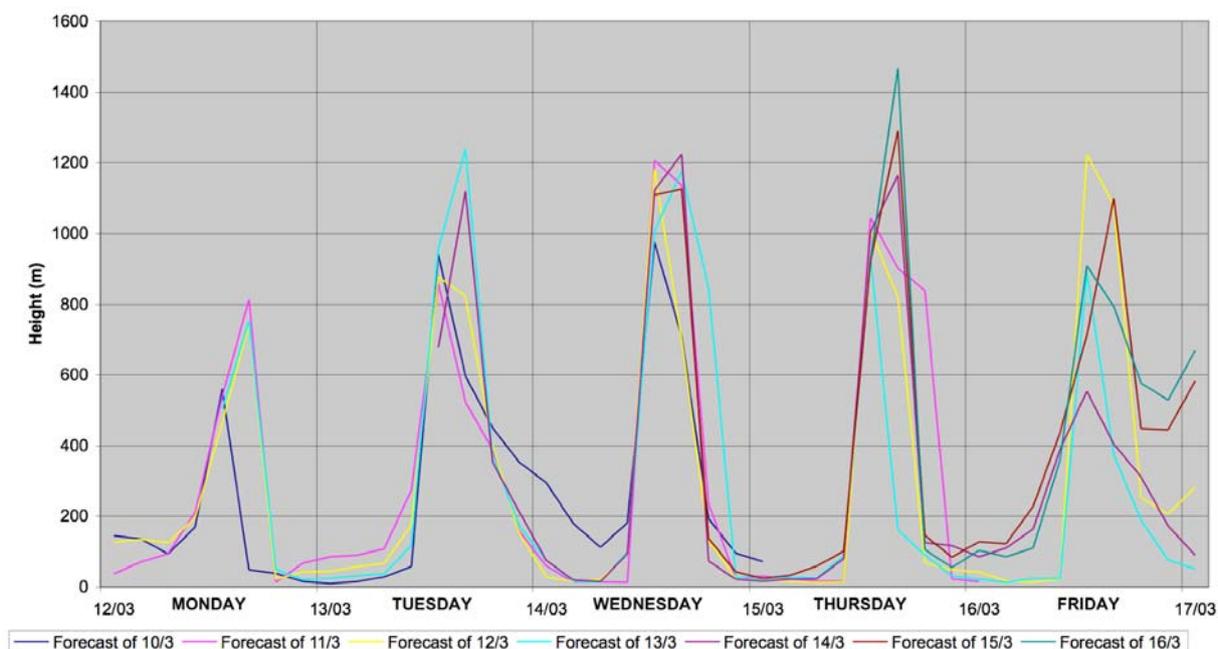


Figure 7 : Evolution de la **hauteur de la couche limite** (m) à Bruxelles du 12 au 16 mars 2007. Cette hauteur est déduite à partir des prévisions du Centre Européen de Reading.

CO2 concentrations (microgr./m3) in Brussels

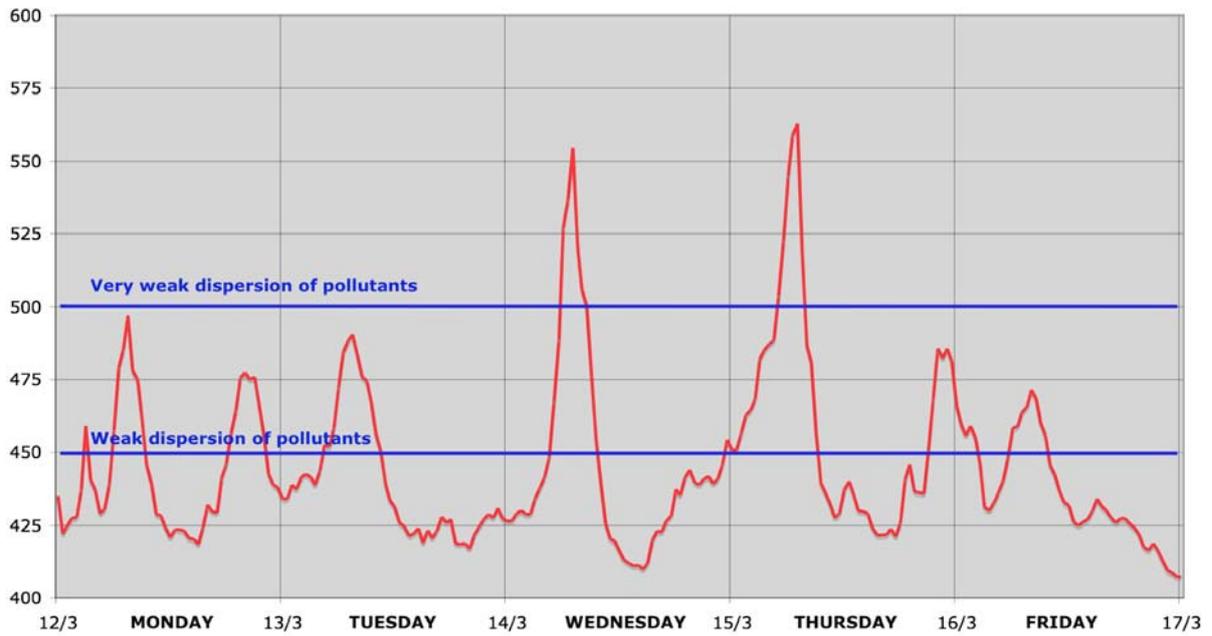


Figure 8 : Evolution des concentrations horaires de CO₂ (µg/m³) à Bruxelles du 12 au 16 mars 2007. La courbe de ce graphique correspond à la moyenne des concentrations mesurées dans 4 stations bruxelloises. Les valeurs supérieures à 450 µg/m³ révèlent généralement des conditions météorologiques plutôt défavorables à la dispersion des polluants, des valeurs supérieures à 500 µg/m³ correspondent à des conditions de faible dispersion.

Quels sont les différents éléments de la prévision qui plaident en faveur de l'annonce d'un pic de pollution ? Des réserves ont-elles été émises ?

Sur base des informations disponibles le mardi 12 mars à 12h, une majorité d'éléments de la prévision était en faveur de l'annonce d'un pic de pollution les 14 et 15 mars.

Plus précisément, il s'agit des éléments suivants :

- Sur base des prévisions disponibles le 12 mars :
 - OVL annonçait des concentrations de PM10 supérieures à 70 µg/m³ pour les journées des 14 et 15 mars ;
 - CHIMERE prévoyait des concentrations supérieures à 70 µg/m³ pour la journée du jeudi 15 mars.
- Au moment de la prise de décision, c-à-d le mardi 12 mars à 12h, les concentrations de PM10 étaient très élevées à Bruxelles, puisque l'on mesurait des valeurs de l'ordre de 100 µg/m³.
- Les conditions de dispersion des polluants s'annonçaient comme étant très défavorables pour les journées des 14 et 15 mars. Cette faible dispersion s'expliquait par des vitesses de vent particulièrement faibles non seulement en surface, mais aussi dans les 500 premiers mètres de l'atmosphère. De plus, l'atmosphère présentait une forte stabilité, particulièrement durant la nuit et jusqu'en matinée.
- Notre temps était sous influence anticyclonique qui dirigeait sur la Belgique des courants très secs et stables. Ce type de temps est typique des plus grands pics de pollution hivernaux.
- Aucune zone frontale génératrice de turbulence ne circulait à proximité de notre pays.
- Les prévisions météorologiques paraissaient fiables, parce que peu changeantes d'un jour à l'autre.

Cependant, certains aspects de la prévision tempéraient quelque peu les éléments annonciateurs d'un pic de pollution :

- Les prévisions du modèle CHIMERE donnaient des concentrations de PM10 moins élevées pour la journée du mercredi 14 mars que pour la journée du mardi 13, et ce en dépit du fait que les conditions de dispersion s'avéraient plus défavorables pour le 14.
- Au mois de mars, le mélange turbulent lié à la présence de thermiques durant l'après-midi est plus intense qu'en janvier ou février. Un tel mélange tend à réduire de façon parfois importante les concentrations de PM10 dans l'après-midi ; il contribue de ce fait à réduire les moyennes journalières de PM10.
- Une inversion thermique de subsidence était prévue entre 1000 et 1500 m pour les 14 et 15 mars, mais celle-ci était de faible intensité.

Sur base des informations effectivement disponibles au moment de la prise de décision – le mardi 13 mars à 12h –, il apparaît clairement que les différents aspects de la prévision étaient majoritairement en faveur de l'annonce d'un pic de pollution.

Des concentrations de PM10 moins élevées que prévu ont été observées le mercredi 14 mars. Comment expliquer une telle différence ?

De l'air maritime en provenance de la Mer du Nord est entré sur notre pays par le nord et, dans le courant de la journée, cette masse d'air a progressivement remplacé l'air pollué dans une zone s'étendant de la Côte au sillon Sambre et Meuse.

a) Evolution des concentrations de fond en PM10

L'examen des concentrations mesurées dans les stations « background » permet d'estimer l'importance du transport à grande distance des particules en l'absence de phénomènes de nucléation. Pour la période concernée, de tels phénomènes sont très vraisemblablement demeurés marginaux : l'évolution de l'humidité relative présentée en figure 9 montre des valeurs se situant entre 45 et 90%, ce qui est insuffisant pour que les phénomènes de nucléation puissent justifier une contribution significative au niveau des PM10.

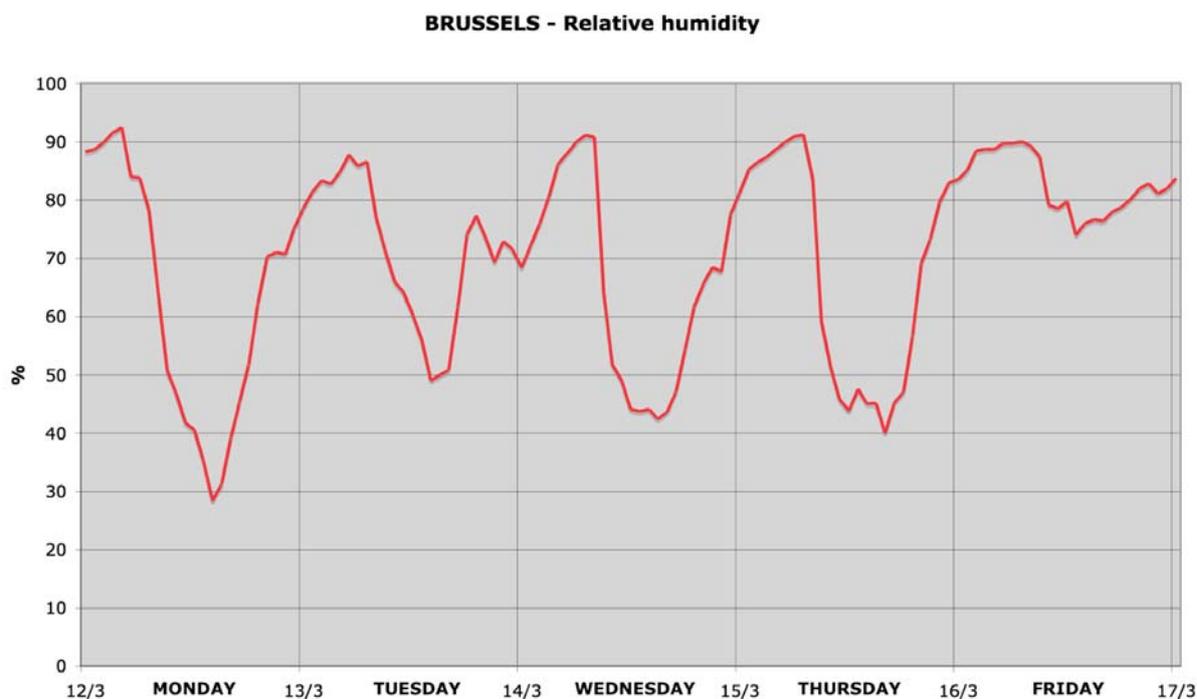


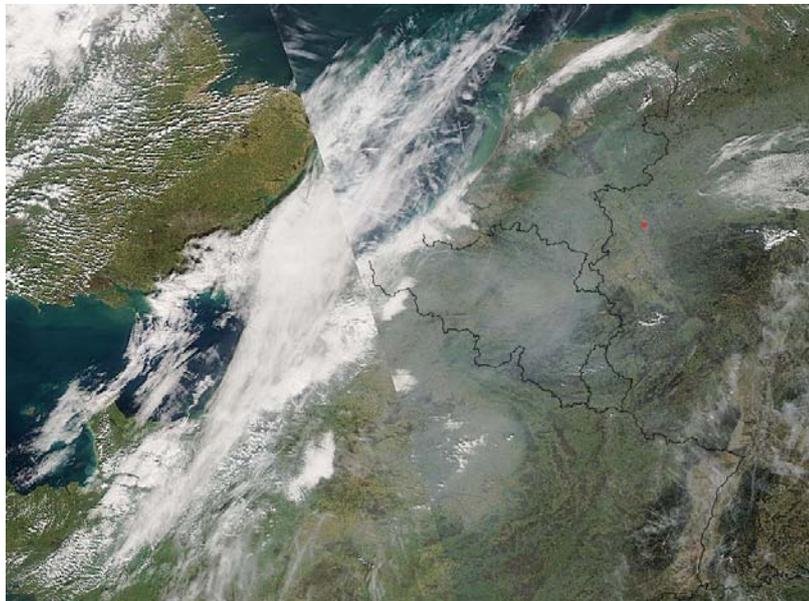
Figure 9 : Evolution de l'humidité relative mesurée du 12 au 16 mars 2007 à la station synoptique d'Uccle.

En Belgique, la station de Vielsalm est probablement la meilleure station « background » en raison de son emplacement privilégié en zone forestière, bien à l'écart des activités humaines susceptibles d'émettre des particules fines. La figure 10 présente l'évolution des concentrations de PM10 observée à cette station du 11 au 17 mars 2007. L'examen de celle-ci montre que des concentrations élevées en PM10 (c-à-d supérieures à la moyenne des concentrations mesurées depuis sa mise en service, additionnée du double de la déviation standard) ont été observées durant la nuit du 13 au 14 mars, ainsi que le 16 mars. En l'absence d'importantes sources émettrices à proximité de la station, et après avoir vérifié le rôle limité qu'auraient pu jouer les processus de nucléation, il apparaît vraisemblable que le

Lundi 12 mars 2007



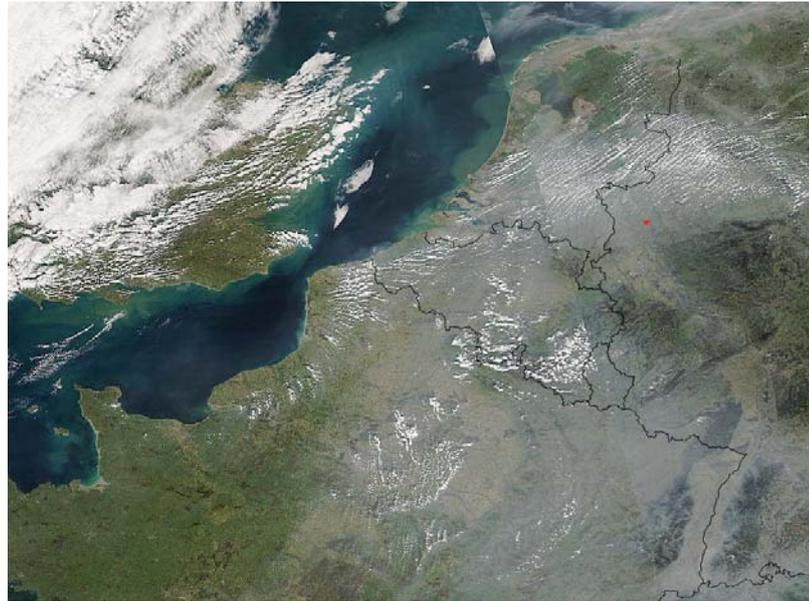
Mardi 13 mars 2007



Mercredi 14 mars 2007



Jeudi 15 mars 2007



Vendredi 16 mars 2007

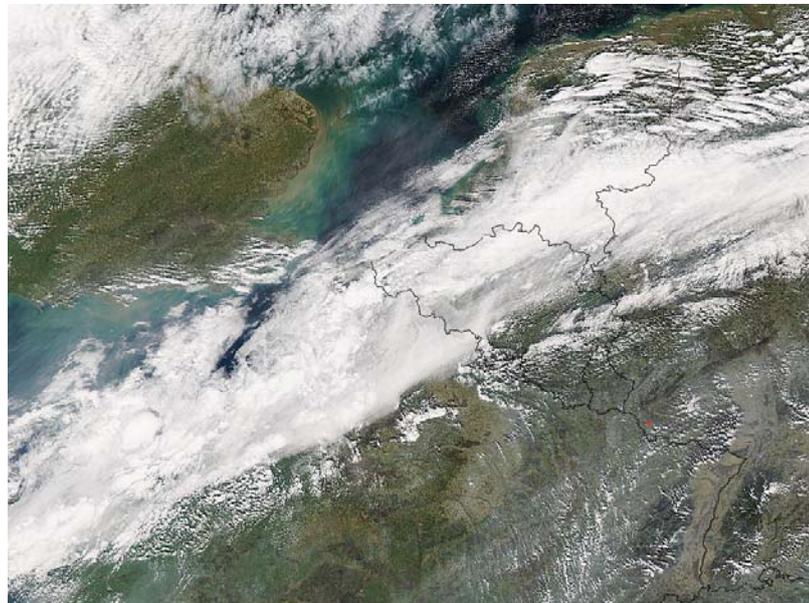


Figure 11 : Images satellites pour chaque journée de la période du 12 au 16 mars 2007. Toutes les images ont été réalisées à 12h TU. Les zones apparaissant en gris clair traduisent des concentrations élevées de particules en suspension dans l'atmosphère. Les zones blanches correspondent aux masses nuageuses.
Source : <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov>.

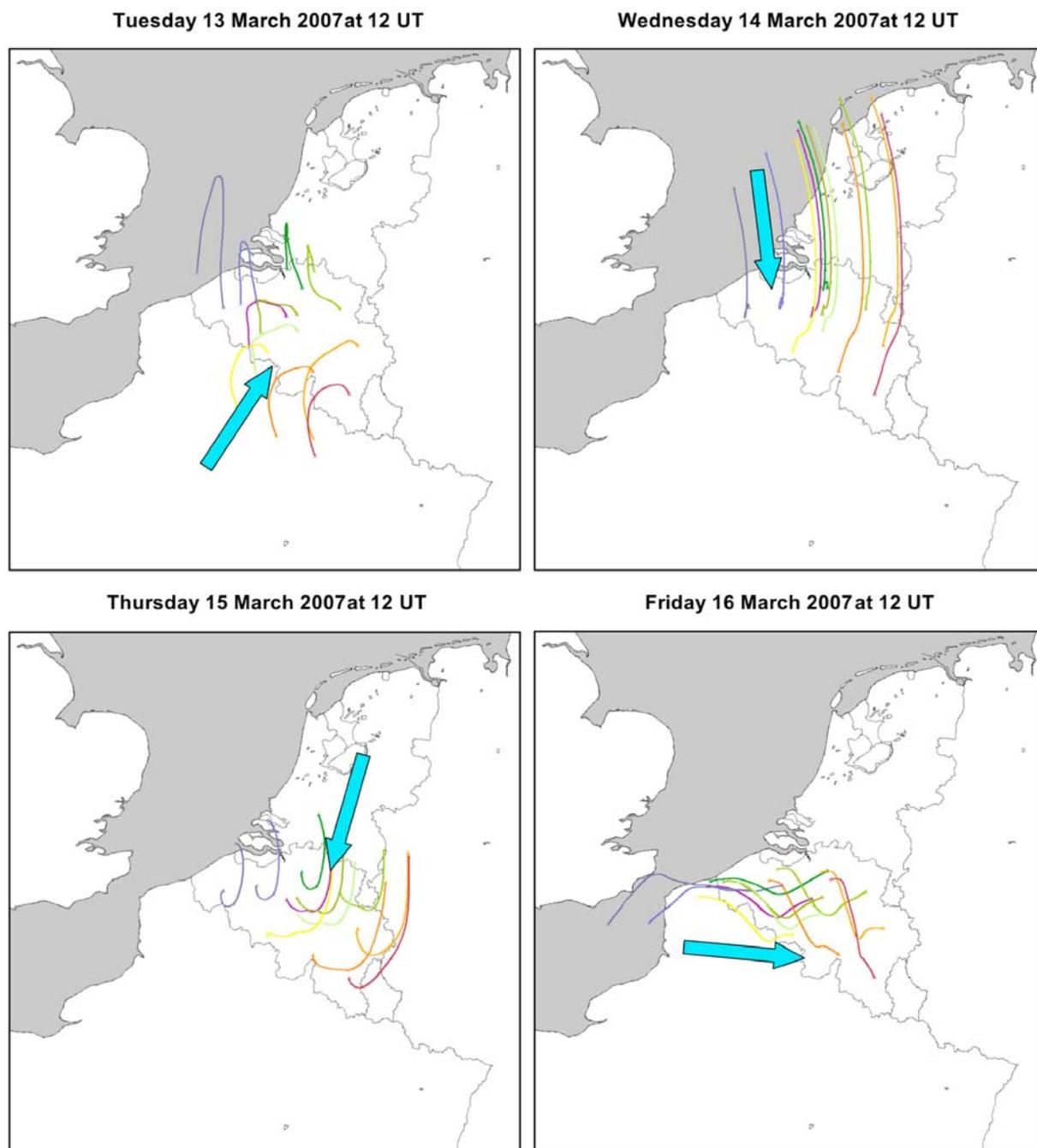


Figure 12 : Trajectoires des masses d'air dans la couche limite calculées à partir des prévisions du Centre Européen de Reading (ECMWF). Les trajectoires « amont » sont calculées au départ du centre des 10 provinces belges et en remontant de 24 heures dans le temps. La flèche bleue indique la trajectoire globale de la masse d'air.