

Impact des feux de végétation sur la pollution particulaire en région Euro-Méditerranéenne et en Australie

Géraldine Rea, Solène Turquety,
Laurent Menut, Clare Murphy, Martin Cope



UNIVERSITY OF
WOLLONGONG



UPMC
SORBONNE UNIVERSITÉS



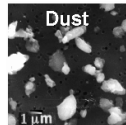
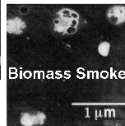
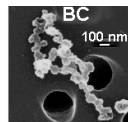
14-03-2016

Qu'est ce que la pollution particulaire ?

- ▶ Aérosol atmosphérique : particule solide ou liquide en suspension dans l'air
- ▶ Différents types d'aérosols : **taille, nature chimique**
- ▶ Différentes formations : aérosols primaires et secondaires
- ▶ **climat** : forçages direct et indirect, tendance refroidissement (IPCC, 2013)
- ▶ **santé** :

maladies respiratoires et cardio-vasculaires (Pope and Dockery, 2006)

3.7 millions du nombre de décès prématurés (particules fines, OMS)



Qu'est ce que la pollution particulaire ?

- ▶ Aérosol atmosphérique : particule solide ou liquide en suspension dans l'air
- ▶ Différents types d'aérosols : **taille, nature chimique**
- ▶ Différentes formations : aérosols primaires et secondaires
- ▶ **climat** : forçages direct et indirect, tendance refroidissement (IPCC, 2013)
- ▶ **santé** :

maladies respiratoires et cardio-vasculaires (Pope and Dockery, 2006)

3.7 millions du nombre de décès prématurés (particules fines, OMS)

Recommandations (OMS) et normes légales (taille) :

- PM_{2.5}
diamètre $< 2.5 \mu\text{m}$
concentration journalière $< 25 \mu\text{g m}^{-3}$
- PM₁₀
diamètre $< 10 \mu\text{m}$
concentration journalière $< 50 \mu\text{g m}^{-3}$
- Nombre de jours de dépassement < 35 jours par an



Pourquoi s'intéresser aux feux de végétation ?

Quelques chiffres :

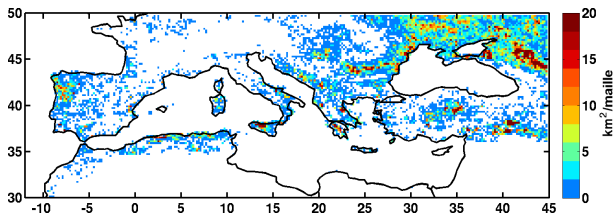
Sydney, Australie, 2001 : $\text{PM}_{10} > 150 \mu\text{g m}^{-3}$ pendant dix jours (SoE, 2006).
260 000 - 600 000 morts par an (fumée) (Johnston et al., 2012).



Évènements **sporadiques et intenses** : difficulté à les observer et à les modéliser/prévoir leur étendue dans toute leur complexité

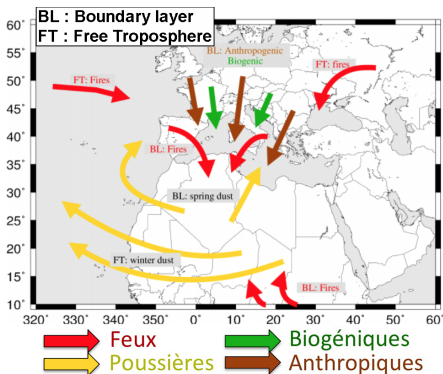
- feux pris en compte dans les modèles globaux depuis quelques années, mais la prévision en temps réel n'est pas opérationnelle à l'échelle régionale ou locale.
- inventaires d'émissions échelle globale/régionale : incertitudes d'un facteur **2 à 5** pour le carbone (Schultz et al., 2008).
- incertitudes sur le transport, l'injection dans l'atmosphère (Paugam et al., 2015).

La région Euro-Méditerranéenne



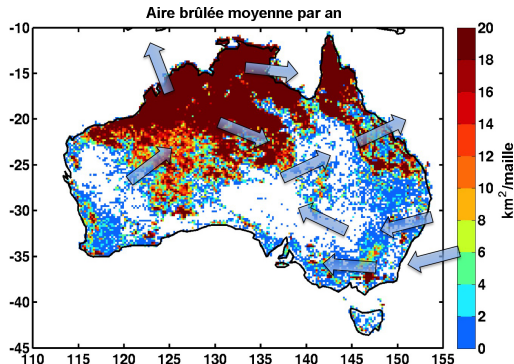
Aire brûlée moyenne
par an

► 600 000 ha



- Diversité des sources naturelles.
- "Carrefour" de masses d'air.
- Densément peuplée et fortes activités industrielles => enjeu important pour la qualité de l'air.

L'Australie et la région de Sydney



- ▶ 54 millions d'ha en moyenne par an (800 000 en NSW).
- ▶ Saisons de feux : source majoritaire à Sydney, dégradation de la qualité de l'air (*Johnston et al., 2011*).
- ▶ Mesures proches des sources de feux.

Problématiques

Quelle est la contribution relative de chaque source d'aérosols sur les concentrations de PM, en particulier celle des feux ?

Quelle est l'influence des feux sur la qualité de l'air dans les deux régions ?

De quelles caractéristiques des feux de végétation dépend cette influence (émissions, végétation, injection) et quelles sont les incertitudes liées dans la modélisation ?

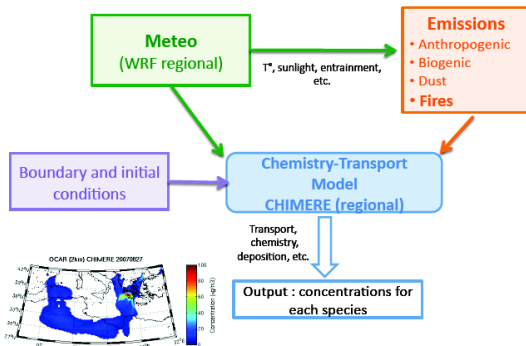


Sommaire

1. Outils (modèle et observations)
 2. Importance relative des feux
 3. Analyse de cas d'étude
 4. Sensibilité du modèle à la variation de certaines caractéristiques
- Conclusion et perspectives

i) Modélisation de la chimie et du transport

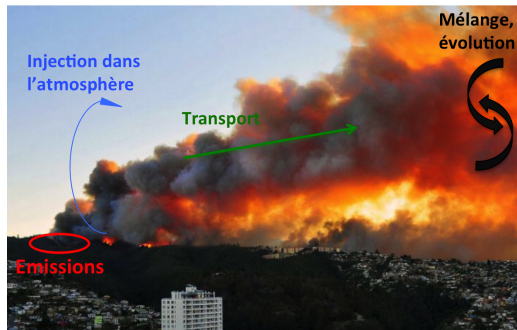
Le modèle régional CHIMERE



- Prise en compte de sources différentes pour une même espèce chimique
- Quantification du transport, dépôt, etc.
- Champs de concentrations 4D pour chaque polluant
- Utilisation en analyse, scénarios, prévision

i) Modélisation de la chimie et du transport

Quels sont les processus représentés dans les modèles ?



Les émissions :

- ▶ Inventaire APIFLAME (*Turquety et al., 2014*) :
 - aire brûlée
 - type végétation
 - densité de biomasse (ORCHIDEE)
 - facteurs d'émission (EF)

Le transport :

- ▶ Hauteur d'injection dans la CLA
- ▶ Advection, dépôt, turbulence

L'évolution chimique du panache :

- ▶ Mélange avec les autres particules et sources
- ▶ Réactions chimiques

ii) Observations

Évènements sporadiques, synergie modélisation/observations :

- Modèle -> palie à la difficulté d'observer partout et à chaque pas de temps (AQ)
- Observations -> contrainte des émissions de feux et validation pour le modèle



Localisation des feux	MODIS
Végétation	
AB (Area Burned)	
FRP (Fire Radiative Power)	
AOD 550 et 500 nm	MODIS, AERONET
Hauteur de panache	MISR, CALIOP
Concentrations de surface	Réseaux de mesure AQ

Pour le modèle :

- contrainte**
- validation**

Sommaire

1. Outils

2. Importance relative des feux

Quelle est la contribution relative de chaque source d'aérosols sur les concentrations de PM, en particulier celle des feux ?

3. Analyse de cas d'étude

4. Sensibilité du modèle à la variation de certaines caractéristiques

Conclusion et perspectives

Importance relative des feux

Quelle est la contribution relative de chaque source d'aérosols sur les concentrations de PM, en particulier celle des feux ?

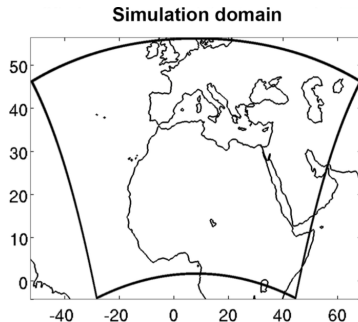


- ▶ Australie : 59 % à 90 % des jours de pollution dus aux feux de végétation (*Johnston et al., 2011*)
- ▶ Europe : grande diversité des sources de particules, études localisées pourtour Méditerranée => prédominance des poussières minérales sur les dépassements de seuil (*Escudero et al., 2007*)

Quelle est l'importance des feux en Europe sur la pollution particulaire ?

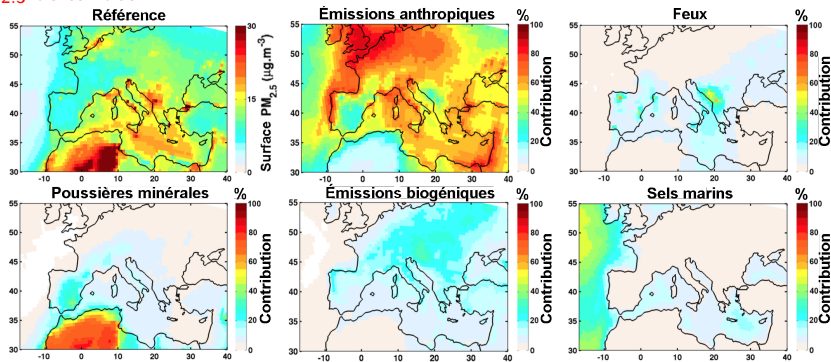
Méthodologie

- ▶ Période : juin-août 2012
- ▶ Simulation de référence à 50 km de résolution
- ▶ Chaque source enlevée séparément :
 - émissions anthropiques
 - sels marins
 - poussières minérales
 - émissions biogéniques
 - feux



Quelles sont les contributions des différentes sources aux PM de surface ?

PM_{2.5} de surface

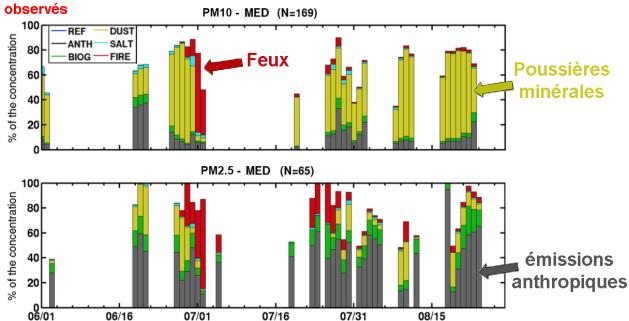
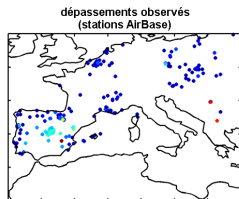


En moyenne sur l'été 2012 :

- ▶ PM_{2.5} de surface : émissions anthropiques (52 %) et poussières minérales (17 %)
- ▶ PM₁₀ de surface : émissions anthropiques (19 %) et poussières minérales (62 %)
- ▶ Biogéniques et sels marins : contributions moyennes régionales (20 % et 29 %)
- ▶ **Feux** : 12 % de contribution régionale, jusqu'à 60 % localement

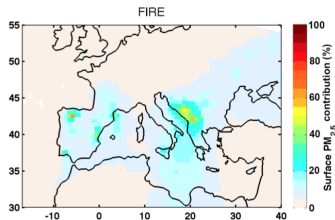
Quelle est la part des feux dans les dépassements de seuil de pollution aux particules ?

Contribution modèle aux dépassements observés



- ▶ Réglementation UE PM₁₀ : 50 $\mu\text{g m}^{-3}$ (moyenne journalière)
- ▶ Recommandations OMS PM_{2.5} : 25 $\mu\text{g m}^{-3}$ (moyenne journalière)
- ▶ Contributions au nombre de dépassements observé (AirBase) : feux 2 % en moyenne sur l'été, contribution jusqu'à 80 % lors des épisodes de feux

Conclusions de l'étude sur l'Europe



Modèle : contribution faible des feux sur les PM de surface en moyenne sur tout l'été comparé aux autres sources, mais jusqu'à 60 % de contribution locale.

Contribution (modèle) des feux aux dépassements observés :

- 2 % des dépassements de seuil de PM sur tout l'été
- 80 % des dépassements observés pendant les épisodes

Rea, G., Turquety, S., Menut, L., Briant, R., Mailler, S., & Siour, G. (2015). Source contributions to 2012 summertime aerosols in the Euro-Mediterranean region. *Atmospheric Chemistry and Physics*.

Sommaire

1. Outils

2. Importance relative des feux

3. Analyse de cas d'étude

Quelle est l'influence des feux sur la qualité de l'air dans les deux régions ?

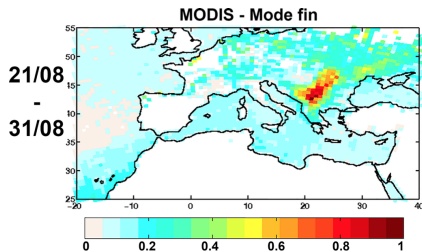
Quelle est la performance dans la modélisation des PM issus de feux ?

4. Sensibilité du modèle à la variation de certaines caractéristiques

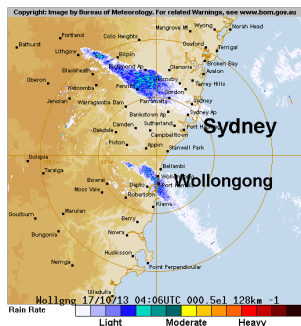
Conclusion et perspectives

Présentation et modélisation des cas d'étude

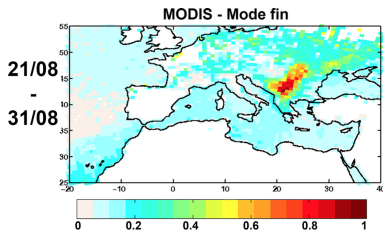
1er cas d'étude :
Balkans : 21-31 août 2012



2ème cas d'étude :
NSW : 16-28 octobre 2013



1er cas d'étude : Balkans, 21-31 août 2012



- ▶ Surface brûlée : 214 km² en Macédoine, 518 km² en tout dans la région
- ▶ Végétation : forêt (50 %), maquis (20 %) et terres agricoles (11 %)

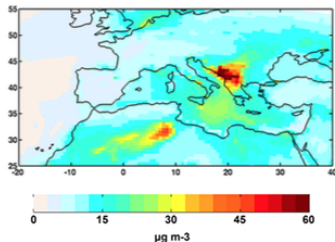
Modélisation :

- ▶ Résolution : 50 km

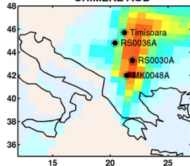
Observations utilisées :

- ▶ AOD MODIS et AERONET
- ▶ Réseau AirBase (1 station PM_{2.5} et 5 stations PM₁₀)

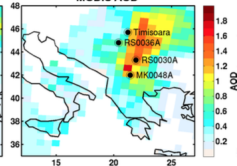
Balkans, août 2012 : Quelle est la performance du modèle ?

PM_{2.5}

CHIMERE AOD



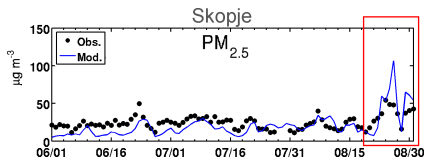
MODIS AOD



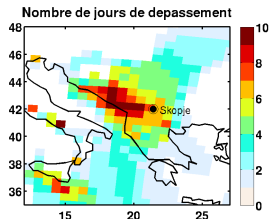
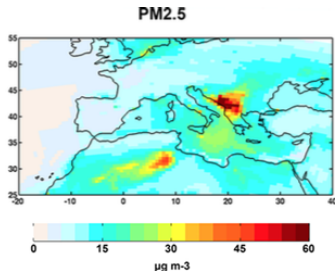
Performances modèle

	R	RMSE	MNB
PM ₁₀ (5 stations)	0.91	13	-8 %
PM _{2.5} (Skopje)	0.81	28	38 %
AOD (Timisoara)	0.89	0.13	0.4 %

Moyenne obs./mod. : 35/52 µg m⁻³



Balkans, août 2012 : Quelle est la performance du modèle ?



Performances modèle

	R	RMSE	MNB
PM ₁₀ (5 stations)	0.91	13	-8 %
PM _{2.5} (Skopje)	0.81	28	38 %
AOD (Timisoara)	0.89	0.13	0.4 %

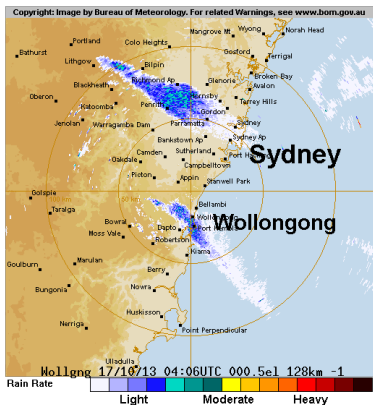
Moyenne obs./mod. : 35/52 µg m⁻³

Niveaux de pollution PM_{2.5}

- Nombres de jours de dépassements (obs./mod.) à Skopje : 8/7 (0 sans les feux)

Bonne temporalité et détection des jours de dépassement, malgré les incertitudes sur l'inventaire. 7 jours de dépassements près de la ville de Skopje en Macédoine (2 millions d'habitants).

New South Wales, 16-28 octobre 2013



- ▶ Surface brûlée : environ 500 km²
- ▶ Végétation : savanne (65 %), forêt (33 %)

Modélisation :

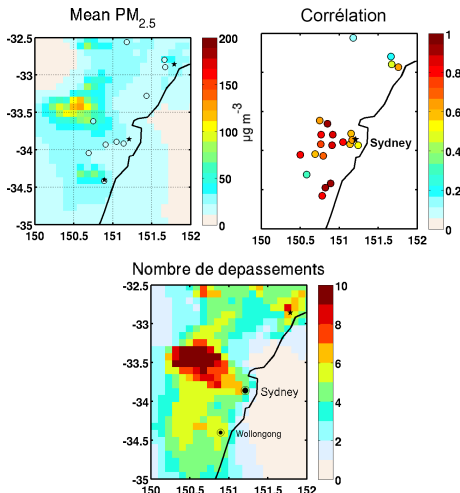
- ▶ Résolution : 10 km
- ▶ Emissions de feux : APIFLAME avec facteurs d'émissions adaptés à la végétation (*Paton-Walsh et al., 2014*)

Observations utilisées :

- ▶ Réseau de mesures de la qualité de l'air *Office of Environment and Heritage* (7 stations PM_{2.5} et 19 stations PM₁₀)

Rea, G., Paton-Walsh, C., Turquet, S., Cope, M., & Griffith, D. (2016). Impact of the New South Wales fires during October 2013 on regional air quality in eastern Australia. *Atmospheric Environment*.

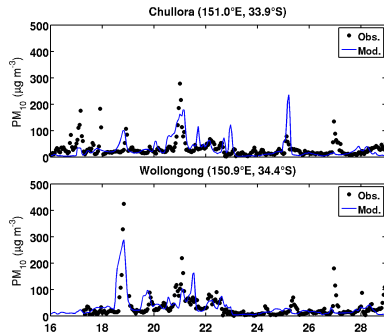
New South Wales, 16-28 octobre 2013



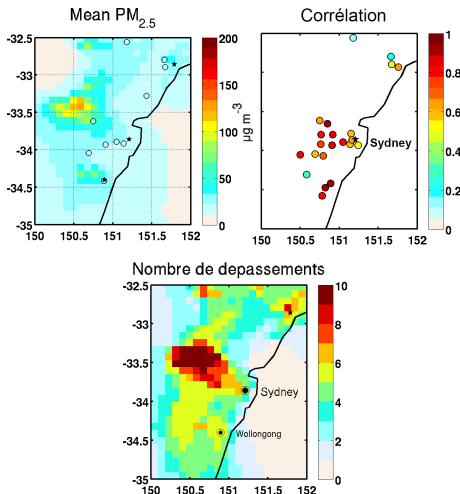
Performances modèle

	R	RMSE	MNB
PM ₁₀ (19 stations)	0.44	33	3 %
PM _{2.5} (7 stations)	0.60	25	64 %

Moyenne obs./mod. : 19/31 $\mu\text{g m}^{-3}$



New South Wales, 16-28 octobre 2013



Performances modèle

	R	RMSE	MNB
PM ₁₀ (19 stations)	0.44	33	3 %
PM _{2.5} (7 stations)	0.60	25	64 %
Moyenne obs./mod. : 19/31 $\mu\text{g m}^{-3}$			

Niveaux de pollution PM_{2.5}

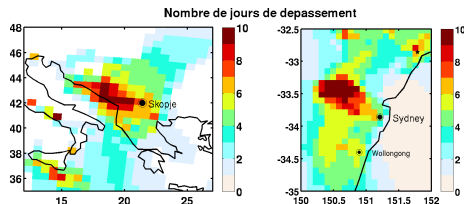
- Nombres de jours de dépassements (obs./mod.) : 10/8 (0 sans les feux)

Modèle : permet de représenter l'étendue des dépassements de seuils dans la zone : 5 à 7 jours de dépassements dans les zones urbaines de Sydney et Wollongong (4,5 millions d'habitants).

Synthèse des deux cas

	Balkans (août 2012)	Sydney (oct. 2013)
Aire brûlée totale (APIFLAME) :	518 km ²	565 km ²
Puissance (MODIS)	605 MW	1780 MW
Végétation	50 % forêt, 30 % maquis	65 % savanne, 33 % forêt
Moy. journalière max. de PM_{2.5} (CHIMERE)	415 $\mu\text{g m}^{-3}$	688 $\mu\text{g m}^{-3}$
Jours de dépassements (PM_{2.5})	8	10

- ▶ Le modèle est capable de simuler les pics de feux au **bon endroit** et au **bon moment**.
- ▶ Le **nombre de jours** de dépassement de seuil est correctement diagnostiqué.
- ▶ Surestimation des PM_{2.5} en moyenne / sous-estimation des pics -> **manque de variabilité** dans les émissions journalières.



Sommaire

1. Outils

2. Importance relative des feux

3. Analyse de cas d'étude

4. Sensibilité du modèle à la variation de certaines caractéristiques

Dans quelle mesure les paramètres influencent la performance de la modélisation ?

Quels sont les manques de connaissances limitants dans le calcul des aérosols de feux ?

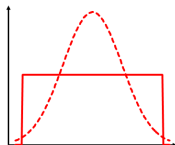
Conclusion et perspectives

Dans quelle mesure la hauteur d'injection et la variabilité diurne des émissions influencent la modélisation ?

Modification des caractéristiques de feux pour les deux cas d'étude :

Émissions

- ▶ Émissions journalières (référence)
- ▶ Profil diurne

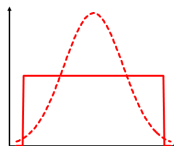


Dans quelle mesure la hauteur d'injection et la variabilité diurne des émissions influencent la modélisation ?

Modification des caractéristiques de feux pour les deux cas d'étude :

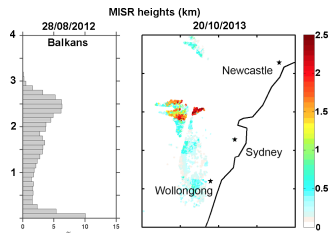
Émissions

- ▶ Émissions journalières (référence)
- ▶ Profil diurne



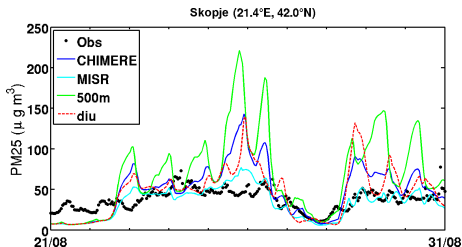
Hauteur d'injection des émissions

- ▶ Mélange dans la CLA (référence)
- ▶ À la surface
- ▶ Avec les hauteurs observées avec MISR (1 jour d'observation disponible)
 - Balkans : 2-3 km (plus haut CLA)
 - Sydney : 1-2 km (plus bas CLA)



Dans quelle mesure la hauteur d'injection et la variabilité diurne des émissions influencent la modélisation ?

Cas 1 - Balkans (août 2012)



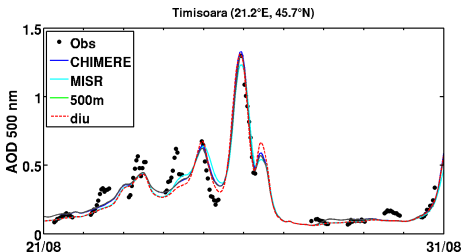
PM de surface :

- ▶ Effet plus prononcé à la station proche de la source (Skopje).
- ▶ Injection MISR (plus haute) : réduction RMSE de 28 % à 14 % pour les $\text{PM}_{2.5}$.
- ▶ Injection plus basse : augmentation de la concentration en surface d'un facteur 2.

- ▶ Hauteur : variation de la concentration des PM en surface jusqu'à ± 50 %.
- ▶ Variabilité diurne : pics plus prononcés.

Dans quelle mesure la hauteur d'injection et la variabilité diurne des émissions influencent la modélisation ?

Cas 1 - Balkans (août 2012)



PM de surface :

- ▶ Effet plus prononcé à la station proche de la source (Skopje).
- ▶ Injection MISR (plus haute) : réduction RMSE de 28 % à 14 % pour les $PM_{2.5}$.
- ▶ Injection plus basse : augmentation de la concentration en surface d'un facteur 2.

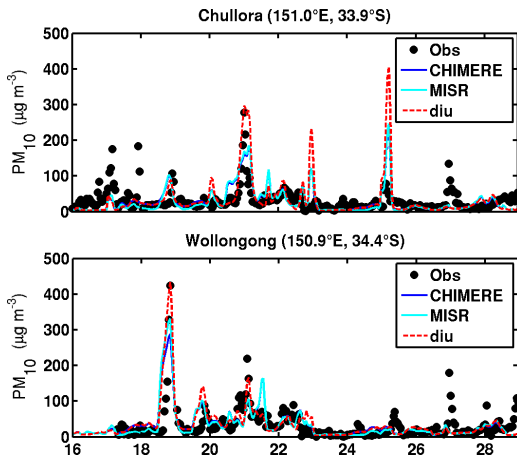
AOD :

- ▶ Proche de source : peu d'influence des paramètres.

- ▶ Hauteur : variation de la concentration des PM en surface jusqu'à ± 50 %.
- ▶ Variabilité diurne : pics plus prononcés.
- ▶ AOD : seulement pour le transport longue distance des panaches, ne permet pas de diagnostiquer la hauteur d'injection ni la variabilité diurne

Dans quelle mesure la hauteur d'injection et la variabilité diurne des émissions influencent la modélisation ?

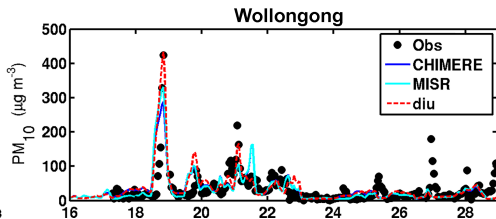
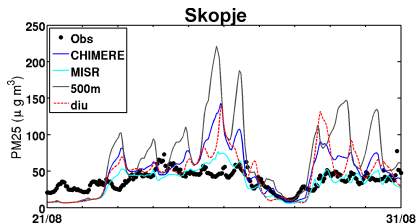
Cas 2 - Sydney (octobre 2013)



- ▶ Peu de différences avec une injection plus basse : mélange rapide dans la CLA.
- ▶ Variabilité diurne : meilleure amplitude pour les pics modélisés au bon endroit.

- ▶ Impact faible d'une hauteur d'injection plus basse.
- ▶ La variabilité diurne permet de mieux détacher les pics de feu.

Synthèse des sensibilités pour les deux cas



Temporalité diurne des émissions :

- ▶ Effet important ; surtout pour les feux de Sydney (feux majoritaires).

Hauteur d'injection :

- ▶ Variation jusqu'à un facteur 2 de la concentration si le feu est injecté en altitude.

Sommaire

Introduction

1. Outils

2. Importance relative des feux

3. Analyse de cas d'étude

4. Sensibilité du modèle à la variation de certaines caractéristiques

Conclusion et perspectives

Conclusions

Quelle est la contribution relative de chaque source d'aérosols sur les concentrations de PM, en particulier celle des feux ?

Contributions sur les PM de surface en Europe :

- ▶ poussières minérales : 62 % et 19 % pour les PM₁₀ et PM_{2.5}
- ▶ émissions anthropiques : 17 % et 52 %
- ▶ feux : jusqu'à 60 % en moyenne locale, et peuvent contribuer à eux seuls aux dépassements de seuils de PM (2 % sur l'été)

Quelle est l'influence des feux sur la qualité de l'air dans les deux régions ?

Balkans, août 2012 et Sydney, octobre 2013

- ▶ 8 et 10 jours de dépassements dus aux feux observés

Conclusions

Quelle est la performance dans la modélisation des PM issus de feux ?

- ▶ bonne modélisation du nombre de jours de pollution (10 observés vs. 8 modélisés)
- ▶ temporalité journalière $R > 0,7$
- ▶ surestimation des $PM_{2,5}$ de surface de 20 à 60 % proche des sources

Quels sont les manques de connaissances limitants dans le calcul des aérosols de feux ?

Variabilité diurne des émissions de feux :

- ▶ effet important sur l'amplitude, surtout lorsque les autres paramètres sont bien contraints (cas australien)

Hauteur d'injection :

- ▶ différences de concentration jusqu'à facteur 2 aux stations proches des sources

Perspectives

Émissions plus réalistes / réduction des incertitudes ?

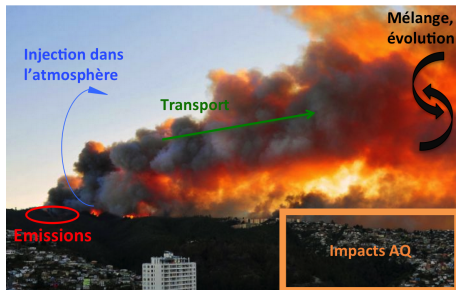
- ▶ complémentarité MODIS/SEVIRI pour variabilité diurne et la cohérence de détection des feux

Modélisation de la hauteur d'injection pour chaque feu ?

- ▶ modèle de pyro-convection (météo, FRP)

Autres sources d'incertitude pour les PM ?

- ▶ AOS mal pris en compte (formation à partir des composés organiques semi-volatiles)



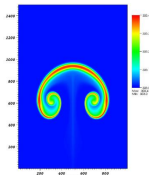
- ▶ **Projet transverse** équipes GLOBC, AE, CFD (Mélanie Rochoux, Daniel Cariolle, Olivier Vermorel) : **MODEST**
- ▶ **But : modéliser de façon précise** l'épanchement de polluants (acide chlorhydrique, alumine) en surface lors d'une fuite accidentelle ou des émissions ponctuelles i.e. panache de fusée (Mésos-NH, AVBP)



- ▶ **Plusieurs étapes** pour se rendre compte des limites et domaines de validité des différents codes

► **Etapas** (modélisation, comparaisons, incertitudes) :

1) Cas académiques
(ex : bulle chaude)



Robbert, 1993

2) Expérience MUST
(2001, Utah)



Milliez, 2006

**3) Base de
lancement KOUROU**



CNES/Arianespace/ESA

Merci de votre attention



ABC news