

# **Programme Gestion et Impacts du Changement climatiques GICC**

**APR 2001**

## **Résumé du rapport final**

### **4/01 - Impact climatique de l'aérosol carboné**

**Coordinateur : Cathy Liousse, LA**

Même s'il est sensiblement plus complexe à évaluer que celui des gaz à effet de serre (GES), le rôle climatique des aérosols est maintenant nettement avéré. De plus, il est au centre de nombreux débats, depuis qu'Hansen et al. (2000) ont montré que pour réduire le réchauffement climatique, l'effort devrait porter à la fois sur les réductions des émissions de GES mais également, des aérosols carbonés. Une étude plus récente encore a même suggéré qu'il serait plus efficace de réduire les émissions d'aérosol carboné que celles des gaz à effet de serre (Jacobson, 2002), car le temps de vie des aérosols est sensiblement plus court que celui des GES. Malheureusement, les énergies les plus propres en GES sont actuellement les plus émettrices en particules carbonées. On comprend alors l'inquiétude des politiciens et des industriels à qui l'on avait conseillé de transformer les énergies « essence » en énergie « diesel », afin de limiter les émissions de GES, et qui réalisent aujourd'hui que la conséquence de cette transformation serait d'augmenter les émissions particulaires! Lors du workshop « Pollution- Climat » organisé par J. Hansen (Mai 2002), ces mêmes conférenciers s'étonnaient de cette complexité, renvoyant les scientifiques dans leurs laboratoires pour valider ces hypothèses.

Le but de notre programme s'inscrit dans cette thématique, puisque notre objectif est de construire un inventaire d'émission des particules carbonées de 1860 à 2100. La stratégie adoptée est, dans un premier temps, d'améliorer et de développer les inventaires actuels (1950 à 2000) pour les émissions par les fuels fossiles et les biofuels (feux à base de bois, charbon de bois, déchets agricoles etc..), de construire ceux du passé (1890-1950) et du futur (projection 2030-2100), puis d'étudier les émissions des feux de savane et de forêts à l'aide de l'imagerie satellitale.

Les résultats obtenus à partir d'une méthodologie se situant à l'interface entre expérimentation et modélisation sont le fruit d'une coopération active entre les principaux laboratoires participants (LA, LSCE, IEPE et JRC-Ispra). En voici les principales lignes.

- 1) Révision des algorithmes permettant de calculer les distributions spatiales et temporelles des émissions par les fuels fossiles et les feux domestiques. Etablissement des inventaires d'émissions pour les fuels fossiles (trafic, industries..) et les feux domestiques (bois, charbon..), pour le carbone suie (BC), le carbone organique primaire (OCp) et le carbone organique total (OCtot), de 1950 à 1997. Ces travaux ont permis de réviser les valeurs de facteurs d'émissions à partir des données récentes de la littérature. Ils ont également mis

en évidence l'importance des feux domestiques sur le bilan global des émissions des particules carbonées, tout particulièrement dans les pays en voie de développement.

- 2) Etablissement des inventaires d'émission des fuel fossiles et des feux domestiques pour BC, OCp et OC tot, de 1860 à 1997, en tenant compte des variations au cours du temps des consommations en fuels, du type d'activité et des facteurs d'émission. Pour la période 1860-1950, une nouvelle méthodologie a été mise en place à partir des données de Bairoch (1991) pour l'estimation de l'évolution des consommations de fuels, des données de la base de données UNSTAT pour l'évolution de l'utilisation des fuels et des données de Pertuisot (1997) pour l'évolution des facteurs d'émission. Des comparaisons ont été menées sur les années communes 1950-1985, entre l'inventaire basé sur UNSTAT (cf paragraphe 1) et l'inventaire basé sur Bairoch. Par ailleurs, nous avons pu montrer l'intérêt de prendre en compte des valeurs de facteurs d'émissions évolutives au cours du temps.
- 3) Etablissement des inventaires d'émission pour les feux de biomasse à partir des surfaces brûlées détectées par imagerie satellitale, pour l'Afrique (1981-1991 et 2000) et l'Asie (2000 et 2001). Ces résultats montrent l'importance de l'utilisation de la télédétection des surfaces brûlées dans le calcul des émissions, au lieu de statistiques moyennes, jusqu'ici communément employées. Ils montrent également une première comparaison d'inventaires établis à partir de deux méthodologies basées sur l'imagerie satellitale : respectivement, les méthodologies « surfaces brûlées » et « cartes de pixels de feux ». Au vu de ces conclusions, il est aujourd'hui important de favoriser le rapprochement des groupes qui travaillent sur ces deux types de méthodologies. Les objectifs initiaux de notre programme prévoyaient de déterminer une méthodologie pour les projections passées et futures. Nos résultats montrent que les projections passées et futures ne peuvent pas dépendre uniquement des cartes de population, mais doivent également comporter des indicateurs climatiques.
- 4) Etablissement d'inventaires d'émissions pour les fuels fossiles et les feux domestiques pour des projections futures. Des premiers inventaires d'émissions pour les fuels fossiles ont été réalisés pour l'horizon 2100, pour des scénarios « catastrophes » (scénario A2) et des scénarios « idéaux » (scénario B1), à partir des données IPCC. Compte tenu des nombreuses hypothèses avancées pour dériver les inventaires 2100, et de l'absence des feux domestiques, nous avons développé de nouveaux inventaires pour 2030, à partir de critères socio-économiques plus réalistes que ceux invoqués avec les données IPCC, et incluant de plus les sources de fuels fossiles et de feux domestiques. Pour la période 1990-2030, les données de consommations de fuels par activité ont été obtenues à partir des données du modèle POLES de l'équipe de P. Criqui pour 2 scénarios (un scénario de référence « ref » de type business as usual et un scénario « ccc » répondant aux critères du protocole de Kyoto). Cette étude fait ressortir l'importance des contrôles d'émissions effectués entre les différents scénarios. Suivant le scénario ref ou ccc, les estimations des émissions de BC sont comprises dans une gamme entre 5.8 et 13.7 TgC (rappelons que le budget de BC est compris entre 0.6-100 TgC pour les scénarios 2100 B1 et 2100 A2 (Lioussé et Cachier, 2005)).
- 5) Caractérisation des particules d'aérosol carboné à l'émission. Il s'est agi ici d'organiser une campagne expérimentale dans la chambre de combustion du LA, afin d'obtenir les caractéristiques physicochimiques des émissions de combustions méconnues (feux domestiques indiens et chinois à partir de charbons divers, de bois, de bouses d'animaux, etc., des fuels achetés en Inde et envoyés par notre collègue indienne R. Gadi) et de les quantifier. Nous nous sommes particulièrement intéressés aux valeurs de facteurs d'émission des particules carbonées, ainsi qu'à leur taille. Il est important de noter que contrairement à nos attentes, les combustions de charbon émettent des particules

carbonées de taille plutôt submicronique. Par ailleurs, les valeurs d'EF, plus élevées que celles citées dans la littérature, sont représentatives de combustions domestiques non contrôlées, typiques des pays en voie de développement. Dans un souci de meilleure intégration de ces données ( littérature et expériences récentes), nous avons déterminé une formulation théorique permettant d'obtenir les valeurs d'EF, ainsi que le rapport BC/OC, en fonction de paramètres permettant de décrire le type de combustion (par le biais du rapport généralement connu CO/CO<sub>2</sub>) . Cette relation a pu être validée au cours de notre expérience pour les feux domestiques.

- 6) Mise à jour des différences entre les inventaires existant au niveau international et recherche de leurs causes. Il s'est agi d'organiser un atelier de travail international en juin 2002, où les spécialistes du domaine étaient rassemblés afin de mettre en évidence les raisons pour lesquelles les inventaires existants sont si différents, que ce soient sur la définition de l'aérosol, le choix des facteurs d'émission ou les méthodes de prélèvement et d'analyse utilisées. Différentes études se sont appuyées sur les comparaisons effectuées pendant cet atelier (Bond et al., 2004, Lioussé et al., 2005, livre IIASAG en préparation et chapitre IPCC). En écrivant le chapitre du livre IGAC-Emissions, édité par C. Granier, sur les émissions par les feux de biomasse, C. Lioussé, H. Cachier et J. Penner ont mentionné cet effort de coordination et de révision au niveau international pour le choix des EF des feux de savane et de forêts (Lioussé et al., 2004). Cependant, des recommandations claires sont aujourd'hui nécessaires compte tenu des disparités qui continuent d'exister entre les inventaires. Dans le cadre du programme ACCENT (réseau d'excellence du programme européen FP6) et de GEIA (Global Emission Inventory Activities, <http://weather.engin.umich.edu/geia>), de nouvelles rencontres sont prévues en 2005 entre les différents spécialistes, afin de proposer des inventaires cohérents à l'échelle internationale pour les utilisateurs.

*NB : La construction de ces inventaires a été réalisée sous un format « base de données » avec l'aide technique de MEDIAS (CAPEDB : Database of Carbonaceous Aerosol Particle Emission), afin d'être facilement exploitables et accessibles. Ce travail s'est effectué en lien avec un programme financé par l'ADEME, centré sur le développement d'inventaires d'émissions régionaux et continentaux. La base de données sera accessible dès la publication d'articles sur ces différents travaux.*