



Colloque international – 10 et 11 Oct. 2017 – Toulouse

Le climat a besoin d'Espace

QUESTIONS - REPONSES

Question : Ce matin le mot « *verification* » était employé avec beaucoup de précautions, je ne les retrouve pas dans le dernier exposé. Les politiques se montrent prudents quand ils parlent de vérifier, mais les scientifiques et opérationnels ont bien compris qu'il fallait être capable de faire des mesures précises pour peut-être vérifier les déclarations ? J'aimerais un éclaircissement.

S. Briggs : La situation simpliste qui voudrait qu'un observateur indépendant définisse si quelque chose est vérifié ou non n'est pas nécessairement souhaitable. Qui voudrait d'une organisation ayant cet impact sur des Etats souverains indépendants ? Je ne sais pas où cela nous mènerait. Ce qu'il faut bien comprendre c'est qu'il s'agit d'un enjeu international, non d'un enjeu national ni régional. Il faut voir comment les différentes estimations sont cohérentes vis-à-vis des observations internationales. Ce qui a été mentionné c'est la difficulté à avoir cette cohérence entre les différentes observations. Il s'agit aussi de savoir si les difficultés sont les mêmes aux différents niveaux. Mais c'est aussi l'intérêt d'avoir des sources d'informations intégrées, on peut ainsi bénéficier des différentes données et systèmes. A l'avenir, que pouvons-nous faire pour nous assurer qu'on a d'une part un panorama international bien compris et d'autre part des instances en mesure de bien évaluer leurs contributions (ce qui n'est pas toujours le cas) ? Certains pays développés ont des estimations très précises, qu'on ne peut pas améliorer à partir de données spatiales. D'autres ont des données de qualité insuffisante, parce qu'ils n'ont pas assez de données pour les générer. D'autres encore disposent de données très sophistiquées mais pas actualisées... Il est donc possible de faire beaucoup de choses sans arriver à un scénario où on jouerait les uns contre les autres, les décideurs contre les autres. On a vraiment besoin d'une approche intégrée, holistique, qui aidera aux négociations à l'avenir. Je ne pense pas qu'il faille voir cela comme un système dans lequel des pays seraient contrôlés par des organisations indépendantes, non.

Question : On a essentiellement vu les problèmes d'observation. Quelle est la situation concernant les modèles de prévision ? Parce qu'effectivement on ne peut pas observer en permanence, donc ça suppose de modéliser les vents en altitude, le mélange, etc. Quel est l'état des modèles dans la compréhension de ces phénomènes et dans quelle mesure ils sont réalistes par rapport à ce qu'on peut observer ?

F-M. Bréon : Les modèles de transport sont essentiellement des modèles météorologiques, ils fonctionnent donc en permanence. J'ai essayé de montrer qu'ils étaient peu précis. Aucun météorologue ne peut donner la vitesse du vent à 1 % près. Pourtant si je veux avoir une émission à 1 % près, j'ai besoin de la vitesse du vent à 1 % près. Aujourd'hui je ne l'ai pas.

M. Pircher : Vous dites que 50 % des données qui influent sur le climat viennent du spatial. Vous avez besoin, malgré les nuages, d'une continuité d'observation (après les satellites CloudSat, Calipso et autres). La mesure du CO₂ est importante mais elle ne permet peut-être

pas de répondre à une sous-question, qui serait celle de la vérification (mot litigieux en français dans son sens de vérification d'accord ou de validation). Les mesures de CO₂ paraissent intéressantes pour avoir une cartographie de la situation présente et à venir et des analyses de tendances, d'évolution, sur des zones plus ou moins grandes. En revanche la vérification depuis l'espace de ce qui sort d'une cheminée me semble un autre débat très difficile à mener. Par rapport à une observation indispensable des paramètres climatiques (la moitié venant de l'espace), aux besoins de continuité de mesures en observation, il m'apparaît aujourd'hui que la partie qui manque le plus est la revisite des mesures en continu, la continuité des observations, indispensable si les modèles ne permettent pas de remplir les trous. Un satellite qui fournit des mesures précises pendant deux ans ou trois ans puis s'arrête, vous sert-il à quelque chose ? Il faut peut-être démarrer un observatoire complet qui permette la continuité des mesures. Peut-être pas pour répondre à la question de la mesure depuis l'espace de ce qui sort de la cheminée, ça il y aura d'autres moyens de le faire, mais pour définir quelles sont les mesures nécessaires aux fameux 50 % de paramètres. Doivent-elles être en continuité permanente avec une revisite très fréquente ? Ou, grâce aux modèles, peuvent-elles être faites une fois de temps en temps avec précision, pour recalibrer un modèle d'évolution ? On regarderait par exemple la fonte des glaces tous les cinq ans, ferait des mesures extrêmement précises et dans 50 ans on aurait un bon film. Je n'arrive pas à voir, avec ce que vous nous avez exposé concernant les nuages et le CO₂, si on a besoin d'un observatoire continu, d'une revisite fréquente, ou si on peut faire un point tous les cinq ans très précis et qu'on extrapole.

S. Bony : Effectivement les observations spatiales sont utilisées pour différentes choses. Il peut y avoir un aspect étude de processus à partir d'observations spatiales pour lequel on n'a pas nécessairement besoin de vingt ans de données. En revanche il est très utile d'avoir beaucoup d'observations en même temps. L'A-Train était un très bon exemple, on disposait d'énormément d'observations en même temps, c'était très utile pour phaser tout le processus. Mais pour certaines choses on se rend compte maintenant qu'il y a aussi besoin de longues séries de données, pour la distribution verticale des nuages par exemple ; chose que je n'aurais pas dite il y a dix ans, parce qu'à l'époque on n'en était pas au point de compréhension d'aujourd'hui. De nombreuses questions se posent encore sur l'évolution à long terme des nuages ; on n'y répondra pas uniquement par l'étude de processus avec des données prises sur une courte période. Concernant les mesures de vapeur d'eau à basse troposphère, je ne suis pas certaine qu'il y ait besoin d'un long temps de données, si on avait des données très précises pendant un court laps de temps ce serait peut-être suffisant pour bien des choses. Mais pour l'observation des profils nuageux je pense de plus en plus qu'on a besoin d'une longue série temporelle.

F-M. Bréon : Je suis entièrement d'accord. Je voudrais ajouter un point concernant le suivi du carbone, mais qui peut probablement s'appliquer à la vapeur d'eau aussi : quelque fois on a besoin d'un événement météorologique particulier pour regarder son impact sur un processus. On a par exemple envie de regarder l'impact de la canicule de 2003 sur les flux de carbone en Europe, car ça nous donne une idée de ce qui se passera dans le futur dans le cadre d'un changement climatique ; l'été 2003 est un exemple de ce qu'on pourrait avoir chaque année en 2050. Ou alors on peut vouloir observer un événement El Niño parce qu'il a eu un impact très fort sur l'Amazonie. Par conséquent, plus la série temporelle est longue, plus il y a

de chance d'avoir des évènements de ce type, sur lesquels on n'a pas vraiment travaillé, qui permettent d'étudier l'impact d'un processus en particulier.

M. Pircher : Au-delà de la science qui veut observer et analyser l'impact de El Niño dans un modèle donné, la société a besoin de savoir s'il est nécessaire de mettre en place un observatoire continu pour connaître l'impact général vis à vis de l'activité humaine. L'idée est de constituer des observatoires spatiaux qui suivent les évolutions climatiques afin d'aider la société à prendre les bonnes décisions pour corriger les choses. Par rapport à la projection du climat, on a besoin de savoir si les actions prises ont un impact et à quelle échéance. Evidemment il y a toujours cette ambiguïté entre *verification* et vérification. Ce sont des décisions conséquentes, parce qu'un observatoire à 100 % de toutes les mesures climatiques depuis l'espace c'est quelque chose de lourd... Nous sommes là dans une problématique d'observatoire versus une mesure scientifique ponctuelle ; ce n'est pas du tout la même chose vu du citoyen moyen.

* *
*

M. Pircher : La question des aérosols est relativement nouvelle dans nos paysages. Mais nous faisons des mesures depuis longtemps. Vous voulez une continuité de données, et vous en avez eu, mais on observe des ruptures de mesures lors du changement de plateforme sur les Metop. Il faudrait qu'on sache inter-calibrer les instruments. Si avec le même type d'instrument, le passage d'une génération à l'autre modifie les données, ça risque d'être un problème !

M. Nabat : C'était des données assez anciennes, pas faites pour mesurer les aérosols au départ. Des efforts ont été réalisés pour reconstituer, mais visiblement sur certaines zones la reconstitution n'est pas parfaite.

M. Pircher : On est censé faire des instruments inter-calibrés, au moins entre eux, surtout sur un même véhicule.

P. Nabat : C'est la raison pour laquelle des projets comme le Climate Change Initiative (CCI) ont vu le jour. Le CCI visait à reconstituer une série homogène de données à partir de différents jeux de données satellites.

Question : Nous avons entendu à de nombreuses reprises que les mesures pouvaient être tuées par les biais. Il a été aussi question des exigences de plus en plus drastiques ou restrictives. Mais quelle définition donnez-vous au mot biais ? Pourquoi une erreur systématique, vraiment systématique et constante, est-elle si inquiétante pour détecter le CO₂ anthropogénique ? J'ai le sentiment que le biais n'est pas toujours constant. Est-ce quelque chose de variable ?

A. Dabas : Un biais constant n'est pas difficile à diagnostiquer, à retirer, ce n'est pas un problème puisque nous étudions des gradients. C'est en revanche un problème lorsqu'il y a une corrélation avec autre chose, lorsque nous avons par exemple des erreurs corrélées avec des aérosols ou l'albédo, la latitude, une saison ou une autre, on peut alors faire la confusion avec

un cycle saisonnier. Il faut faire attention lors de la pondération et du moyennage effectués ensuite.

Question : Concernant les aérosols, plusieurs satellites disposaient de différents capteurs. Parasol réalisait des mesures à différents angles avec la polarisation ; sur Calipso il y avait des mesures lidar, sur l'ATrain des mesures Modis. Des chercheurs ont-ils étudié les différents aspects apportés par ces divers capteurs ? Et de ces éventuelles investigations, quels besoins et exigences ont été déduits pour les prochains systèmes opérationnels ?

F-M. Bréon : De nombreuses études ont été faites sur la synergie potentielle entre ces trois instruments : Modis, Parasol et Calipso. Sur mer, on arrivait déjà avec Modis à faire énormément de choses relatives à l'épaisseur optique et un peu au type d'aérosol ; mais quand on a besoin d'une information sur la distribution verticale, un lidar est indispensable. Sur terre, Parasol, grâce à l'aspect polarisation et multidirectionnel, donnait les informations que n'apportait pas un instrument simplement multi-spectral comme Modis. C'est pourquoi, je pense, sur Metop un élément ressemblant à Polder sera lancé avec les 3MI.

P. Nabat : Beaucoup de travaux ont effectivement comparé ces différents capteurs, lesquels répondent à différentes questions. Modis on a apporté nombre d'informations sur l'épaisseur optique, Calipso a permis d'avoir des informations en 3D. Les nouveaux lidars, qui seront lancés avec Aerolus par exemple, donneront de nouvelles et meilleures informations sur les aérosols.

Question : Une chose m'étonne concernant la ceinture tropicale : nous disposons de 40 ans d'images grâce à Meteosat, leur exploitation ne nous donne-t-elle pas déjà une idée de l'évolution de cette zone ? de la quantité, de la fréquence et de l'effet possible sur l'albédo ? Même si ce sont des données relativement primaires, elles sont quand même à exploiter.

S. Bony : Nous exploitons déjà beaucoup ces données géostationnaires vieilles de 30 ans ou plus. Elles permettent effectivement de voir des déplacements géographiques de nuages, et dans certaines mesures des changements des fractions nuageuses pour certains types de nuages. Mais elles ne sont pas sûres pour tout ce qui est nuage bas. Or les nuages bas constituent une partie de la réponse qu'on cherche à contraindre pour le changement climatique. Depuis peu, on utilise ces données pour le changement d'organisation de la convection au cours du temps, par exemple, et on observe la capacité de la convection à s'organiser en gros amas au cours du temps. C'est très intéressant, on aimerait maintenant comprendre pourquoi cela se produit. En l'état actuel des connaissances, on pense que les mécanismes en jeu sont davantage dans la basse troposphère que dans la haute troposphère. Les simples données géostationnaires nous limitent un peu. Elles nous servent aussi pour évaluer les nuages dans les modèles, on a construit des simulateurs d'observation géostationnaire pour comparer de façon cohérente les modèles aux observations.

Question : Est-ce que, pour le vent, vous utilisez les orbites polaires ? Êtes-vous intéressés par les vents en 3D ?

A. Dabas : Bien sûr, nous nous y intéressons. C'est en cours de développement. Les tests devraient commencer aussi rapidement que possible.