

## LE PROGRAMME DECAFE ET SON ACTION AU CONGO

Bernard CROS  
Laboratoire de Bioclimatologie  
Centre DGRST/ORSTOM de Brazzaville

En cette fin de millénaire, il se dessine un peu partout dans le monde un intérêt sans cesse grandissant pour les problèmes d'Environnement et d'Habitabilité de notre planète qui, pour la plupart, sont liés aux activités de l'homme : réchauffement de la terre, "trou" d'ozone, déforestation, désertification, réduction de la diversité des espèces, etc...

Les scientifiques et les décideurs politiques accordent actuellement une attention concertée à tous ces problèmes (Sommet de Rio) et cela d'autant plus que l'emballement démographique de la deuxième moitié de ce siècle (la population du globe est passée de 2,5 milliards d'habitants en 1950 à 3,7 milliards en 1970, pour atteindre 5,3 milliards en 1990) laisse augurer pour l'avenir des contraintes de plus en plus grandes pour satisfaire les besoins socio-économiques des 10 milliards d'habitants prévus en 2050, sans trop compromettre leur cadre de vie.

Les processus qui régissent le système Terre ne sont pas encore compris et nous ne pouvons prévoir comment l'ensemble Terre-Atmosphère va répondre à l'accroissement de ces contraintes anthropiques. Pour aider les décideurs à formuler une politique de "développement durable" il faut développer une capacité prédictive des évolutions possibles de la Terre.

La communauté scientifique a mis en place des programmes internationaux pour tenter de réduire les incertitudes ; on peut citer le Programme Mondial de Recherche sur le Climat (PMRC), le programme International Géosphère Biosphère (PIGB), etc... De nombreux programmes nationaux ou régionaux dont l'objectif scientifique et/ou géographique est bien délimité évoluent dans le cadre de ces grands programmes internationaux.

Le programme DECAFE (Dynamique Et Chimie de l'Atmosphère en Forêt Equatoriale) rentre dans les préoccupations de l'IGAC (international Global Atmospheric Chemistry) sous-programme du PIGB. Il a été élaboré en 1985 pour étudier les émissions biogéniques des forêts tropicales humides africaines et leur influence sur la composition de l'atmosphère.

31 MARS 1994

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 39.219 ex 1

Cote : B

On n'imaginait pas alors, l'importance de la pollution atmosphérique dans ce continent peu industrialisé aux vastes étendues inhabitées.

Elle a été mise en évidence lors des premières actions du programme et résulte, pour une grande part, des feux de végétation (principalement des savanes). Les objectifs du programme et son champ d'expérimentation ont été redéfinis en 1990. Le sigle DECAFE, bien connu dans la communauté scientifique, a été conservé bien que le programme ne soit plus exclusivement centré sur la forêt équatoriale mais sur le milieu tropical dans son ensemble.

Il s'agit maintenant d'étudier l'influence des écosystèmes tropicaux, perturbés ou non par l'homme, sur la chimie de l'atmosphère et le climat, aux échelles de ces écosystèmes (forêts, savanes) et à l'échelle globale (Afrique, ceinture intertropicale).

L'approche de ces problèmes se fait selon le tryptique désormais classique en géophysique :

#### Expérimentation

Téledétection

Modélisation

L'étude des processus qui régissent l'interaction biosphère-atmosphère doit aboutir à une paramétrisation des émissions en fonction des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des deux systèmes en vue d'une modélisation.

Parallèlement la téledétection et le développement de bases de données numérisées doivent préciser la variation spatio-temporelle, à l'échelle du continent, des paramètres identifiés par l'étude des processus.

Il en résultera une estimation des flux des constituants atmosphériques mineurs, réactifs et/ou à effet de serre, avec une définition variable selon les applications. Ces flux pourront être utilisés dans les modèles physico-chimiques, méso-échelles ou GCM (Global Change Model).

La connaissance de l'influence des paramètres climatiques sur les flux permettra d'intégrer dans les modèles globaux une éventuelle réponse de la biosphère tropicale aux changements climatiques supposés intervenir dans les prochaines décennies.

Le programme DECAFE est piloté par le laboratoire d'Aérodologie de l'Université P. Sabatier de Toulouse avec la collaboration active des universités africaines de Brazzaville et d'Abidjan et des Centres ORSTOM de Brazzaville, Pointe et Bangui. De nombreux laboratoires français et allemands participent aux différentes opérations.

DECAFE est un programme à long terme dont les interventions comprennent des actions de longue et moyenne durées et de courtes campagnes de mesures sur sites. Il a débuté en 1986 avec les premiers financements d'action de recherche à longue durée. Les premières interventions ont eu lieu au Congo. Elles ont été soutenues financièrement par le programme Environnement du CNRS et le programme CAMPUS du Ministère de la Coopération.

Elles ont permis de faire progresser un certain nombre d'aspects spécifiques se rattachant au schéma général que nous venons de présenter, notamment :

- l'évolution saisonnière de la composition de l'atmosphère intertropicale soumise périodiquement à l'influence des feux.
- l'origine de l'acidité des pluies en Afrique.
- le rôle de la forêt tropicale humide sur l'atmosphère en temps que source ou puits de certains constituants mineurs de l'atmosphère (méthane, hydrocarbures, gaz carbonique, ozone, etc...).

Au total plus de quarante publications et soixante communications respectivement dans des revues et congrès internationaux témoignent de l'activité scientifique de ce programme dont nous allons résumer le bilan au Congo.

#### Climatologie de l'ozone troposphérique en Afrique équatoriale.

L'analyse de l'évolution saisonnière de la concentration d'ozone en différents sites met en évidence une augmentation sensible de la teneur en ozone dans la couche de mélange de l'ordre d'une dizaine de ppbv (partie par milliard en volume) pendant la saison sèche.

Des séries de mesures aériennes et de sondages ballons. au-dessus des savanes de la région de Brazzaville ont montré l'existence d'une couche fortement enrichie en ozone située entre 1 et 4 km d'altitude avec des concentrations pouvant dépasser 100 ppbv pendant la saison sèche australe. Cette couche d'ozone est liée à l'existence de feux de savanes dans la partie sud de l'Afrique.

Un phénomène identique a été observé dans l'hémisphère nord au cours de la campagne DECAFE 88, pendant laquelle la mesure simultanée dans la couche, des principaux précurseurs de l'ozone a levé toute ambiguïté sur l'origine du phénomène. Il en résulte que l'Afrique équatoriale soumise à l'influence des feux des savanes qui l'entourent est recouverte d'une couche d'ozone provenant de réactions photochimiques sur certains effluents de ces feux transportés vers l'équateur par les alizés continentaux du Sud-Est ou du Nord-Est pendant la saison sèche de chaque hémisphère.

L'épaisseur optique de cette couche d'ozone photochimique varie de 8 à 20 dobsons ( $10^{-3}$  atm cm), elle représente 20 à 50 % de l'ozone troposphérique total dans cette région en saison sèche. Les observations satellitaires déduites des mesures effectuées par TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) et SAGE (Stratospheric Aerosol Gas Experiments) montrent l'étendue spatiale de ce phénomène qui intéressent une grande partie non seulement de l'Afrique intertropicale mais aussi de la ceinture équatoriale.

#### Le méthane en Afrique équatoriale.

L'objectif est de déterminer la participation de l'Afrique équatoriale à l'augmentation du méthane atmosphérique.

Pour ce faire, on a essayé de déterminer, autant que cela est possible, les sources et les puits de méthane et certains mécanismes d'émission.

Très schématiquement les résultats sont les suivants :

- les sols de savanes et les sols secs de forêts sont des puits de méthane ;
- les sols de forêts inondées sont d'importantes sources de méthane ; lorsqu'ils s'assèchent le flux diminue rapidement ;
- malgré une importante production potentielle de méthane par certaines espèces de termites, les termitières ne contribuent que faiblement au bilan du méthane dans l'atmosphère ;
- la combustion lente de la matière végétale émet des quantités appréciables de méthane. A l'échelle du continent africain l'émission globale de méthane est de l'ordre de 30 MT par an dont un tiers est abiotique, produit par la combustion de la biomasse (8 MT), les autres principales sources étant les ruminants (9,5 MT) et les zones inondées naturelles. Les flux observés sont en relation directe avec la concentration de bactéries méthanogènes.

#### Chimie des précipitations.

Cette étude a permis de quantifier le dépôt humide d'éléments ayant une importance biogéochimique et de déterminer, au travers du caractère intégrateur de la pluie, l'influence des différentes sources de gaz et particules en fonction des conditions météorologiques. On peut résumer ainsi les résultats :

- les précipitations en Afrique équatoriale sont très acides (pH 4,74 au Sud-Congo, 4,39 au Nord); Cette acidité provient d'un mélange d'acides minéraux (64 %) et d'acides organiques (36 %). en saison sèche, ces acides sont pour une bonne part issus de feux de végétation. L'influence de ces feux sur les eaux de pluies se fait sentir toute l'année, notamment par la présence quasi-permanente d'un aérosol carboné émis par les feux des savanes des deux hémisphères. La forêt (végétation et litière) est une source importante d'acides organiques.

#### Emissions biogéniques.

Les travaux réalisés sur les émissions biogéniques ont porté essentiellement sur les composés de l'azote émis par les sols et la végétation des forêts tropicales humides : détermination des mécanismes d'émission et influence sur la chimie de la couche limite.

La production de NO est due à l'auto-décomposition de HNO<sub>2</sub> dans les sols acides (chémodénitrification).

L'acidenitieux provient de la nitrification autotrophe en toute saison et de la dénitrification biologique en saison des pluies. La régulation du dégagement de NO par les sols est liée à la production d'ammonium par minéralisation de la litière et à l'apport direct de NH<sub>4</sub> par les pluvio-lessivats. En dépit d'émissions significatives, la concentration de NO reste faible sous les couverts forestiers car il est rapidement oxydé par l'ozone. D'autre part une émission importante d'ammoniac par la végétation aérienne de la forêt tropicale a été mise en évidence. L'origine de cette émission reste à déterminer.

#### Dynamique des échanges forêt-atmosphère.

Des mesures physiques couplées aux évolutions de traceurs ont permis d'imaginer des schémas conceptuels d'échanges entre la forêt et la couche de mélange. Ils expliquent de façon satisfaisante le comportement des différents éléments dont on a suivi les évolutions.

#### Perspectives.

Les objectifs nouveaux développés dans le cadre de DECAFE au Congo seront plus particulièrement axés sur

- 1 - l'étude expérimentale de la distribution de l'ozone troposphérique et du rôle de la convection nuageuse ;
- 2 - la Chimie des précipitations et l'interaction avec les sols et la végétation (collaboration avec le programme PIAFE) ;
- 3 - la mesure de l'azote organique dans les eaux de pluies et les pluviollessivats dans le cadre de l'étude du bilan de l'azote en forêt ;
- 4 - la caractérisation des sources de constituants mineurs atmosphériques par les isotopes stables dans les eaux de pluies.

#### Bibliographie

- 1 - ANDREAE M.O. ; A. CHAPUIS ; B. CROS : J. FONTAN ; G. HELAS ; C. JUSTICE ; Y.K. KAUFMAN A. IINGA and D. NGANGA, 1992 : Ozone and Aithen nuclei over Equatorial Africa : airborne observations during DECAFE 88 : J. Geophys. Res., 97, 6137-6148
- 2 - CACHER H. and J. DUCRET, 1991 : Influence of biomass burning on equatorial African rains. Nature, 352, 228-230
- 3 - CLAIRAC B. ; R. DELMAS ; B. CROS : H. CACHER ; P. BUAT-MENARD ; J. SERVANT, 1988 : Formation and chemical composition of atmospheric aerosols in an equatorial forest area. J. Atmos. Chem., 6, 301-322
- 4 - CROS B. ; R. DELMAS ; D. NGANGA ; B. CLAIRAC and J. FONTAN, 1988 : Seasonal trends of ozone in equatorial Africa, experimental evidence of photochemical formation. J. Geophys. Res., 93, 8355-8366
- 5 - CROS B. ; D. NGANGA ; A. MINGA ; J. FISHMAN and V. BRACKETT, 1992 : Distribution of tropospheric ozone at Brazzaville, Congo, determined from ozonesonde measurements. J. Geophys. Res., 97, 12869-12875
- 6 - DELMAS R. ; TATHY J.P. ; B. CROS, 1992 : Atmospheric methane budget in Africa. J. Atmos. Chem., 14, 6169-6179
- 7 - DELMAS R. et J.P. LACAU, 1992 : Programme DECAFE, bilan des actions de recherche 1992. Projets. 1993 proposés au programme Grands cycles biogéochimiques.
- 8 - FISHMAN J. ; K. FAKIHRUZZAMAN ; B. CROS : D. NGANGA, 1991 : identification of widespread pollution in the southern hemisphere deduced from satellite analyses. Science, 252, 1693-1696

- 9 - FONTAN J. ; A; DRUILHET ; B. BENECH ;  
LYRA R. and B. CROS, 1992 : The DECAFE  
experiments : overview and meteorology. *J. Geophys.  
Res.*, 97, 6123-6136
- 10 - IGBP, 1991 : Global Change System for analysis.  
Research and Training (START). Report n° 15, Ed., by  
J.A. Eddy, T.F. Mallone, J.J. McCarthy, and T.  
Rosswall, Boulder, USA
- 11 - LACAUX J.P. ; R. DELMAS ; G. KOUADIO ; B.  
CROS and M.O. ANDREAE, 1992 : Precipitation  
chemistry in the Mayombe forest of Equatorial Africa.  
*J. Geophys. Res.*, 97, 6195-6206
- 12 - LYRA R. ; A; DRUILHET ; B; BENECH ; C.  
BOUKA-BIONA, 1992 : Dynamics above a dense  
equatorial rainforest from the surface boundary layer to  
the free troposphere. *J. Geophys. Res.*, 97, 12953-  
12965
- 13 - SERCA D. ; R. DELMAS ; C. JAMBERT and L.  
LABROUE, 1993 : Emission of nitrogen oxides from  
soils of equatorial rainforest in Central Africa, soumis à  
Tellus.
- 14 - TATHY J.P. ; B. CROS ; R; DELMAS ; A.  
MARENCO ; J. SERVANT ; M. LABAT, 1992 : Methane  
emission from flooded forest in Central Africa. *J.  
Geophys. Res.*, 97, 6159-6158
-