

Modele de suivi transport

+ Complément

Fiche détaillée

Niveau ★☆☆

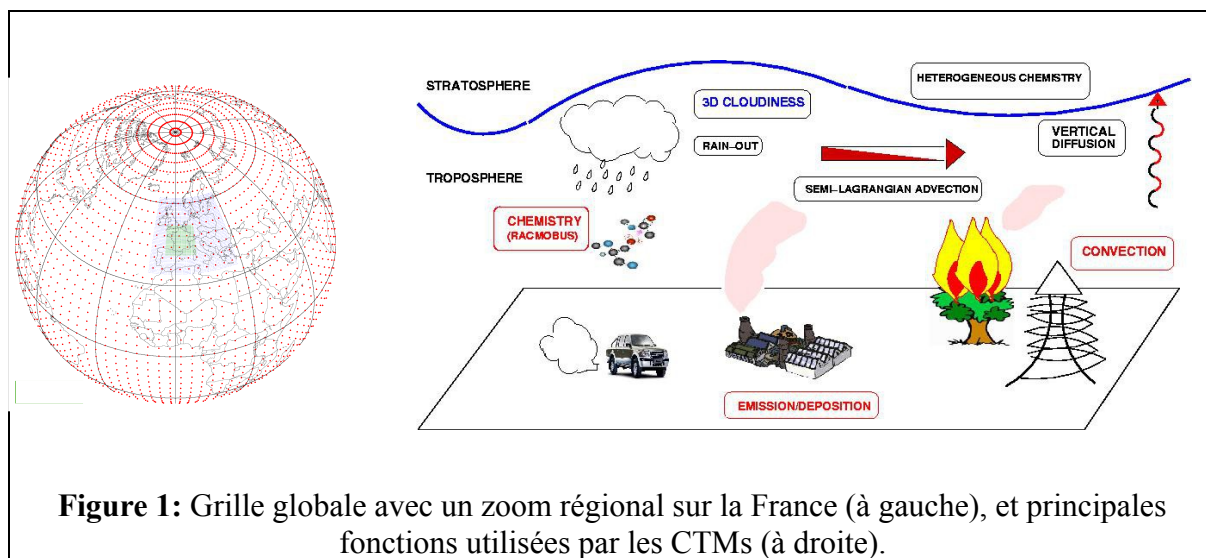
(A partir de la 4ème)

Définition

Un modèle numérique est composé d'un ensemble de processus physiques et chimiques, traduits sous la forme d'équations mathématiques ou de relations empiriques, résolues généralement de façon approchée à l'aide de moyens de calculs en constante évolution. Dans le domaine de la physico-chimie de l'atmosphère, les premiers modèles tridimensionnels ont vu le jour il y a une vingtaine d'années, en particulier les modèles de chimie transport. Ces modèles, plus connu sous leur nom anglais *Chemistry Transport Model* (CTM) sont capables de calculer les champs d'espèces chimiques en prenant en compte les paramètres thermodynamiques adéquats. Les CTMs "offline" utilisent comme conditions la thermodynamique (vent, température, pression, humidité) provenant d'autres systèmes de modélisation spécifique, et les sources d'émissions provenant de cadastres qui évoluent dans le temps (de l'heure au mois selon l'espèce chimique). Le fait d'utiliser ces paramètres sans les recalculer permet aux CTMs d'être relativement rapides.

Une importante finalité de la modélisation, notamment pour la recherche, est la vérification des hypothèses et de la connaissance de l'état de l'art, par confrontation des simulations numériques avec la réalité observée, à savoir des mesures qui peuvent être faites depuis des satellites, à partir de stations au sol, à l'aide de sondes, ou encore à l'aide d'avions instrumentés. La seconde est d'utiliser les CTMs à des fins de prévisions plus ou moins lointaines : de la prévision du temps chimique à quelques jours pour la qualité de l'air, jusqu'à la prévision sur plusieurs décennies pour le changement climatique. Enfin, les résultats des modèles sont également utilisés par les décideurs afin de mettre en place des solutions aux problèmes de pollution et de réchauffement climatique, par exemple.

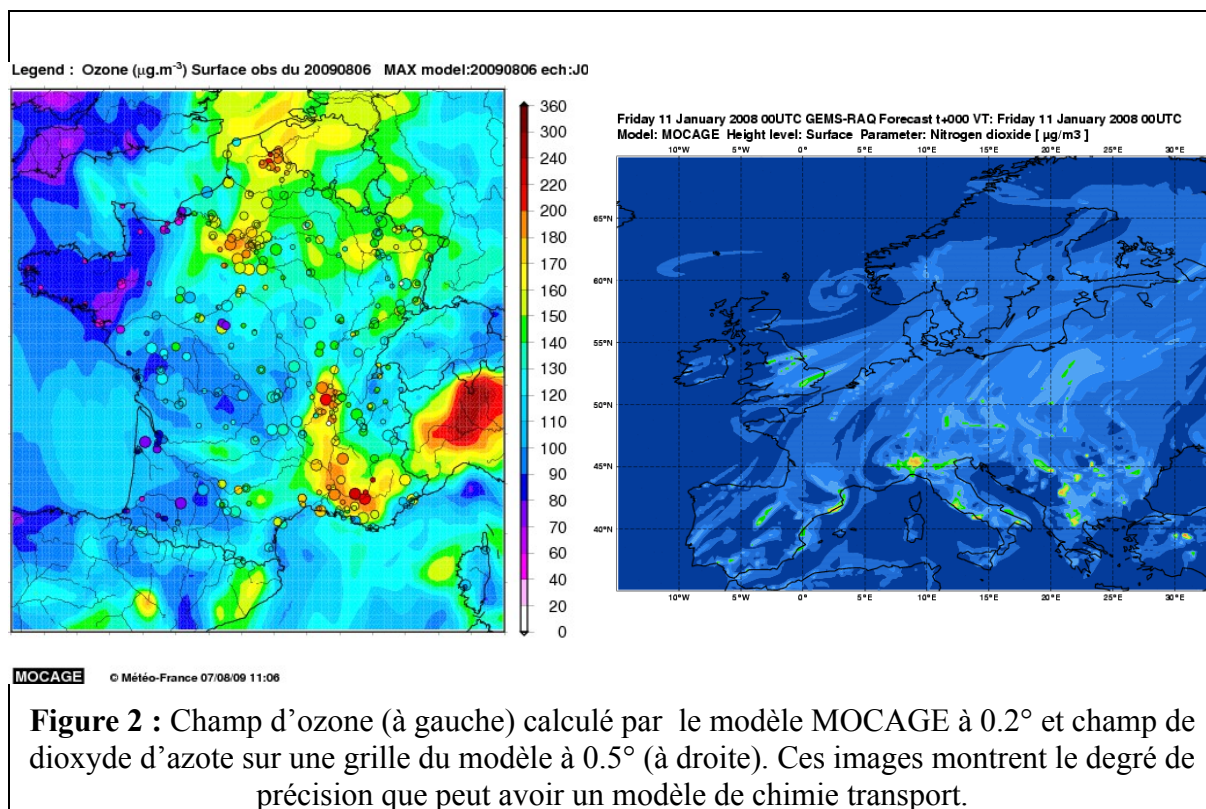
En France, trois modèles de ce type sont utilisés: MOCAGE (Modèle de Chimie Atmosphérique A Grande Echelle) (www.cnrm.meteo-France.fr/gmgec/), CHIMERE (www.lmd.polytechnique.fr/chimere) et INCA (Interaction Chimie Aérosols) (222.lsceinca.cea.fr). Les deux premiers modèles sont utilisés en mode recherche et opérationnel (www.prevoir.org), et délivrent des prévisions journalières des champs d'espèces chimiques en rapport avec la qualité de l'air (ozone, et dioxyde d'azote en particulier). Ces modèles ont des modes de fonctionnement équivalents, et nous proposons de présenter plus particulièrement le modèle MOCAGE (cf. Figure 1).



Le Modèle de Chimie Atmosphérique A Grande Echelle (MOCAGE)

MOCAGE est le modèle tridimensionnel de chimie-transport qui est le fruit d'une activité de longue date à Météo-France. Il s'agit d'un modèle global en point de grille traitant la troposphère et la stratosphère. Il est capable de simuler les interactions entre dynamique, physique et chimie dans la basse stratosphère et la troposphère, en prenant en compte de manière détaillée les processus photochimiques et le transport des espèces à plus longues durées de vie. Il permet de traiter jusqu'à 4 niveaux de grilles imbriquées à double sens, la définition des différents domaines étant flexible. La résolution horizontale du modèle va de 2° (200 km) à 0.02° (2 km). La configuration multi-échelle permet de couvrir un spectre très large d'applications depuis l'étude ou la prévision de la qualité de l'air (voir Figure 2), jusqu'aux simulations climatiques de très longue durée.

MOCAGE est un CTM "offline" : il utilise des champs météorologiques archivés issus de modèles de prévisions du temps, ou de modèles de climat. Les champs de vents horizontaux, de température, de pression et d'humidité proviennent du modèle ARPEGE, le modèle global de prévision numérique du temps de Météo-France. La vitesse verticale du vent est recalculée par MOCAGE pour s'assurer de la non divergence, et ainsi conserver la masse des constituants chimiques. MOCAGE recalcule également la nébulosité et l'humidité dans la stratosphère. Sur la verticale, dans sa version standard, MOCAGE possède 47 niveaux de la surface jusqu'à 5 hPa, avec 7 niveaux dans la couche limite atmosphérique. Il existe une version en 60 niveaux étendue dans la stratosphère jusqu'à 0.1 hPa.



Exemples d’applications avec un CTM

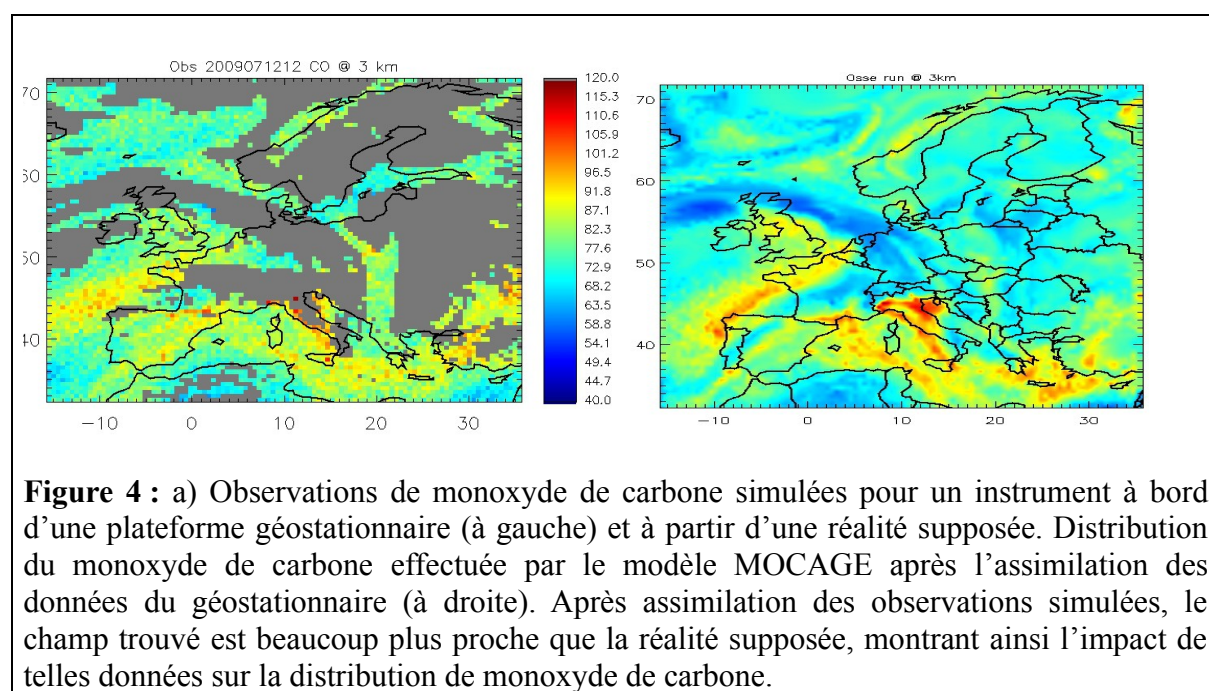
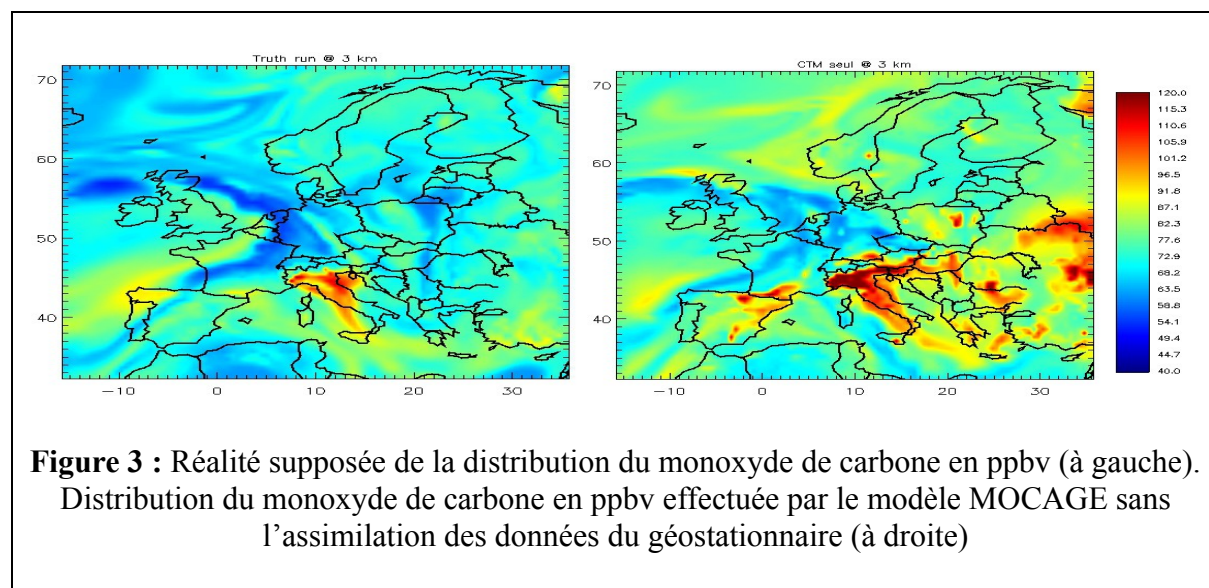
Du fait du coût en calcul informatique relativement raisonnable pour les CTMs, de nombreuses applications sont faites à la fois pour la recherche et dans le cadre d’actions opérationnelles ou exceptionnelles (suivi et prévision de panache nucléaire ou volcanique par exemple). Notamment, la combinaison d’observations avec les résultats du modèle, ou assimilation de données, permet d’avoir des champs d’espèces chimiques plus réalistes sur lesquels les scientifiques s’appuieront.

L’assimilation de données de chimie dans les CTMs

Depuis maintenant plus d’une dizaine d’années, il y a un véritable engouement pour l’assimilation des données de chimie utilisant les modèles de chimie transport. L’assimilation de données peut être considérée comme une interpolation sophistiquée des observations utilisant un modèle numérique pour corriger celui-ci, et compléter les zones non mesurables ou non mesurées par l’instrumentation. Cette technique permet donc de produire des champs d’espèces chimiques plus réalistes sur une grille plus facile à utiliser. Elle permet donc d’avoir la meilleure estimation du champ de l’espèce chimique assimilée avec les erreurs associées. Les acteurs de la recherche utilisent ces champs pour comprendre certains phénomènes mal représentés par les modèles et difficiles d’accès par la mesure et les prévisionnistes du temps chimique comme meilleur point de départ pour leur modèle de prévision. En pratique, toutes les observations de chimie peuvent être assimilées dans les CTMs, ce qui permet *in fine* d’avoir un large éventail d’intérêts scientifiques.

En particulier, cette technique permet de simuler l’apport à moindre frais d’observations faites par des instruments futurs et très coûteux, notamment satellitaire. Les figures 3 et 4 présentent les résultats d’une expérience d’observations de monoxyde de carbone simulées d’un instrument spatial techniquement faisable sur une plateforme géostationnaire future. Ces

figures démontrent l'impact positif qu'aurait de telles données sur les résultats de modélisation.



Suivi de panaches de pollution

De même, les CTMs sont fortement utilisés pour représenter le transport des panaches de pollution de longue distance sur le globe mais permettent de suivre et de prévoir l'évolution de traceurs inertes. Par exemple, l'explosion accidentelle de la centrale nucléaire de Tchernobyl a été suivie par le modèle (Figure 5). De même, MOCAGE était le modèle qui a suivi, pour la France, le panache de cendre provenant du volcan Islandais Eyjafjöll qui a fortement perturbé le trafic aérien en avril et mai 2010.

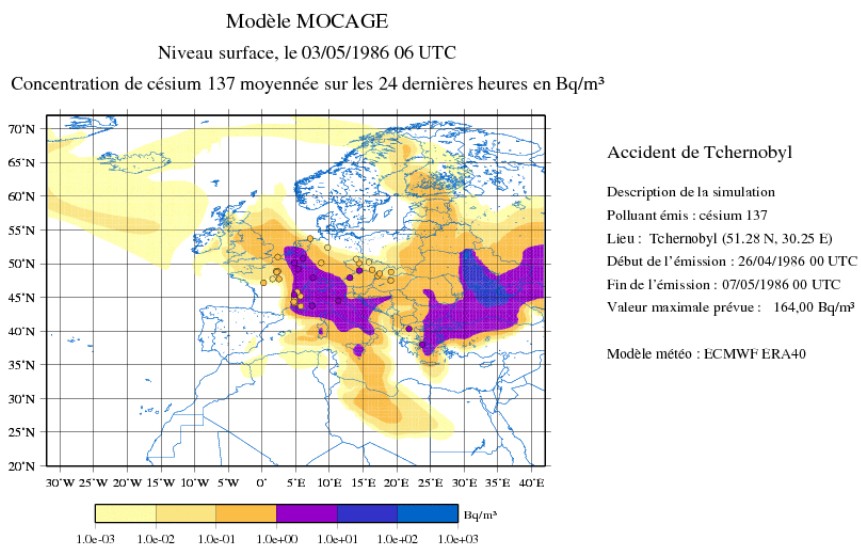


Figure 5 : Panache de césium 137 provenant de la centrale nucléaire de Tchernobyl après l'accident.