Aperçu des états et enjeux de la recherche sur l'impact des incendies naturels en qualité de l'air

F. Bosseur[1]

J.-B. Filippi[1], C. Mari[2], V. Mallet[3]

[1]SPE – Corte [2]LA – Toulouse [3]INRIA – Rocquencourt

QA et incendies

- Un problème complexe ayant des conséquences à des échelles spatiales:
  - À l'échelle de la flamme (~10m),
  - Sous le vent du feu (~100m),
  - A l'échelle atmosphérique (~km),
  - Interaction entre les polluants par traversées d'échelles.

QA et incendies

et temporelles très diverses avec des effets sur la santé pouvant être:

- Immédiats: irritations des voies respiratoires, asthme,…
- À plus long terme: cancers, mutations génétiques, …

Emissions des feux de végétation

- Le type et la quantité de produits émis dans l'atmosphère sont fortement dépendants de:
  - La nature du combustible (identification de la végétation, caractéristiques chimiques des produits),
  - L'intensité du front de flamme,
  - L'humidité du végétal,
  - Des conditions météorologiques.

Emissions des feux de végétation

- Smouldering:

  Espèces non oxydées: CO, CH_4, COV, ammoniac NH_3, acetonitrile CH_3CN, cyanure d'hydrogène HCN, chlorure de méthyle CH_3Cl, composés soufrés…

- Flaming:

  Composés oxydés: CO_2, monoxyde d'azote NO, NO_2, protoxyde d'azote N_2O, SO_2…

- Pendant les 2 phases:

  Acétylène C_2H_2, cyanogène NCCN.

À l'échelle de la flamme

- Toxicité des fumées près de la source
- Dangerosité extrême et immédiate:
  - acteurs de la lutte,
  - professionnels « au contact » du feu (forestiers, élagueurs,…).
- Approches expérimentales:
  - Numérique: AVBP, FireFoam.
  - Mesures expérimentales: caractérisation des composés chimiques, cinétique de dégradation (Holzinger, Greenberg, Cancellieri, Barboni).

Sous le vent du feu

- Emissions, concentrations: toxicologie, visibilité et manque d'oxygène.
- Problèmes de santé publique:
  - Troubles respiratoires,
  - Gestion des populations à risque et des zones sensibles (hôpitaux, maisons de retraites,…).
- Problèmes de visibilité:
  - Effets sur les infrastructures (routes, aéroports),
  - Efficacité des opérations de secours.

Sous le vent du feu

- Interaction entre chimie du feu et de l'atmosphère.
- Approches expérimentales
  - Mesures de surface:
    - Brulages dirigés (~10m): aéroclub, expérience de Letia (analyse LIDAR du panache), Gestosa (A. Miranda), Lousã Mountain (C.A. Alves).
    - Feu réel: réseau de stations qualité de l'air (suivi O_3, NOx, particules PM_{10} et $PM_{2.5}$).

Sous le vent du feu

– Numérique:
  - Méso-NH/ForeFire (IDEA),
  - Farsite/Lotos-Euros, A. Miranda (étude de la dispersion des fumées en milieu urbain – Feux de Loures et Mafra, 2003),
  - WRF Fire (J. Mandel, J. Cohen).

À l'échelle atmosphérique

- Transports de polluants

  Niveaux de concentrations des principaux polluants urbains (CO, O_3, NOx, PM_{10} et $PM_{2.5}$) bien au delà des valeurs fixées par la législation à des centaines de km du point d'éclosion (Miranda).

- Particules (précipitations)
- Chimie des aérosols (émissions BC et OCp, formation d'aérosols organiques secondaires)

À l'échelle atmosphérique

- La hauteur d'injection influence très fortement l'efficacité de la dispersion du panache:
  - De l'échelle locale si la hauteur d'injection est inférieure à la hauteur de la couche limite,
  - À l'échelle régionale voire globale si le panache atteint la troposphère libre.

À l'échelle atmosphérique

- Approches numériques:
  - Chimere (modèle chimie-transport).
  - GMES/MACC: suivi des panaches de feu à des résolutions « faibles » (cadastres basés sur les hot spots MODIS). Le modèle MACC voit les grands feux (Grèce, Valencia-Espagne,…) mais pas les feux plus petits et ayant un temps de vie relativement court.
  - IDEA: suivi des feux locaux et ceux de plus grande échelle pour faire de la qualité de l'air de « proximité » à haute résolution.

À l'échelle atmosphérique

- Impact sur le bilan radiatif solaire
- Climatologie (réchauffement global)
- Utilisation d'observations satellitaires:
  - Mesurer les quantité de gaz et aérosols émis par les feux,
  - Identifier les panaches de fumée,
  - Reconstruire la distribution verticale des gaz et aérosols (effets radiatifs),
  - Déterminer la hauteur d'injection.

Principaux verrous

- Mécanismes de production des suies mal maitrisés
- Meilleure caractérisation des facteurs d'émission
- Détermination de la hauteur du point d'injection
- Modélisation des aérosols (dynamique dans le panache, chimie du panache)
- Couplage entre les différentes échelles

Perspectives

- Utilisation plus systématique de données lidar et mesures d'aérosols in-situ pour contraindre la hauteur d'injection et la composition chimique du panache de fumées en aérosols.
- Lien avec la modélisation grande échelle:
  - Les simulations à haute résolution montrent que le panache reste pauvre en ozone sous le vent de l'incendie → le panache conserve de fortes concentrations de NOx qui consomme l'ozone.
  - Dans un modèle à faible résolution, les NOx sont dilués instantanément dans un volume plus important → production d'ozone plus vite donc plus près de l'incendie.

Perspectives

- Quel type d'observations pour contraindre les modèles de qualité de l'air ?
- Peut-on uniquement utiliser les données des réseaux qualité de l'air ?
  - Bons marqueurs ?
  - Mesures trop éloignées de la source ?
- Embarquer des capteurs sur les véhicules d'intervention ou les opérationnels → mesurer les concentrations de certaines espèces pouvant servir de marqueurs pour d'autres.

Prospectives 2012-2015 CEREA[1]

- Modélisation des particules atmosphériques (composition chimique et granulométrie): particules organiques et particules ultra-fines (diamètre < 100 nm),
- Amélioration:
  - des paramétrisations de la dispersion atmosphérique,
  - des paramétrisations des dépôts secs et humides,
  - des mécanismes de transformations chimiques.

[1]Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique

Prospectives 2012-2015 CEREA[1]

- Développement de modèles de qualité de l'air multi-échelles
  - traiter conjointement pollutions de fond et de proximité,
  - interactions entre changement climatique et qualité de l'air.

[1]Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique

Principaux processus physico-chimiques

- Dispersion horizontale (composante horizontale du vent, transport sur des distances de plusieurs centaines de kilomètres).
- Dispersion verticale:
  - composante verticale du vent,
  - convection verticale (sous l'effet du chauffage du sol par le soleil): peu importante pendant la nuit, se développe au cours de la matinée, formant une couche de mélange, qui « s'écroule » en fin de journée.

Principaux processus physico-chimiques

- Réactions chimiques des espèces présentes dans l'atmosphère:
  - Formation/titration de l'ozone,
  - Photolyse du dioxyde d'azote,
  - Oxydation des composés organiques volatils (COV).
- Dépôts sec/humide sur le sol des espèces chimiques.
- Microphysique et chimie des aérosols

  Pour les particules, nucléation, condensation, agrégation, coagulation,...

Modèles de qualité de l'air

- Pas de chimie dans les modèles météo opérationnels (pas de rétroactions de la chimie sur la dynamique).
- Polyphemus (INRIA, EDF).
- Système prev'air:
  - Prévision à 3 jours, cartographie QA
  - Chimere (LMD, CNRS) (échelle régionale à continentale)
  - Mocage (CNRM, Météo France)