

LMD **Z** info

la lettre des utilisateurs

du modèle de circulation générale atmosphérique

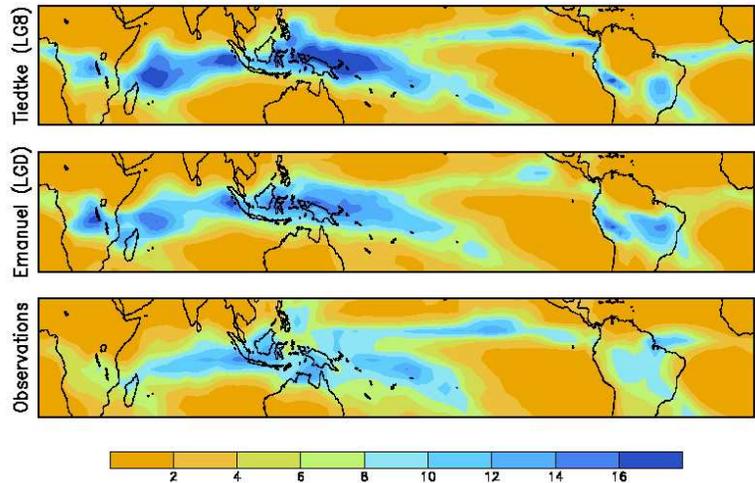
de l'Institut Pierre Simon Laplace

N° 2 Août 2002

Sommaire

1	Actualité	2
2	Evolutions du modèle et aspects informatiques	4
3	Applications climatiques	5
4	Etudes de processus	5
5	Végétation - hydrologie	9
6	Dynamique - transport	14
7	Chimie - aérosols - climat	14
8	Climatologie - méthodes de validation	15
9	Les planètes	18
10	Le coin débat	21

Contacts et Informations



L'image du jour : Précipitations de janvier observées (mesures micro-ondes du satellite MSU sur les océans et mesures au sol ou gauges sur les continents) et simulées avec le LMDZ/ORCHIDEE, en utilisant deux schémas de convection. Le schéma d'Emanuel renforce la convection sur l'Amazonie et l'Indonésie et réduit les maxima irréalistes à l'ouest des océans indien et pacifique.

Editorial - Un effort considérable a été consenti ces dernières années pour développer le modèle intégré de climat de l'IPSL. Si les affaires traceurs/chimie ont avancé rapidement, l'interfaçage avec les surfaces (ORCHIDEE pour les continents et ORCALIM pour l'océan) a été plus laborieux. Mais, depuis la fin de l'année 2001, ça tourne ! Au-delà des difficultés informatiques, le couplage des différentes composantes du système constitue un défi pour le modèle. On sait déjà que certaines imperfections du modèle atmosphérique découplé peuvent faire des ravages sur d'autres composantes (température de surface de l'océan, distribution d'ozone, etc...) et en retour sur le climat. Une motivation de plus pour revenir sur le contenu physique du modèle et la compréhension des processus sous-jacents. C'est ce qui est fait par exemple avec la paramétrisation de la convection nuageuse (c'est l'image du jour). Le passage de la paramétrisation de Tiedtke à celle d'Emanuel améliore la distribution des pluies (notamment la répartition entre continents et océans) avec des implications à la fois pour la météorologie, le couplage avec l'océan, le transport vertical des espèces chimiques et le lessivage des aérosols. On devine aussi le chemin qu'il reste à parcourir !

F.H

1 Actualité

Katia Laval cède sa place de Rédacteur Adjoint à Olivier Boucher

Je vous signale que je quitte la fonction de rédacteur adjoint de LMDZinfo car je n'ai pas le temps d'assurer ce rôle. Je me dois de demander des excuses à Soumya Jamili et Frédéric Hourdin qui ont mis au point ce numéro et que j'ai fait attendre trop longtemps: ceci car je voulais leur donner des corrections que finalement je n'ai pas eu le temps de formaliser. J'en profite pour vous faire part de mes réflexions: Il faut distinguer 2 types de LMDZinfo, et c'est peut-être à cause de cette ambiguïté que ce numéro ne me satisfait pas.

- l'un est un journal qui est la vitrine du modèle LMDZ. Il doit définir les progrès, les étapes essentielles du modèle. Les articles doivent correspondre à des évolutions certaines sur lesquelles chacun peut s'appuyer (et correspondre presque à du travail qui a donné lieu ou donnera lieu dans un délai court à une publication). Ce journal doit être court.

- l'autre est un journal d'information entre utilisateurs. Dans ce cas, on peut mentionner des travaux en cours, ou qui démarrent; on peut donner des conclusions préliminaires qui seront contredites après un travail plus en profondeur; on peut annoncer les réunions etc...

C'est plutôt dans ce cadre là que se situe le numéro présenté aujourd'hui même si certains articles sont des "produits finis". Il serait bon que cette ambiguïté soit levée car chaque formule s'adresse à un public particulier.

Remarque: définir le modèle global comme un ensemble de 3 sous-modèles indépendants est un travail de grande envergure et certainement plus complexe que d'introduire une paramétrisation d'un processus physique qui a déjà été développée et testée dans un autre MCG. Je ne trouve donc pas que les mois nécessaires à implémenter les interfaces ont été trop longs. Il fallait s'y attendre mais cet effort est un investissement à long terme.

Bonne chance à LMDZinfo

Katia Laval
Katia.Laval@lmd.jussieu.fr

Les réunions de l'année

Ces derniers mois ont donc été marqués par la mise au point du modèle couplé IPSLCM4 et les réunions LMDZ ont été un peu moins actives. En parallèle, l'activité a continué de croître autour de la version transport LMDZT et des planètes.

Nous reprenons ci-dessous des résumés de réunions. Les comptes-rendus complets, souvent un peu bavards, sont disponibles sur les archives des listes lmdz et lmdzt.

<http://www.lmd.jussieu.fr/~lmdz/CRs/>

Les points techniques discutés lors des réunions, et souvent repris d'une réunion sur l'autre, sont détaillés dans la rubrique sur les développements techniques.

Compte-rendu de la réunion LMDZ du 12 Juin 2001: "la couche limite en question"

La première partie de la réunion consistait en des présentations centrées autour de la couche limite.

- Alain Lahellec a présenté différents diagnostics effectués sur la couche limite de LMDZ.
- Ionela Musat a présenté un travail en cours sur le développement d'une base de données sur les stratus au large de l'Afrique en prévision de Picasso-Cena (rebaptisé Y-Cena).
- Frédéric Hourdin a présenté rapidement l'impact d'un changement de paramétrisation sur la prédiction des concentrations de traceurs en surface.
- Bérengère Dubrulle nous a emmenés dans des chemins éclairés de la théorie de la turbulence.

Aspects techniques

- . le fichier run.def.
- . l'écriture d'une interface pour les fichiers histoires.
- . les programmes d'initialisation.
- . la convergence des branches "historique" et "couplée".
- . le debug de la version vectorisée du schéma de Kerry Emanuel.

Compte-rendu de la réunion LMDZT réunion du 18 Juillet 2001

- David Le Croller nous a présenté son travail de DEA, encadré par Marie-Angèle Filiberti, sur l'implémentation du schéma PPM dans LMDZT et le test de différents schémas de transport.

- Philippe Ciais nous a fait un exposé sur les données Radon disponibles au LSCE.
- Marie-Angèle a fait le point sur la disponibilité des données ECMWF en format NetCDF à l'IDRIS et au CEA.

Différents points informatiques sont discutés :

- . le passage à Kerry Emanuel.
- . le besoin de sorties ponctuelles pour des campagnes d'observations.
- . la question de l'intensité de la convection dans les versions guidées.

Compte-rendu de la réunion LMDZT réunion du 9 Octobre 2001

Réunion d'une journée, impressionnante par le nombre de participants, une trentaine, dont presque tous utilisent LMDZ ou LMDZT.

Présentations scientifiques :

- Susanne Bauer : Minatroc, couplage chimie aérosols. Résultats préliminaires.
- Line Jourdain : Eclairs et Nox ; bon cycle saisonnier des éclairs et des Nox.
- Didier Hauglustaine : chimie INCA ; succès et déficiences ; le problème des échanges tropo-strato.
- Abderrahmane Idelkadi : Zoom sur l'Europe, ETEX et Radon ; ça marche bien.
- Mykola Gusti : Transcom 1 avec LMDZT ; gradients hémisphériques un peu faibles "rectifier effect" faible ce qui est plutôt réaliste.
- Olivier Boucher : Cycle du soufre. Ça commence à bien marcher. Un certain nombre de publiés en cours.
- M. S. Reddy : Cycle du soufre et Indoex. Simulations multiaérosols.
- Christophe Genthon : Temps de transit des masses d'air vers l'Antarctique ; diagnostic original ; raccourcissement du temps en climat glaciaire.
- Marie-Angèle Filiberti : Schémas d'advection. PPM encourageant mais peut-être pas suffisant ; encore du pain sur la planche.
- Yves Grillon : utilisation opérationnelle de LMDZT pour la surveillance des essais nucléaires.

Les discussions ont porté sur :

- . définition de publications de référence sur LMDZT.
- . technique de guidage.
- . demande vis-à-vis des données des réanalyses ERA40. La demande est forte et il faut sans doute récupérer à la fois des données sur des niveaux standards et sur les niveaux modèle.
- . point sur les schémas d'advection et Kerry Emanuel.
- . sorties.

Compte-rendu de la réunion LMDZ du 17 Janvier 2002

Présentation des nouvelles simulations LMDZ/ORCHIDEE

- . LMDZ/ORCHIDEE tourne et Laurent Fairhead a effectué plusieurs simulations AMIP. Se reporter à <http://www.lmd.jussieu.fr/~lmdz/Atlas.html>
- . la version 4 vectorisée du schéma d'Emanuel tourne.
- . bonnes précipitations tropicales avec la convection d'Emanuel V 3 et 4.
- . forçage radiatif des nuages trop faible dans le visible.
- . biais froid à la tropopause.

Décisions

- . simulations de réglage avec Emanuel V3 sur des SST moyennes et des simulations de 2 ans (Ionela Musat).
- . Jean-Yves Grandpeix et Sandrine Bony s'occupent de faire une version d'Emanuel avec les développements LMD de V3 à partir de la version vectorisée V4.
- . Ionela Musat et Patrick Brockman redéveloppent un atlas à partir des outils de Patrick.
- . Pascale Braconnot relance les discussions sur la conservation de l'énergie.

Création de deux listes mails de discussion :

```
lmdz_clim@lmd.jussieu.fr :
    réglage de la climatologie.
lmdz_conserv@lmd.jussieu.fr :
    conservation de l'énergie.
```

Si vous êtes intéressés, envoyez un mail à major-domo@lmd.jussieu.fr avec comme contenu sub lmdz_clim ou sub lmdz_conserve (ou les deux pour les acharnés).

<http://www.lmd.jussieu.fr/informatic/jussieu/listes/lmdzt/lmdzt.html>

Frédéric Hourdin
Frederic.Hourdin@lmd.jussieu.fr

2 Evolutions du modèle et aspects informatiques

Evolutions informatiques récentes

Point sur les versions de travail du code LMDZ

La gestion du code LMDZ par CVS nous permet de travailler sur plusieurs versions du code tout en gardant des versions de référence. En ce moment, il existe 3 versions concurrentes du code LMDZ.3.3

(voir http://www.lmd.jussieu.fr/~lmdz/LMDZ.3.3/emploi_cvs.html) :

- une version de travail “historique” sur la branche principale de LMDZ.3.3, utilisée par la communauté traceurs/chimie
- une version officielle émanant de cette branche principale, validée et gelée dont seuls les bugs sont corrigés
- une version de travail “couplage” sur une branche parallèle, utilisée pour les tests d’interface aux surfaces

Les versions de travail “historique” et “couplage” sont appelées à converger à plus ou moins court terme. Un travail de phasage de la version “couplage” par rapport à la version “historique” a déjà été effectué.

Interface atmosphère - surfaces

Comme promis dans le numéro 0 de LMDZ-info, nous revenons sur le gros “chantier” informatique en développement depuis février 2002, le raccordement de LMDZ et des schémas de surface.

Le problème posé par le couplage de l’atmosphère avec la surface porte sur la façon de conserver les flux aux interfaces, la résolution du modèle atmosphérique étant telle qu’une maille atmosphérique peut se trouver superposée à différents types de surface (continent, océan, glace de mer, glaciers). La solution retenue dans LMDZ pour répondre à ce problème a été de calculer séparément, par type de surface, les échanges entre la maille atmosphérique et les différentes surfaces au-dessus desquelles elle se trouve puis de moyenner ces échanges en fonction des fractions de surfaces vues par la maille atmosphérique. Une fois cette séparation effectuée dans les calculs de la couche limite (travail qu’avait développé L. Li), il est “naturel” de placer l’interface avec les différentes surfaces à cet endroit du modèle, au bas de la couche

limite. La figure 1 présente de façon schématique la solution retenue.

Bien que la routine de couche limite de LMDZ.3.3 prenne déjà en compte les différentes sous-surfaces, il nous a quand même fallu procéder à une réécriture de la formulation du calcul des flux à l’interface (J.-L. Dufresne) pour pouvoir déplacer tout le traitement de l’interface avec la surface dans un nouveau module développé pour l’occasion : `interface_surf.F90`. Nous en avons aussi profité pour faire le ménage dans la partie “physique” de LMDZ en déplaçant tout ce qui pouvait concerner le traitement de la surface, et qui se trouvait éparpillé un peu partout dans le code, dans cette routine. Ce nouveau module d’interface du modèle, développée en fortran 90, est constitué de différentes routines permettant : le forçage du modèle par les fichiers habituels de conditions aux limites, le couplage avec une végétation de type “bucket” ou un modèle complet de végétation comme ORCHIDEE, le couplage avec un modèle d’océan. Des couplages avec des modèles de glacier ou de glace de mer indépendants sont aussi prévus. Ce module est assez souple et portable pour pouvoir être adapté facilement à d’autres types de couplages ou d’autres modèles de surface. Cette nouvelle interface est prête depuis l’été 2001 et est en test, tant en couplé “océan” qu’en couplé “végétation” depuis. On comprendra facilement que le débogage de ce type d’interface est assez ardu compte-tenu de la destruction des grilles et des différentes composantes de surface en jeu. On trouvera plus loin dans ce journal des résultats de ces différents tests.

Autres évolutions effectuées ou prévues

Un certain nombre de décisions concernant les aspects informatiques et techniques de LMDZ ont été prises lors des dernières réunions LMDZ/LMDZT. En particulier :

- `run.def` : l’unique fichier de configuration `run.def` est remplacé par plusieurs fichiers, chacun configurant une partie du modèle. Ce remplacement est déjà effectif dans la branche couplée où l’on trouve les fichiers `gcm.def`, `physiq.def`, `orchidee.def` configurant les parties dynamique et physique du modèle et le modèle de surface continentale ORCHIDEE.
- initialisation du modèle : les deux programmes de créations de fichiers d’états initiaux de conditions aux limites sont fondus en un seul programme (`create_etat0_limit.F`) afin d’utiliser le même masque terre/océan. De plus, une nouvelle interpolation barycentrique développée par R. Sadourny et P. LeVan est incorporée au nouveau programme ; elle permet de meilleures performances sur les grilles fortement zoomées.

Maille atmosphérique

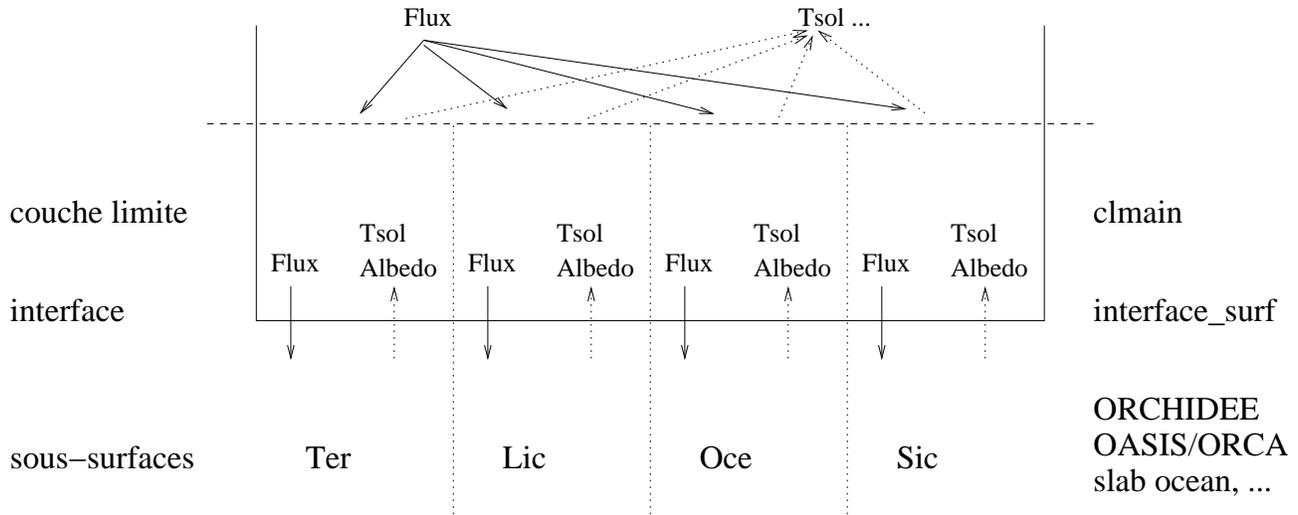


FIG. 1 – Schéma de la solution retenue pour le couplage d'une colonne "physique" du modèle LMDZ avec les différentes sous-surfaces : continents (Ter), glaciers continentaux (Lic), océans libres (Oce) et glace de mer (Sic)

• écriture d'une interface simplifiée pour les fichiers histoire: le besoin d'une telle interface se faisant sentir, un premier travail a été effectué permettant de définir et d'écrire un champ à l'aide d'un appel unique à une routine. Cette interface simplifiée marche pour la plupart des champs mais bute sur des limitations IOIPSL/Netcdf dans certains cas (sorties de valeurs instantanées, par exemple). Plusieurs solutions sont à l'étude.

Comment contacter les développeurs

Nous rappelons qu'il existe une adresse électronique permettant de faire remonter aux développeurs de LMDZ les informations, petits soucis et souhaits :

`lmdz-dev@lmd.jussieu.fr`

Laurent Fairhead
Laurent.Fairhead@lmd.jussieu.fr

3 Applications climatiques

Aucune ...

4 Etudes de processus

Introduction

Il ne s'agit pas ici précisément d'étude de processus, mais d'un plaidoyer pour la définition de sorties complémentaires aux atlas des runs climatologiques, couplés ou non.

Avec ces atlas, on a accès aux principaux résultats climatologiques, les processus sous-jacents se traduisant par leur impact global sur ces résultats, mais leurs signatures plus fines étant filtrées par les moyennes (mensuelles) effectuées.

Ce petit article se propose de donner quelques illustrations de ce que l'on peut envisager, le lecteur étant renvoyé à sa propre imagination pour en proposer d'autres. Il serait alors possible de définir conjointement quelques sorties standards complémentaires aux atlas pour les différentes études collaboratives.

• Cycles diurnes

Une analyse au fil du temps constitue certainement un complément drastique aux résultats en moyennes mensuelles, mais trop coûteux en ressources de stockage. On peut alors penser à déterminer un certain nombre de régions caractéristiques vis-à-vis d'un phénomène donné et à étudier leur cycle diurne.

La figure 2 est un zoom sur quatre jours d'un HovMuller sur la région Wamp (14N;20W-40E). On voit un événement précipitant par jour de juillet (précipitation convective), qui démarre vers 16h, heure locale, avec une légère propagation vers l'Ouest à partir du maximum sur le Sahel (10W-5E). Les lignes noires obliques (bilan CLO au sol) indiquent la trace du soleil, le temps du diagramme étant le temps local à 20W. On voit ainsi que la convection suit principalement l'éclairement, mais démarre un peu plus tard à l'Est qu'à l'Ouest.

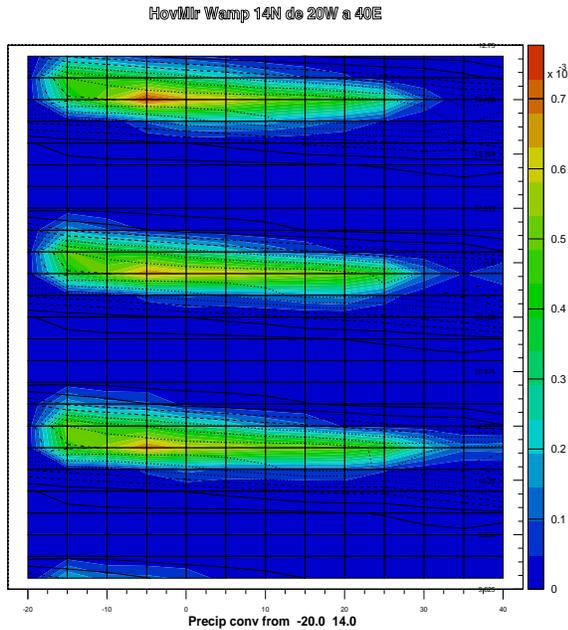


FIG. 2 – Evolutions sur 3 jours des précipitations convectives simulées avec la version KE V2 de LMDZ à 14N entre 20W et 40E)

- Cycle diurne moyen en profil

L'illustration suivante (Figure 3) concerne un seul point de grille situé au large de la Basse Californie (région de l'expérience FIRE 87). Le diagramme montre le cycle diurne mensuel moyen du profil de la fraction nuageuse des huit premiers niveaux du modèle. On a opposé les résultats de trois simulations différentes, avec, de droite à gauche et de haut en bas : pas de modèle de convection, le schéma de Tiedke, et enfin le modèle de Kerry Emanuel dans la version développée au laboratoire (KE V2). On peut constater que Tiedke a asséché la couche limite, et que l'effet de KE V2 a été de déplacer l'eau des niveaux 5-6 (1500-2400m) au niveau 3-4 (500-900m), sans modifier la position du minimum vers 16h, heure locale - phasage effectivement observé sur la région.

- Diagramme modal

Au même point de grille, la figure 4 montre une autre forme encore d'analyse du cycle diurne - ici,

de la hauteur de la couche limite. Le temps local est en abscisse, le jour du mois en ordonnée. On a ainsi, sous une forme compacte, à la fois le cycle diurne d'une grandeur et sa modulation sur un mois, dans un diagramme que l'on peut appeler "modal", car il donne la modulation (selon l'axe y) d'un mode (ici un cycle diurne, selon l'axe x). On peut ainsi voir un cycle diurne assez régulier en amplitude, mais fortement modulé par un signal de ~ 15 jours.

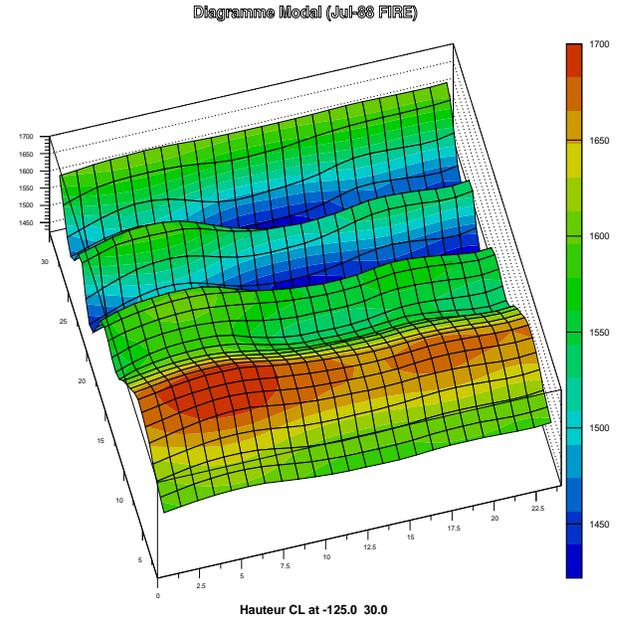


FIG. 4 – 30 cycles diurnes de la hauteur de couche limite sur FIRE

On pourrait préférer un seul cycle diurne moyen par région et accoter ces cycles - pour obtenir un diagramme comparatif, de forme analogue.

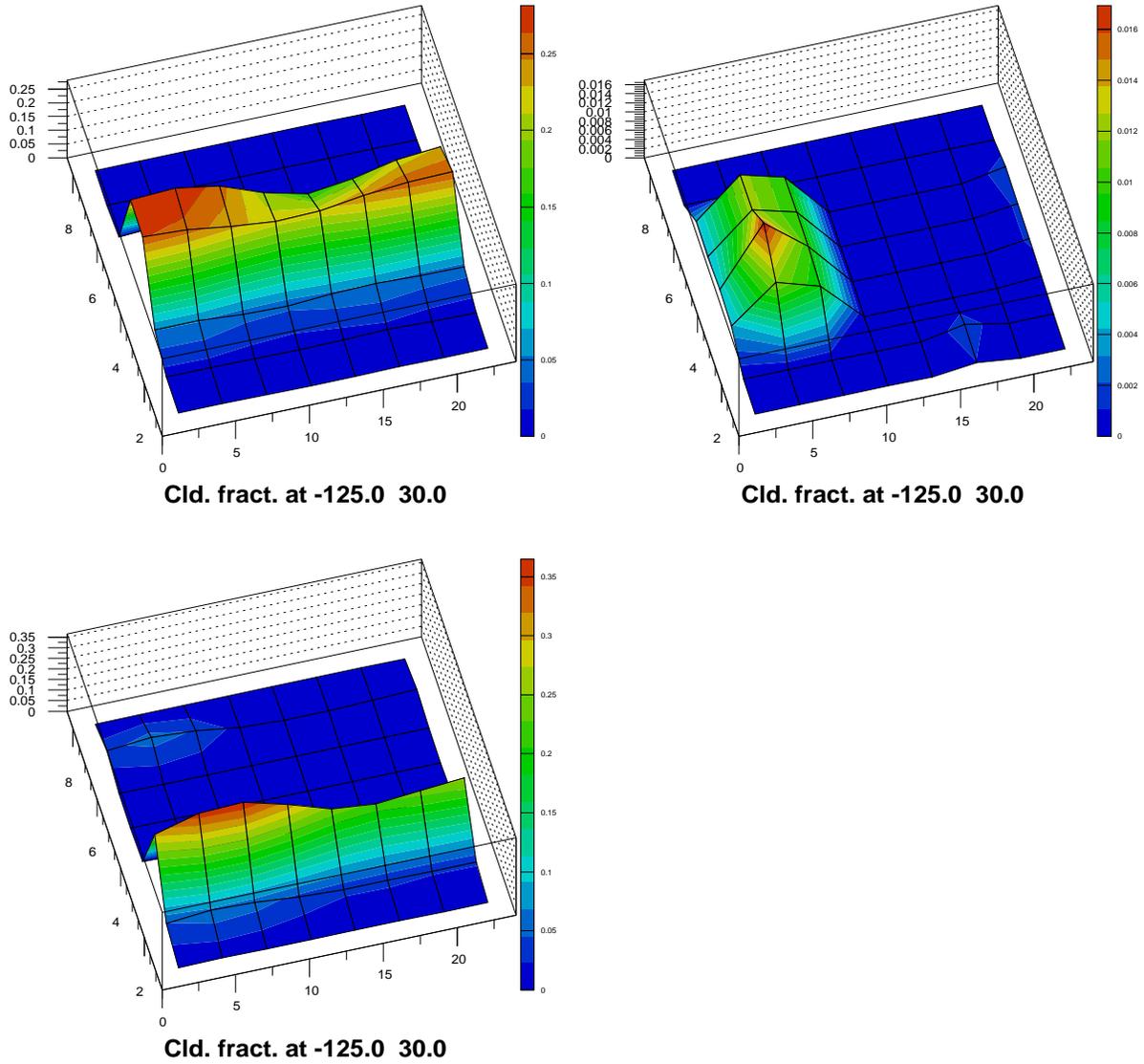
- Coupe particulière

Autre illustration de type chirurgical : on étudie l'effet de KE V2 sur les transitions nuageuses le long d'une coupe FIRE - Equateur, passant par Hawaï (-160 de longitude sur l'axe des x). La fraction nuageuse moyenne de 18 niveaux du modèle montre une transition Strato-cumuli à l'Est jusqu'aux formations convectives de la bande de convergence intertropicale (ITCZ), avec une région de convection peu profonde vers Hawaï. La coupe est réalisée le long d'une bande de trois mailles pondérées (Figure 6).

- Phases de la convection profonde

Une dernière illustration est donnée par les figures 5, qui comparent les phases du déclenchement de la convection profonde entre les modèles de Tiedtke et KE V2. On peut ainsi constater que la convection démarre en général plus tard avec KE V2, ce qui est bien mais pas encore suffisant. Sur les

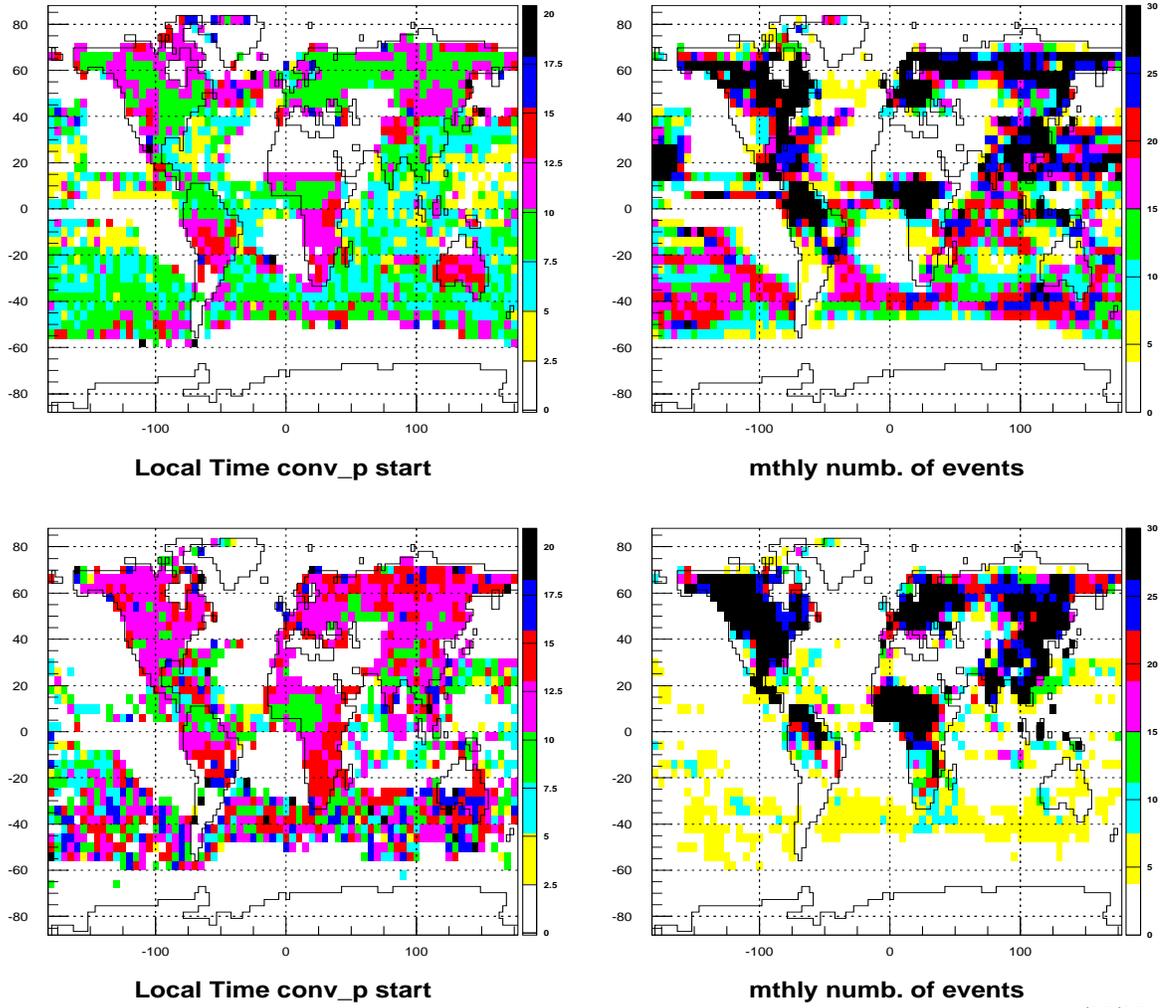
Comp NoC / Tdke / KE (Jul88)



25/10/01 19.10

FIG. 3 – Comparaison des cycles diurnes moyens des fractions nuageuses pour trois simulations sur FIRE ; de gauche à droite et de haut en bas : sans modèle de convection, Tiedtke, Kerry Emanuel. Les axes sont à l'heure locale en abscisse et le niveau du modèle en ordonnée.

Convection Tiedke / Kerry Emanuel (Jul-88)



14/02/02 18.51

FIG. 5 – Comparaison de modèles de convection profonde (Tiedke en haut, KE V2 en bas)

bassins océaniques, Tiedtke déclenche un événement par jour sur l'ITCZ, alors que KE V2 donne des événements sur plusieurs jours d'affilée, ou sur de plus longues durées en général en dehors de l'ITCZ.

En résumé, ces quelques illustrations ont pour but de montrer l'avantage d'un outil permettant de conserver des informations "à la demande" pour des études ciblées, à un coût non prohibitif. En simulation standard, on peut penser à définir quelques vérifications standards du comportement dynamique de quelques grandeurs en certaines régions, et, suivant les objectifs, des caractérisations dynamiques de phénomènes climatologiques. Les diagrammes précédents ont été obtenus en utilisant des logiciels développés au CERN: HBOOK pour la gestion des données - histogrammes 1 et 2D, et PAW pour les sorties graphiques. Pour fixer les idées, avec une centaine de diagrammes (60 diagrammes modaux, 30 HovMuller et les 4 atlas) sur trois mois de simulation tiennent en 1.5 Mo disque. Nul doute qu'avec la fulgurante avancée de l'informatique moderne, il doit être possible de trouver un logiciel équivalent qui pourra faire la même chose sans occuper beaucoup plus de trois ordres de grandeurs supplémentaires de mémoire ...

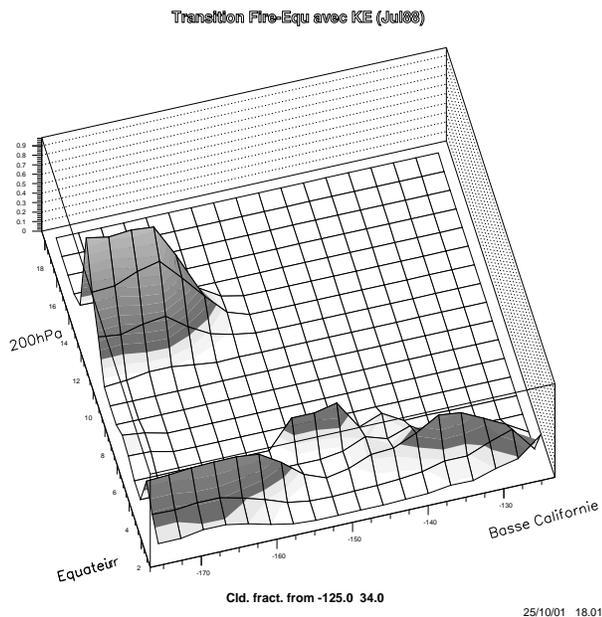


FIG. 6 – Coupe de transitions nuageuses

Alain Lahellec
Alain.Lahellec@lmd.jussieu.fr

5 Végétation - hydrologie

Introduction

Quelques nouvelles avant de céder la place aux résultats de travaux récents et à la présentation des nouveaux arrivants. Tout d'abord, j'ai récemment été nommée "représentante" du modèle ORCHIDEE au comité scientifique du Pôle de Modélisation de l'IPSL (CSPOLE). Donc, si vous souhaitez faire passer un certain nombre de messages/requêtes au CSPOLE, n'hésitez pas à me contacter et je ferai au mieux pour qu'elles soient prises en considération. D'autre part, sur la demande express de ce même CSPOLE, des réunions ont commencé à se mettre en place, autour du modèle ORCHIDEE. Ces réunions ne sont pas encore régulières mais le deviendront petit à petit, je l'espère. Elles sont organisées par Nicolas Viovy et moi-même, et sont accompagnées de comptes-rendus en principe rendus publics sur le Web de l'IPSL. Si toutefois vous aviez un problème pour y accéder, n'hésitez pas là encore à me contacter. Lors de la première de ces réunions (2 en tout pour le moment), nous avons fait le tour des projets scientifiques acceptés et dans lesquels un certain nombre de simulations ou développements seront réalisés avec ORCHIDEE. Je vous en donne ici la liste, avec le nom des responsables de chacun des projets. Si vous avez des questions particulières concernant un ou plusieurs de ces projets, n'hésitez pas à contacter le responsable. Projets acceptés :

- ▶ GREENGRASS (responsable LSCE : Nicolas Viovy), projet européen. Il s'agit d'établir le bilan carboné de quelques sites de prairie et de proposer une gestion optimale pour une meilleure utilisation / conservation des stocks de carbone sur ces sites.
- ▶ CARBONATOR : une cellule quasi-opérationnelle de suivi et d'assimilation du CO₂ est en cours d'élaboration (analogie avec MERCATOR. Responsable LSCE : Philippe Ciais).
- ▶ CARBOREGION (responsable Labo. Ecologie, Systématique et Evolution: Eric Dufrêne). Projet financé par l'ACI "Ecologie Quantitative".
- ▶ ATEAM, projet européen (responsable LSCE : Pierre Friedlingstein). Il s'agit d'étudier l'impact de l'historique du développement des zones agricoles, en Europe, sur le bilan de carbone.

Nathalie de Noblet, LSCE
noblet@lsce.saclay.cea.fr

Les zones agricoles dans ORCHIDEE

Nous étudions au LSCE en collaboration avec l'INAPG l'impact de l'agriculture sur les flux d'eau et de carbone en Europe. Pour mener à bien ce travail, nous utilisons deux outils :

- ORCHIDEE, modèle de biosphère conçu pour les plantes naturelles. Il peut s'utiliser à toutes les échelles spatiales, du local au global.
- STICS modèle agronomique empirique développé par Nadine Brisson de l'INRA d'Avignon (Brisson et al 1998). STICS a été conçu pour prévoir le développement et surtout le rendement pour les principaux types de cultures. Il est plus particulièrement adapté à l'échelle locale.

Nos cultures sont des plantes bien particulières, distinctes de leurs homologues (améliorations génétiques, fertilisation azotée, irrigation, ...). Comment représenter ces différences? Une première approche consiste à comparer ORCHIDEE avec STICS sur des sites où STICS a été validé, donc considéré comme fiable.

Prenons l'exemple d'un site de blé sur Grignon (Figure 7), le cycle phénologique d'ORCHIDEE est beaucoup plus long et centré sur l'été. Comment expliquer ce déphasage? Le blé est une culture d'hiver qui est semée en automne, pousse peu pendant l'hiver, mais par contre est prête pour démarrer rapidement au début du printemps (en mars). Elle sera récoltée au tout début de l'été. ORCHIDEE représente le cycle phénologique d'une prairie naturelle. Contrairement à une prairie naturelle, une culture est monospécifique. Une prairie naturelle est constituée d'une association d'espèces qui auront chacune leur cycle saisonnier. Chacun de ces cycles sera déphasé des autres. Le cycle phénologique résultant est donc plus long. Sur les cultures, les sélections génétiques successives ont favorisé un cycle court et un développement rapide des feuilles. La croissance d'une culture dépend non seulement des conditions climatiques, mais aussi de l'itinéraire technique appliqué (date de semis, fertilisation, irrigation, variété).

La courbe du LAI est intégrative de ces données de forçage anthropique délicates à prendre en compte directement dans ORCHIDEE. C'est pourquoi nous avons décidé de forcer ORCHIDEE par le LAI calculé par STICS. Dans ce cas, la biomasse simulée est-elle réaliste? Non, elle est sous-estimée (Figure 7). L'apport d'azote du fait des engrais va augmenter la teneur en azote des feuilles. On peut rendre compte de cette augmentation en modifiant les paramètres V_{cmax} (vitesse de carboxylation) et V_jmax (régénération de la Rubisco) du modèle de Farquhar (1980). On reproduit ainsi l'augmentation du rende-

ment de la photosynthèse observé.

Nous avons aussi augmenté le coefficient d'extinction de la lumière dans le couvert, pour représenter les couverts denses. En tenant compte de ces modifications, les courbes de biomasses aériennes de deux modèles s'ajustent. Cette nouvelle version a été validée sur d'autres sites (maïs, blé de printemps, blé stressé en azote). Dans le cas du blé stressé en azote, la concentration en azote dans les tissus de la plante, (donc le V_{max}) va diminuer. Pour représenter cette baisse, on multiplie le V_{max} par le stress azoté calculé par STICS. De plus, ce travail a permis de corriger quelques bugs dans la version actuelle.

Les processus représentatifs des cultures sont spécifiques à ce type de plante et la solution la plus simple consiste à coupler STICS et ORCHIDEE. Sur la figure 8 est présenté le schéma du couplage GCM - ORCHIDEE - STICS. Chaque jour, les variables échangées d'ORCHIDEE à STICS sont climatiques, alors que seront transmises de STICS à ORCHIDEE, des variables qu'ORCHIDEE ne calcule pas (la hauteur du couvert, le profil racinaire et le stress azoté) ou mal (le LAI). ORCHIDEE a été conçu pour fonctionner avec un GCM. Il possède un cycle diurne du bilan d'énergie et des flux (eau, CO_2) à échanger avec l'atmosphère. C'est donc lui qui va assurer l'interface avec l'atmosphère.

Les tableaux d'itinéraires techniques sont lus directement par STICS. Si certaines données manquent, elles peuvent être calculées par STICS à l'exception de la date de semis. Nous allons rechercher un calendrier à grande échelle sur l'Europe des dates des semis. Ce paramètre est particulièrement important, surtout pour les cultures de printemps: si la date de semis est retardée, le cycle phénologique sera déphasé et écourté, avec des conséquences sur le rendement. Des variables comme la biomasse, la température de surface, la transpiration sont calculées de façon indépendante par les deux modèles. Des différences calculées entre les deux modèles trop importantes soulignent une divergence qu'il faudra à tout prix détecter et expliquer.

Sébastien Gervois, LSCE, étudiant en thèse
sous la responsabilité de Nathalie de Noblet
et d'Alain Perrier (INAPG)
gervois@lsce.saclay.cea.fr

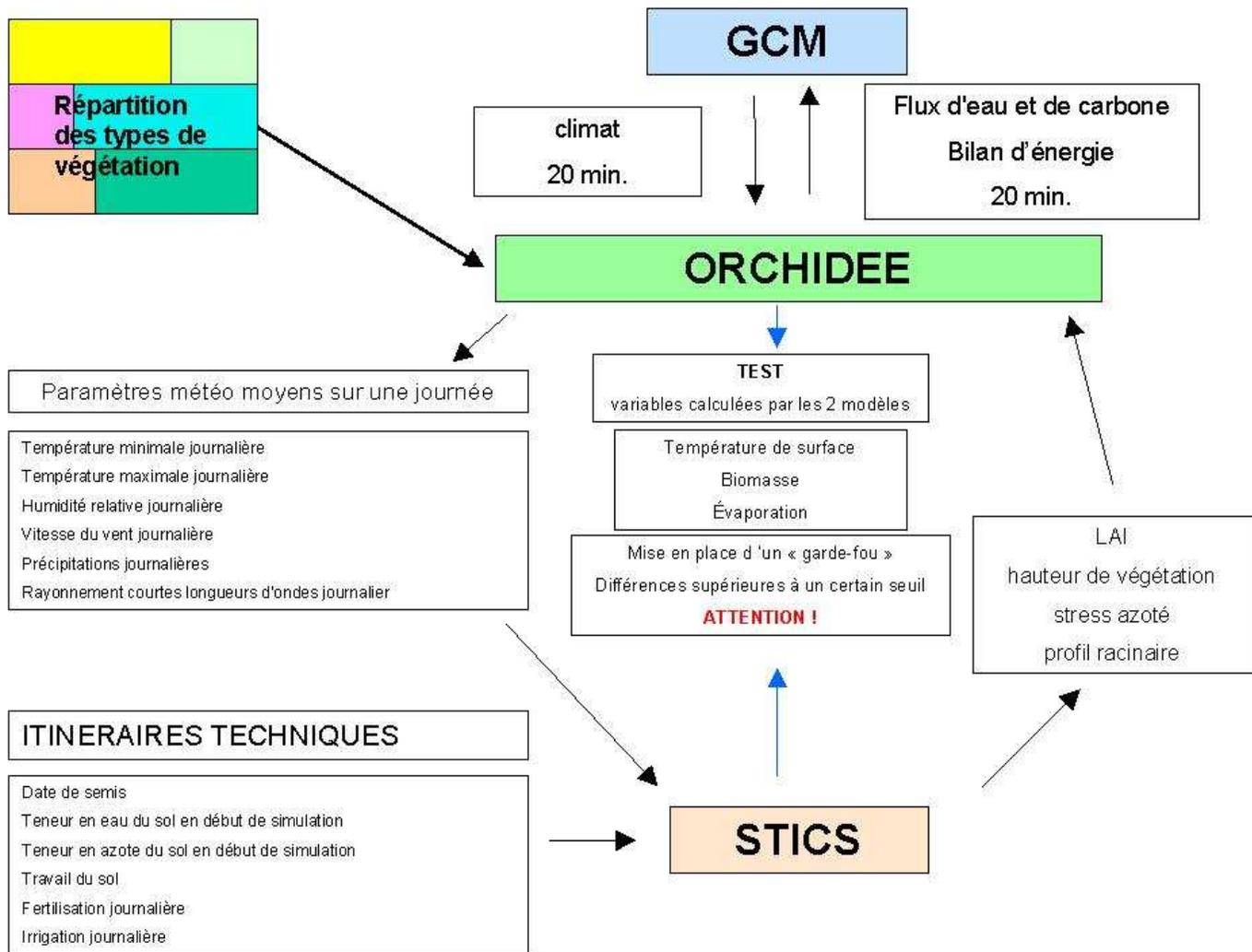


FIG. 8 – Schéma du couplage GCM/ORCHIDEE/STICS

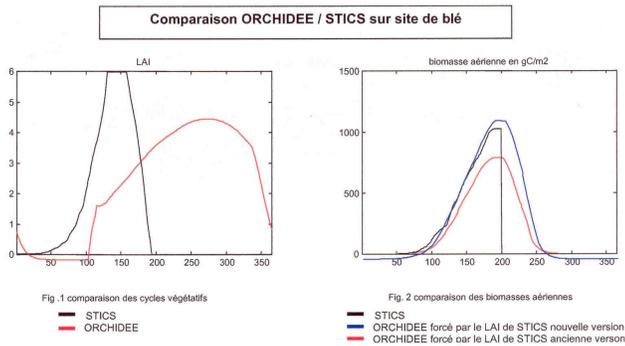


FIG. 7 – Comparaison ORCHIDEE/STICS En abscisse, les jours de l'année.

Assimilation de mesures de télédétection dans le modèle ORCHIDEE

Nous avons développé une méthode originale pour l'assimilation de mesures de télédétection dans le modèle ORCHIDEE. L'objectif est d'améliorer les prédictions du modèle ORCHIDEE (en particulier par une meilleure représentation de l'hétérogénéité spatiale grâce à l'observation satellite). L'assimilation est probablement l'approche la plus prometteuse pour la combinaison des mesures satellites et des modèles. En effet elle permet de combiner l'information a priori du modèle avec l'observation. Pour des applications à grande échelle les techniques variationnelles sont complexes à mettre en œuvre car elles nécessitent la définition du modèle adjoint d'ORCHIDEE. On propose ici une approche séquentielle basée sur la notion de filtres de Kalman ensemble étendu. Le principe est de simuler à l'aide du modèle une observable de la télédétection (ici le NDVI). La différence entre NDVI observé et simulé est alors utilisée pour corriger l'indice foliaire simulé par le modèle. Ce nouvel indice foliaire est alors utilisé pour forcer ORCHIDEE. La première étape de ce travail a été de coupler ORCHIDEE à un modèle de transfert radiatif SAIL/PROSPECT qui permet de simuler le NDVI à partir des LAI et albédo calculés par ORCHIDEE. Pour simuler l'incertitude sur le NDVI, nous avons réalisé une série de simulations Monte Carlo en faisant varier les différents paramètres du modèle SAIL/prospect. Ces simulations montrent que le NDVI moyen est très différent du NDVI simulé à partir de paramètres moyens (Figure 9). De la même manière, du fait de la non linéarité entre LAI et NDVI, les coefficients du filtre de Kalman sont calculés comme les coefficients moyen-

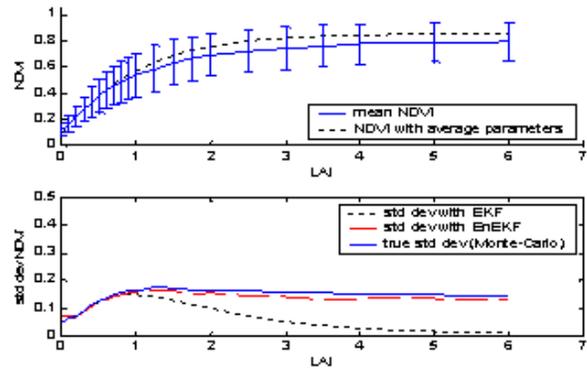


FIG. 9 – Comparaison entre NDVI moyen (simulations Monte-Carlo) et NDVI simulé à partir des paramètres moyens, et variance du NDVI pour différentes méthodes

nés d'un ensemble de filtres (un pour chaque simulation de Monte Carlo) plutôt que comme les coefficients d'un filtre calculé à partir du NDVI obtenu à partir des coefficients moyens. Cette approche de type "filtre ensemble" permet de limiter la correction pour les forts LAI qui, sinon, devient irréaliste. La méthode a été appliquée à une simulation sur l'Europe à 10' de résolution en utilisant des mesures d'AVHRR. Les figures 10 et 11 montrent la différence obtenue en terme de LAI et de production primaire nette simulée avant et après assimilation. Le résultat général est une baisse de la NPP. La comparaison sur site montre une amélioration notable des flux nets de CO_2 simulés par exemple sur le site Hesse (forêt caduque près de Nancy) (Figure 12). Pour plus amples informations:

www.ipsl.jussieu.fr/~ssips/act/act_main.html

Christophe François (Laboratoire d'Ecologie, Systématique et Evolution (ESE), Orsay)
Nicolas Viovy (LSCE, Saclay)

Stocks de carbone

Le programme de recherche national CARBOFOR, dans lequel le LSCE est impliqué, débutera officiellement au mois de décembre prochain pour une durée de 2 ans. Il vise à estimer les stocks de carbone présents et futurs des forêts françaises à l'aide de différentes approches complémentaires (inventaires forestiers, mesures de flux, modélisation locale et spatialisée,...). Le programme est centré sur des écosys-

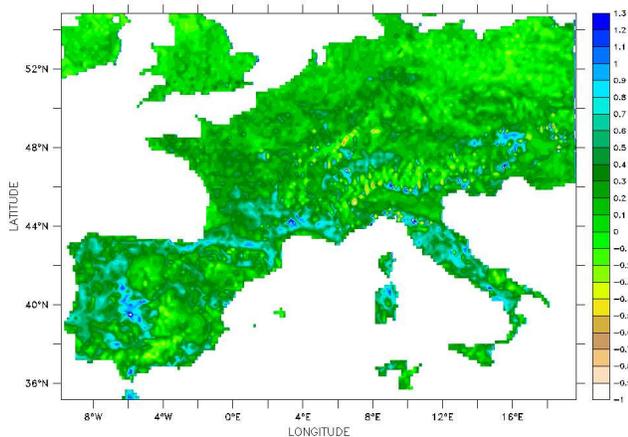


FIG. 10 – Différence moyenne entre LAI simulé par ORCHIDEE et LAI après assimilation

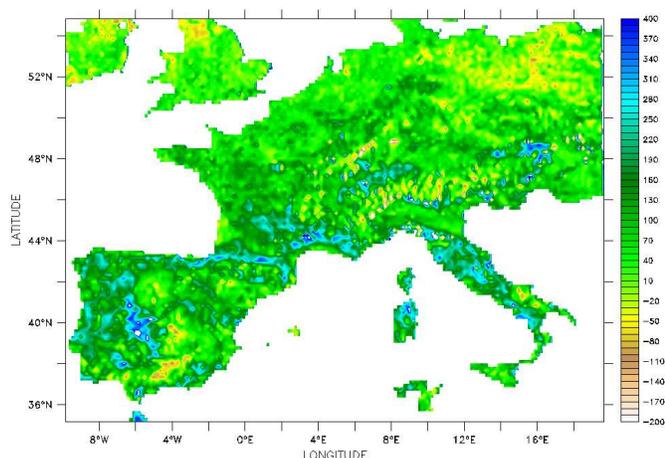


FIG. 11 – Différence entre NPP annuelle calculée avant et après assimilation du NDVI

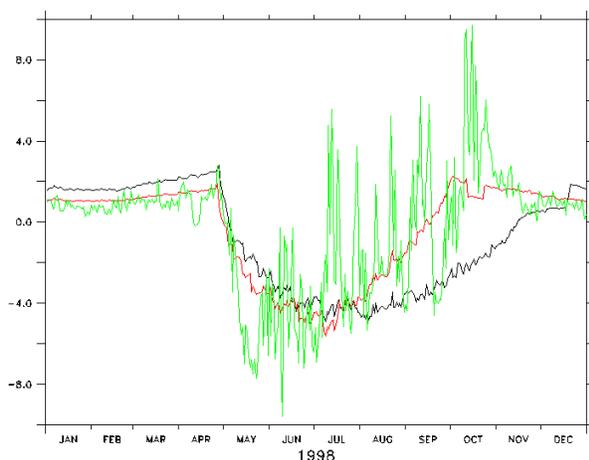


FIG. 12 – Comparaison entre flux net observé sur le site de Hesse (vert) et simulé avant assimilation (noir) et après assimilation (rouge)

tèmes forestiers parmi les plus représentatifs des forêts françaises (hêtraies, chênaies, pinèdes,...). Plusieurs modèles "locaux" seront utilisés sur chaque écosystème mais le modèle ORCHIDEE sera utilisé pour spatialiser les résultats d'abord à l'échelle d'une région puis de la France entière. Dans un premier temps, les sorties d'ORCHIDEE seront comparées à des mesures de flux nets de chaleur latente, sensible et de CO_2 effectuées sur des sites ateliers (pin maritime, hêtre, chêne vert). Une analyse détaillée et quantitative (par régime de temps, selon les périodes du jour et de l'année,...) et une comparaison avec des modèles "locaux" plus détaillés et/ou plus adaptés à chaque site (e.g. CASTANEA, GRAECO, MuSICA,...) pourront éventuellement déboucher sur de nouvelles paramétrisations du modèle concernant ces écosystèmes. Le modèle ORCHIDEE sera ensuite modifié afin de considérer différents scénarios sylvicoles, plusieurs classes d'âge au sein d'un même peuplement ainsi que la mortalité d'individus âgés et l'apparition d'arbres jeunes. Ceci permettra une comparaison des sorties du modèle avec :

1. les mesures disponibles de biomasse et de carbone dans le sol synthétisées dans une base de données créée à l'occasion de ce programme de recherche (forêts cultivées).
2. les trajectoires de croissance de biomasse données par l'IFN pour chaque région (on sélectionnera en priorité les sites de l'IFN qui correspondent aux essences et aux modes de gestion des sites ateliers).

Enfin le modèle ORCHIDEE sera utilisé pour identifier l'impact d'un scénario climatique fourni par Météo-France sur les bilans hydriques et carbonés des différents écosystèmes étudiés. Une attention toute particulière sera apportée aux événements climatiques extrêmes. Dans l'hypothèse de l'achèvement de la constitution d'une base de données spatiales cohérente et spatialisée pour l'ensemble du territoire national (120 000 points environ), cette analyse prédictive pourra être étendue à l'ensemble des forêts du territoire.

Jérôme Ogée, Post-doctorant au LSCE après une thèse à l'INRA de Bordeaux
ogee@lsce.saclay.cea.fr

Prairies européennes

Nous étudions le cycle du carbone des prairies européennes, en simulant les stocks de carbone et les flux de CO_2 , N_2O et CH_4 à l'aide d'un modèle. Des

équipes de recherche en Europe (notamment, l'Unité d'Agronomie de l'INRA à Clermont-Ferrand) ont mis au point un modèle dynamique de l'écosystème prairial (PASIM) qui permet de simuler de tels flux en prenant en compte les pratiques agraires. Cependant, ce modèle, bien que très détaillé, est difficile à spatialiser. Aussi, mon travail visera à intégrer une version simplifiée de PASIM dans le modèle ORCHIDEE. ORCHIDEE simulera les processus physiques (bilan d'eau et d'énergie), tandis que les processus biogéochimiques seront issus du modèle PASIM. Cette thèse rentre dans le cadre des projets "GES-Prairies" (national) et GREENGRASS (européen). Mon directeur de thèse est Jean-Francois Soussana (INRA) et mon responsable au CEA, Nicolas Viovy.

Nicolas Vuichard, Etudiant en thèse, LSCE
 vuichard@lscs.saclay.cea.fr

6 Dynamique - transport

Aucune...

7 Chimie - aérosols - climat

Historique du cycle du soufre

Nous avons simulé et étudié avec LMDZT l'historique du cycle du soufre sur la période 1850 à 1990 (1998 sur l'Europe et les Etats-Unis). Pour cela, nous avons construit un historique des émissions à partir de la carte d'émissions de EDGAR (résolution 1° par 1°) valable pour l'année 1990 et l'historique des émissions de Lefohn et al. disponible pays par pays. Pour l'Europe et les Etats-Unis, les émissions compilées par le projet EMEP (Cooperative programme for monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe) pour la période 1980 à 1998 et l'EPA (Environmental Protection Agency) pour la période 1900-1998 ont également été utilisées (run EPA-EMEP). Les différentes simulations (typiquement tous les 10 ans sur la période 1850 à 1990) ont été réalisées à météorologie et à champs d'oxydants (autres que H₂O₂) constants. L'effet simulé est donc seulement dû à l'évolution

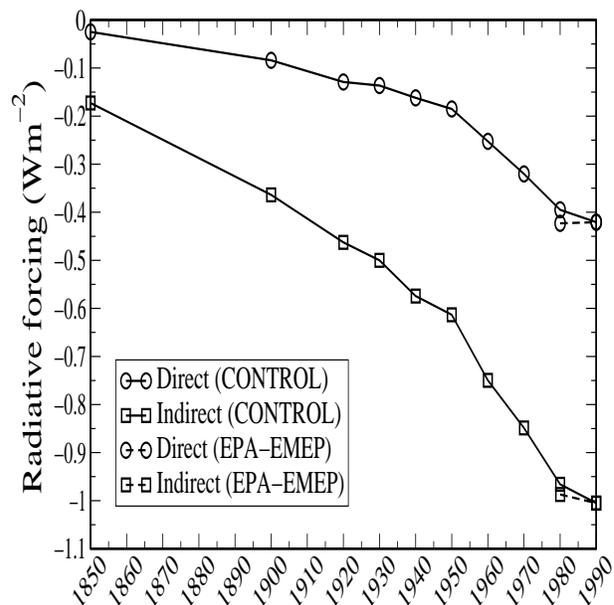


FIG. 13 - Forçage direct et indirect pour les simulations de contrôle (EDGAR + Lefohn et al.) et EPA-EMEP (EDGAR + EPA-EMEP sur les Etats-Unis et l'Europe + Lefohn et al, ailleurs).

temporelle des émissions. Plusieurs constatations ont pu être faites. Le contenu total en sulfates augmente linéairement avec les émissions ; il ne semble donc pas y avoir de phénomène de limitation (dû par exemple à un manque d'oxydants). Le forçage radiatif direct (en ciel clair) des aérosols soufrés est également une fonction linéaire du contenu en sulfates, mais le forçage radiatif indirect (en ciel nuageux) a vu son efficacité décroître de manière significative depuis le début de l'ère industrielle. Il se pourrait que celui-ci soit déjà non négligeable au début du siècle (figure 13). Si l'on en croit les émissions compilées par EMEP et EPA, le forçage radiatif des aérosols soufrés se serait stabilisé entre 1980 et 1990, la diminution au-dessus de l'Europe et des Etats-Unis compensant l'augmentation dans d'autres régions. Une comparaison entre les concentrations moyennes annuelles de sulfates simulées et observées sur les sites européens EMEP ayant effectué des mesures continues sur la période 1980-1998 montre qu'il y a cohérence entre la diminution des émissions compilées par EMEP et la diminution observée de la concentration en sulfates (Figure 14). Par contre, nous simulons une diminution du dépôt humide de sulfates sur les Etats-Unis moins forte que celle observée par le réseau NADP (National Atmospheric Deposition Program, figure 15).

Olivier Boucher boucher@loa.univ-lille1.fr
 Mai Pham mai.pham@aero.jussieu.fr

8 Climatologie - méthodes de validation

Éléments de climatologie de LMDZ/ORCHIDEE

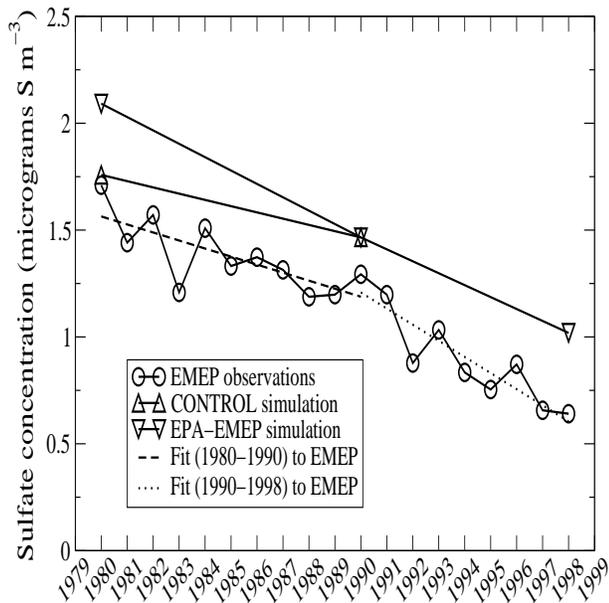


FIG. 14 - Concentration en sulfates observée par EMEP et simulée par le modèle. On a représenté une moyenne sur l'ensemble des sites ayant effectué des mesures continues sur la période 1980 à 1998.

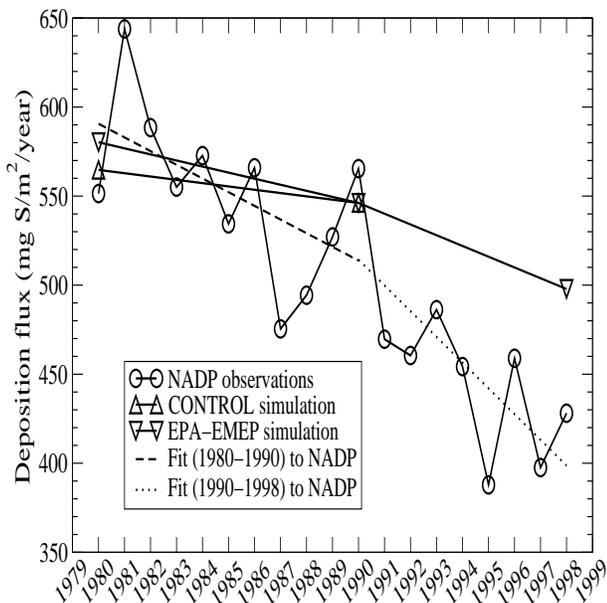


FIG. 15 - Dépôt humide de sulfates observé par NADP et simulé par le modèle. On a représenté une moyenne sur l'ensemble des sites ayant effectué des mesures continues de 1980 à 1998.

Les nouvelles simulations couplées ont donc commencé à tourner en décembre 2001. Les couplages qui tournent impliquent LMDZ, ORCHIDEE réduit à sa partie schéma de surface (proche de l'ancien SECHIBA) et ORCALIM (océans plus glace de mer).

Des simulations de plusieurs dizaines d'années ont déjà été effectuées avec le modèle couplé océan/atmosphère avec et sans ORCHIDEE et avec les deux schémas de convection, Tiedtke et Emanuel. Ces simulations n'ont pas encore été regardées parce qu'on sait que le modèle atmosphérique n'est pas encore équilibré.

L'étape numéro un du réglage de ces simulations consiste à équilibrer le modèle LMDZ/ORCHIDEE en mode forcé (températures océaniques imposées). Ionela Musat et Laurent Fairhead ont commencé à réaliser des séries de simulations de la période AMIP avec différentes versions.

Trois schémas de convection ont été utilisés :

- celui de Tiedtke.
- la version V2 du schéma de Kerry Emanuel (KE V2) largement modifiée au LMD.
- la version V4 du même schéma, plus récente et vectorisée.

KE V2 est la version sur laquelle on (Jean-Yves Grandpeix, Sandrine Bony, Frédérique Cheruy, Rémy Tailleux et Alain Lahellec) travaillent au LMD.

V4 est plus récente avec :

- une fermeture différente.
- une dépendance numérique à la grille verticale qui a été retirée dans V2 mais demeure dans V4.
- une efficacité de précipitation dans les descentes plus "physique" et en tous cas plus sophistiquée.
- un schéma simplifié des descentes précipitantes.

Ont été aussi testés deux réglages différents du schéma de nuages, plus précisément deux réglages du coefficient "ratqs", qui définit la largeur de la distribution (rectangulaire) sous-maille d'eau totale.

Enfin, Laurent a effectué des simulations avec ORCHIDEE d'un côté et avec le modèle dit "bucket" de l'autre. Dans celles-ci, la conduction de la température dans le sol est calculée avec le modèle

	Surface	Convection	ratqs
LG8	ORCHIDEE	Tiedtke	0
LG9	ORCHIDEE	KE V2	0
LGA	bucket	Tiedtke	0
LGB	bucket	KE V2	0
LGC	ORCHIDEE	KE V4	1
LGD	ORCHIDEE	KE V2	1

TAB. 1 – Liste des simulations AMIP effectuées avec le modèle LMDZ/ORCHIDEE et dont les atlas sont accessibles sur <http://www.lmd.jussieu.fr/lmdz/Atlas.html>

martien à 7 couches, et la description de l'eau en surface est faite au moyen d'un modèle de seuil d'eau suivant les formules données par Laval et al. (1981, *Geophys. Astrophys. Fluid Dyn.*, **17**:129–150).

Les noms de différentes simulations effectuées sont rappelés dans la Table 1.

Les atlas correspondants ainsi que ceux de Ionela Musat sont disponibles sur la toile à

<http://www.lmd.jussieu.fr/~lmdz/Atlas.html>
avec un lien vers la page dods de Laurent

http://dodsn.idris.fr/rces011/IPSL-CM4_0/

et la page FAST des outils de post-traitement développés par Patrick Brockmann

<http://www.ipsl.jussieu.fr/~brocksce/fast>

Les comparaisons des précipitations tropicales sont favorables à Emanuel version 3 ou 4 par rapport à Tiedtke. La comparaison est montrée pour janvier en une du journal. Les pâtés irréalistes de précipitations sur les bords ouest des océans disparaissent avec Emanuel. La précipitation amazonienne est renforcée. De façon générale, la paramétrisation d'Emanuel renforce les précipitations continentales dans les tropiques ce qui est une bonne chose. Attention cependant : la version de Tiedtke de LMDZ à laquelle nous comparons est une version ancienne et il est fort possible que des versions plus récentes donnent de meilleurs résultats. Pour le mois de juillet, la simulation KE V2 (LGD) sous-estime cependant pas mal la mousson indienne contrairement à Tiedtke et KE V4. KE V4 précipite trop en général en dehors de l'ITCZ.

A noter que ces différences sur les précipitations cachent des différences de comportement du schéma convectif encore plus marquées comme le montrent les comparaisons de fréquence d'événements convectifs (cf. la contribution d'Alain Lahellec dans ce numéro).

A noter aussi que l'utilisation d'ORCHIDEE semble améliorer considérablement les précipitations des moyennes latitudes nord, très surestimées avec le bucket.

Le schéma de Kerry Emanuel a été finalement adopté. Jean-Yves Grandpeix et Sandrine Bony se

chargent de repartir de la version 4 vectorisée pour y inclure les modifications développées au LMD. La pression va se faire d'autant plus forte sur l'inclusion de la composante traceur, ce travail est en cours (Marie-Angèle Filiberti, Jean-Yves Grandpeix et Frédéric Hourdin).

En termes de forçage radiatif, ondes longues (Figure 16) et ondes courtes (Figure 17) on retrouve des résultats très similaires avec et sans ORCHIDEE. On peut donc profiter du travail de réglage effectué l'an dernier.

La variable "ratqs" avait été réglée par Laurent Li pour le schéma de Tiedtke, avec un "ratqs" uniforme sur le globe qui croissait depuis 1% à la surface jusqu'à 30% à la tropopause. Un traitement spécifique était appliqué sans les régions convectives pour lesquelles on ne prédit pas suffisamment de nuages. Ce réglage permettait d'obtenir un très bon forçage radiatif des nuages, notamment dans le visible.

Avec le schéma de Kerry Emanuel, les résultats étaient nettement moins bons. On a donc réglé différemment le ratqs. Ce travail a été effectué il y a un an par Pascale Braconnot, Frédéric Hourdin et Jean-Yves Grandpeix. Suivant des travaux récents et les conseils avisés de Sandrine Bony, nous avons opté pour une paramétrisation différenciant les mailles convectives et non convectives. Pour les points sans convection, on conserve un profil vertical imposé. Dans les zones convectives, on prédit la largeur de la distribution à un niveau donné à partir de la différence entre l'eau totale en surface (sensée donner une idée de l'eau totale au cœur de la colonne convective) et l'eau totale grande échelle $r = 0.01 + \max(0.25 * (q(z = 0) - q)/q, 1)$. Ce choix permet d'améliorer le forçage radiatif de grande longueurs d'ondes mais doit encore être amélioré pour le forçage de courtes longueurs d'ondes. Globalement, les nuages ne sont pas assez "visibles", que ce soit quand on regarde le flux solaire en surface ou le forçage au sommet de l'atmosphère. Emanuel V2 produit des forçages radiatifs des nuages dans l'infra-rouge tout à fait acceptables après le réglage des ratqs (flag_ratqs=1). En revanche, le forçage dans le solaire reste sous-estimé alors qu'il était bon avec Tiedtke. Le problème vient du fait que le schéma de convection ne prédit pas les nuages convectifs. Dans la version Tiedtke, Laurent Li a en fait introduit un schéma qui diagnostique une couverture nuageuse liée à la convection en plus du schéma de condensation grande échelle.

A noter pour le forçage radiatif visible que les développements de Laurent Li sur la couche limite permettent d'avoir dans toutes les versions une bonne signature radiative des stratus sur les bords Est des océans, ce qui n'était pas le cas dans le

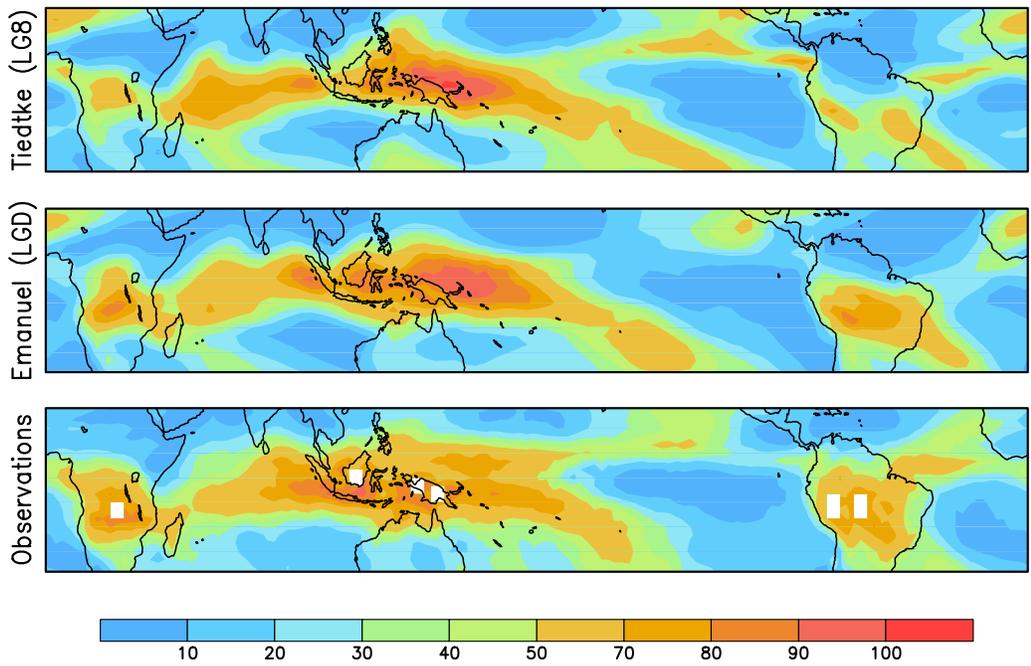


FIG. 16 – Forçage radiatif ondes longues pour les simulations LG8 (convection de Tiedtke) et LGD (Emanuel) comparé aux données ERBE. Le forçage radiatif est la différence entre le flux sortant au sommet de l'atmosphère en ciel clair et le flux sortant avec nuages.

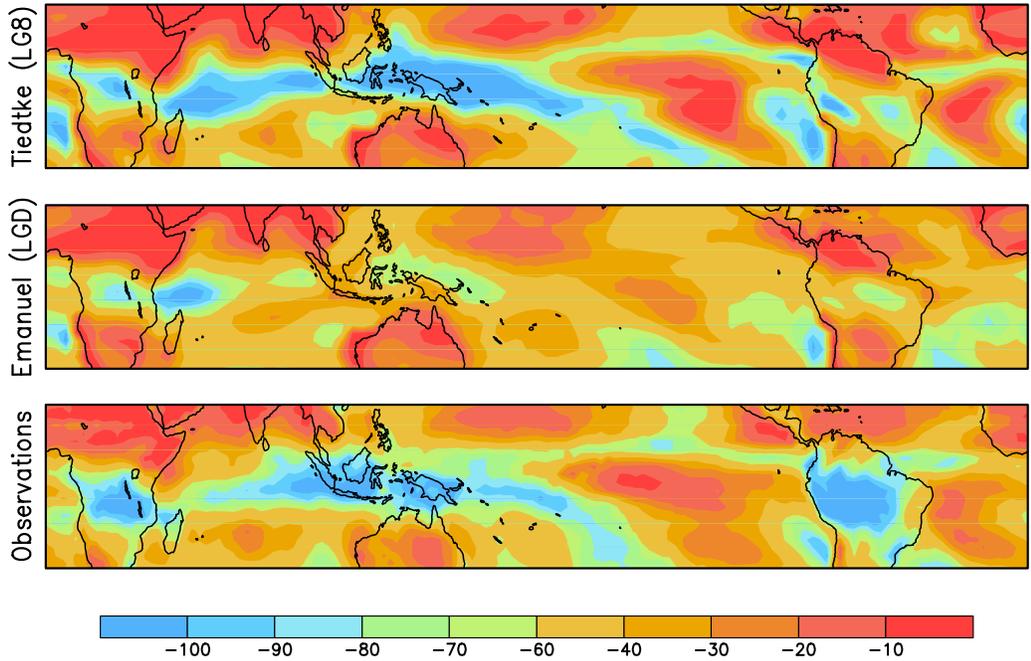


FIG. 17 – Forçage radiatif ondes courtes pour les simulations LG8 (convection de Tiedtke) et LGD (Emanuel) comparé aux données ERBE. Le forçage radiatif est la différence entre le flux sortant au sommet de l'atmosphère en ciel clair et le flux sortant avec nuages.

modèle LMD5.

Sur les moyennes zonales (pas montrées ici), on remarque :

- des températures troposphériques sans biais systématique (ce qui est aussi un gros progrès par rapport à l'ancien modèle),
- un gros biais froid (5 à 15 degrés) à la tropopause,
- un jet d'été nord beaucoup trop étroit.

En revanche, le décalage vers le nord du jet circum-antarctique qui nous inquiétait tant l'an dernier a disparu miraculeusement : histoire de conditions aux limites.

Au-delà de la bonne nouvelle de l'arrivée de ces nouvelles simulations et de quelques résultats encourageants comme la bonne distribution des précipitations tropicales avec Kerry Emanuel, on voit donc se profiler déjà quelques grandes questions pour le réglage du modèle : structure de l'ITCZ, forçage radiatif des nuages, biais froid à la tropopause, conservation de l'énergie. D'autres problèmes ne manqueront pas de surgir.

Ionela Musat, récemment recrutée au LMD, a commencé une batterie de tests sur des périodes plus courtes pour s'attaquer notamment au réglage du forçage radiatif visible des nuages et au biais froid. D'autre part, Patrick Brockmann a redéveloppé un atlas sous ferret qui sera petit à petit étoffé. Nous avons pour l'instant identifié comme diagnostics indispensables à rajouter aux atlas existants :

- l'albédo de surface,
- les débits de certains fleuves,
- la température à 2m et le vent à 10m,
- les pressions au niveau de la mer,
- des jeux de précips plus récents comme TRMM,
- les géopotentiels à 500hPa et les vents à 850 et 200,
- le contenu intégré en vapeur d'eau,
- les transports méridiens d'énergie,
- les flux d'Eliassen Palm.

F.H

9 Les planètes

La base de données climatiques martiennes

Introduction :

Météo-France et ECMWF ne fournissent pas encore de prévisions ni de ré-analyses climatologiques pour la planète Mars. Et pourtant, il y a des clients !

les nombreuses équipes d'ingénieurs qui préparent les missions spatiales à venir sur la planète rouge, les scientifiques cherchant à interpréter des observations ou à contraindre des modèles locaux sont autant de communautés à la recherche de données climatologiques globales sur la planète Mars. Les observations disponibles sont encore trop disparates pour de tels besoins. Avec le soutien de l'Agence Spatiale Européenne et plus récemment du CNES, la version martienne de LMDZ est maintenant utilisée pour répondre à cette demande. Il ne s'agit pas encore de ré-analyses, mais simplement de statistiques issues de simulations bien validées, capables de reproduire en détails la plupart des observations disponibles.

Conception de la base de données climatiques martiennes

Comment fournir à des utilisateurs l'information issue de plusieurs années de simulations avec le GCM sans utiliser 50 CD-roms ? Après réflexion, l'année martienne (669 jours martiens de 24h40 minutes) a été divisée en 12 saisons ou "mois", de longueurs inégales (46 à 66 jours) afin de bien échantillonner le cycle saisonnier asymétrique de par l'excentricité de l'orbite. Pour chaque saison, comme le cycle diurne est aussi très marqué sur Mars, nous avons choisi de stocker une journée "typique" (avec 12 pas par jour) correspondant à la moyenne effectuée pour chaque saison. Dans la version actuelle, les données (températures, vents, énergie cinétique turbulente, pression au sol, couche de neige carbonique au sol, etc...) sont stockées sur une grille dégradée par rapport au GCM de $5^\circ \times 5^\circ$ et 32 niveaux verticaux à 5m, 16m... jusqu'à 120 km.

Pour certaines utilisations, ces 12 jours "typiques" répartis autour de l'année ne suffisent pas. Il est parfois nécessaire de pouvoir prendre en compte la variabilité d'un jour à l'autre. Pour cela, nous avons stocké cette variabilité en conservant la cohérence spatiale et temporelle des structures simulées (ondes baroclines, par exemple) grâce à une représentation par EOF. Il est ainsi possible de reconstituer la structure de l'atmosphère à un instant donné, telle qu'elle serait rencontrée par une sonde spatiale pénétrant l'atmosphère avant d'atterrir, par exemple. Pour que le réalisme soit complet, les logiciels d'exploitation de la base de données peuvent aussi ajouter la signature d'éventuelles ondes de gravité, mal représentées par le GCM.

Validation de la base de données

Alors qu'il serait tentant de développer le GCM LMDZ martien sans s'astreindre à systématiquement comparer les simulations avec l'ensembles des observations disponibles (ça se passe comment sur Terre

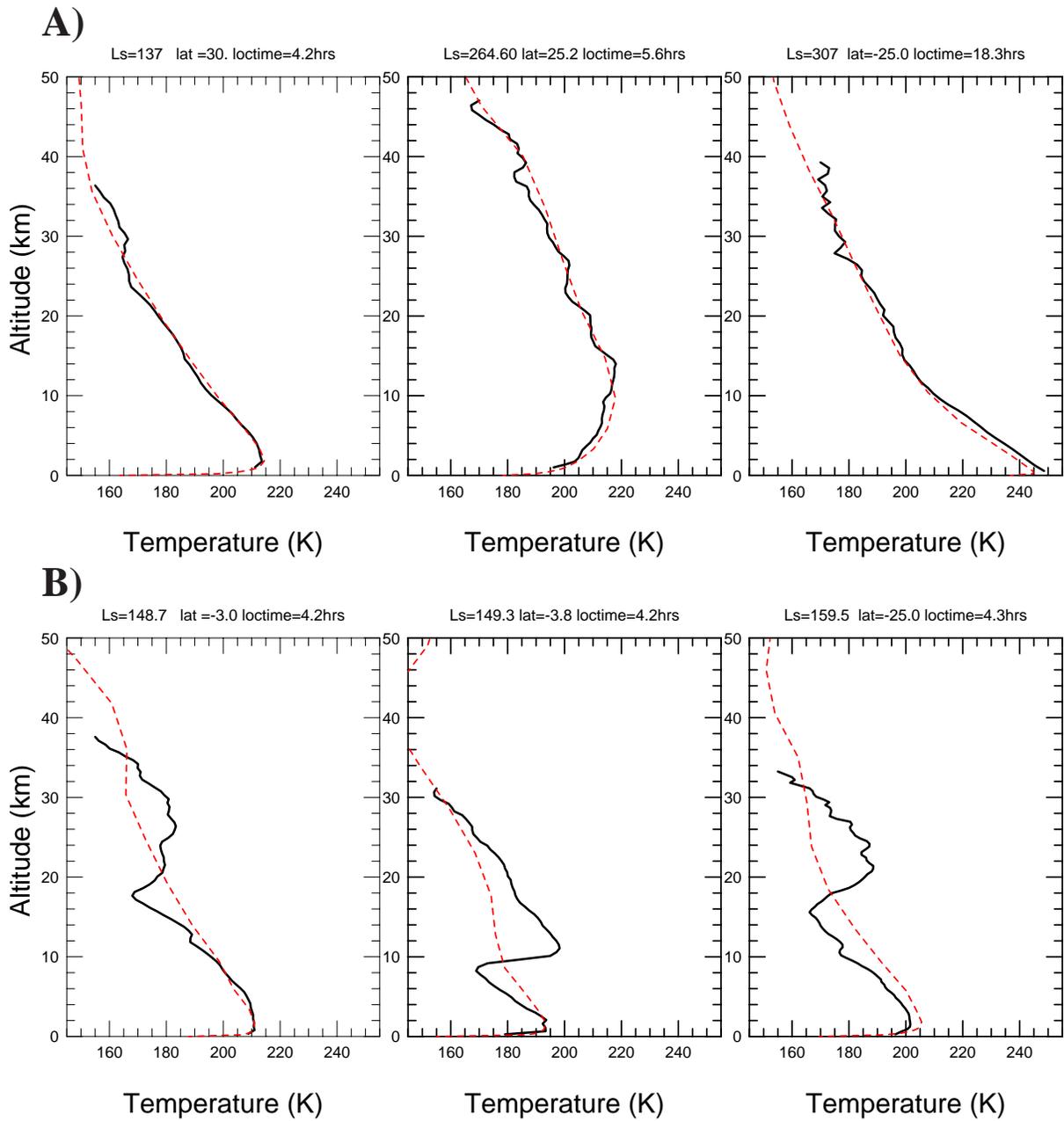


FIG. 18 – Profils de températures mesurés par occultation radio de la sonde Mars Global Surveyor en 1999 (noir) comparés aux “prévisions” du GCM (tirets rouges) contenues dans la base de données pour un même lieu, même saison “Ls” et même heure locale. **A)** Exemple de très bon accord obtenu dans la majorité des cas, montrant la capacité du GCM à bien simuler les processus dynamiques globaux et locaux (couche limite) à diverses saisons et heures locales. **B)** Exemple de désaccord encore mal expliqué : de fortes inversions thermiques observées durant l’été nord au dessus des régions volcaniques, pouvant résulter de phénomènes dynamiques sous-maille ou de la présence de nuages d’eau.

avec LMDZ?), la fourniture de la base de donnée nous oblige à valider le modèle avec application. Ce travail est particulièrement intéressant actuellement, suite à la mise à disposition des données acquise par la sonde Mars Global Surveyor depuis mars 1999. Pour la première fois, nous disposons là de données permettant de véritablement tester les modèles. Car il s'agit bien d'un test. En effet, le GCM a été adapté à Mars sur des considérations théoriques en ne bénéficiant que de quelques rares données issues des missions spatiales des années 1970. Ce sont donc les prédictions d'un modèle encore très virtuel que nous avons compilé dans la base de données, et que nous comparons à présent avec les nouvelles données spatiales. Pour l'instant, ce travail de validation a donné des résultats plutôt satisfaisants. Le GCM simule avec une précision parfois frappante la structure thermique observée dans la basse atmosphère par occultation radio (Figure 18A) et sondeur infrarouge. Il reste cependant certaines zones où la structure observée est mal représentée par le GCM et mal comprise (Figure 18B). Par ailleurs, Monica Angelats I Coll (Post-doc au LMD) a aussi entrepris de valider le contenu de la base de données concernant la densité de la haute atmosphère au niveau de l'homopause vers 120 km avec les observations obtenues in-situ par la sonde MGS (qui a utilisé le frottement de la haute atmosphère pour circulariser son orbite). "Quelques bugs plus tard" (comme dirait Gerhard Krinner), nous avons pu constater un accord souvent frappant avec les observations. Le modèle estime avec précision la valeur absolue de la densité. Surtout il simule la signature (amplitude et phase) des ondes planétaires observées à cette altitude (Figure 19). Rappelons que, sur Mars, les phénomènes météorologiques (cellule de Hadley, ondes baroclines, etc...) ont une considérable extension verticale. Nous avons été conduits à étendre le plafond du modèle sur plus de 15 échelles de hauteur, jusqu'à des zones où l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique local (LTE) n'est plus du tout valable! Il est donc rassurant de parvenir à un tel accord entre modèle et observations.

Utilisation et utilisateurs

Pour une utilisation ponctuelle, une version interactive de la base de données est accessible (ainsi qu'une documentation étoffée) en ligne sur la toile: <http://www.lmd.jussieu.fr/mars.html>. Cette version est utilisée par de nombreuses équipes autour du monde, et chaque meeting nous fait découvrir de nouveaux utilisateurs dont nous n'avions soupçonné l'existence.

Pour une utilisation plus intensive et plus "professionnelle", nous distribuons à la demande un double CD-rom contenant l'ensemble des données, des lo-

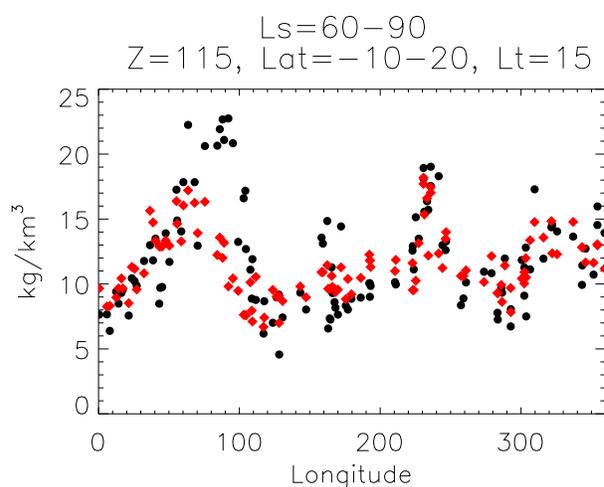


FIG. 19 – Variations longitudinales de la densité atmosphérique à 115 km d'altitude durant l'automne austral vers 15°S, 15h heure locale, observées in-situ par Mars Global Surveyor (cercles noirs), comparées aux "prévisions" du GCM (losanges rouges) contenues dans la base de données. Une analyse préliminaire suggère que la structure de nombre d'onde 2-3 observée et simulée correspond à la signature d'une onde de Kelvin résultant de l'interaction entre les ondes de marées thermique et la topographie.

giciel d'exploitation, et bien sûr une documentation technique adaptée au goût des ingénieurs ("User manual", "Programmer's guide", etc...). Plus de 30 exemplaires de la dernière version de la base ont été distribués rien qu'en 2001. L'outil est utilisé dans les agences spatiales et dans l'industrie pour préparer tous les projets de missions européennes vers Mars: Mars Express, Beagle 2 (2003, ESA), CNES orbiter 2007, Netlander (2007), Mars Sample Return (CNES). De nombreuses équipes de la NASA en ont également commandé une copie. La base est aussi employée à des fins scientifiques pour interpréter les données MGS, celle du télescope spatial ISO, effectuer des calculs de géodésie martienne (Observatoire Royal de Belgique), initialiser des modèles méso-échelle (Université d'Helsinki), etc... Enfin, plusieurs équipes industrielles et universitaires ont commandé la base de données pour des projets plus aléatoires de vols d'avions, de ballons, pour des véhicules à voile, en attendant le benji jumping...

François Forget
François.Forget@lmd.jussieu.fr

10 Le coin débat

Ce troisième numéro de LMDZinfo allait-il sortir sans une contribution à la rubrique débat?

Ne voyant rien arriver, je me suis fendu d'une contribution personnelle et un tantinet provocatrice qui incitera peut-être certains à sortir du bois.

Mélange des genres

Scientifiques ou experts ?

Devant l'engouement actuel pour l'environnement et le changement climatique, les scientifiques sont de plus en plus souvent appelés à porter la casquette d'expert, si chère à notre société. Nombre de projets européens sont par exemple clairement construits pour fournir des "outils d'aide à la décision". A plusieurs reprises, les documents de prospective de nos laboratoires et les projets de recherche mentionnent les "décideurs" ou les "policy-makers" (cf. plus loin) à qui nous devrions fournir une expertise scientifique.

Avec le risque de court-circuiter une fois de plus le débat public et de vider encore davantage la démocratie de son sens.

Si cette question de l'effet de serre pouvait se traiter comme une question technique, indépendante du reste, pourquoi pas. Mais c'est tout le contraire.

Sont en jeu par exemple notre mode de consommation, nos choix énergétiques, le développement.

Quelle peut être notre place de scientifiques spécialistes du climat dans ce cadre?

Je n'ai pas la prétention de répondre à la question. Mais peut-être ces pages peuvent-elles être un lieu parmi d'autres pour aborder ces questions.

Un exemple de point sur lequel nous pourrions discuter : la place donnée dans notre activité et nos perspectives à l'éducation relativement à notre participation à des projets européens ou autres. Ce point a d'ailleurs été soulevé récemment par des comités d'évaluation de nos laboratoires.

Projets européens : morceau choisi

Pour illustrer les propos ci-dessus, voici un morceau choisi du projet européen METRICS auquel l'IPSL et LMDZ sont associés.

Le projet METRICS a pour objectif d'évaluer les critères utilisés, notamment dans les rapports IPCC, pour relier une perturbation anthropique à son impact sur le climat. Le plus classique de ces critères est le "forçage radiatif". Or, pour un même

forçage radiatif mais pour des agents différents (gaz à effet de serre, aérosols, ...), les réponses climatiques peuvent être sensiblement différentes. On imagine bien à la lecture du projet l'intérêt scientifique que peut représenter l'analyse et la comparaison des rétro-actions climatiques mises en jeu pour différents types de forçages.

Mais ce projet possède aussi un volet politique qui laisse davantage perplexe :

«Political evaluation

« A political evaluation of a methodology to compare and transform emissions of a set of greenhouse gases or climate change agents mainly concerns the applicability of the metrics to policy-makers in a decision situation, both as a tool for decision making and as a tool for generating environmentally adequate solutions. It has to fit in any kind of an multilateral environmental agreement and the regulations envisaged there.

« At a general level, the methodology should be capable of serving at least three important functions, all prompting different sets of requirements to the methodology:

« 1. It should serve as a tool for communication between scientists and policy-makers. This function primarily prompts a requirement to formal simplicity.

« 2. It should serve as a tool for decision-making. This requires, first, that it can be employed by decision makers relatively independent of further scientific input. Second, it requires that decision makers can employ the method with confidence of its scientific quality. This implies that the limits of applicability should be well known.»

Le troisième point concerne "the scientific accuracy of the method".

F.H

La vache et le politique

Texte de Hervé Kempf

Publié dans le Monde.

Avec l'aimable autorisation de l'auteur.

On ne saurait trop souligner l'importance de la décision prise par le gouvernement français, le 8 décembre, de ne pas lever l'embargo sur l'importation de bœuf britannique. Car, en tirant par la bride cette brave Marguerite incompréhensiblement zinzin, il s'est discrètement évadé du camp où la science tend à emprisonner la politique depuis quelques années. S'appuyant sur la contradiction d'opinions entre

les comités d'experts Européen et français, il s'est en fait placé sur le terrain politique, arguant du principe de précaution, pour se ranger à l'avis dominant dans l'opinion publique. Est ainsi tranchée la contradiction entre la légitimité de la science en tant que fournisseuse de vérité et de raison et l'incapacité pratique où elle se trouve souvent de décider des problèmes obscurs.

Cet acte, s'il reste pleinement assumé, témoigne du retour de la raison politique face à la raison scientifique. Il rappelle que la politique est un déterminant légitime des questions techno-scientifiques qui « prolifèrent », selon l'expression du sociologue Bruno Latour, dans la société industrielle : organismes génétiquement modifiés, changement climatique, pollution atmosphérique, bœuf aux hormones sont, tout comme la « vache folle », au cœur de controverses scientifiques indécidables qui requièrent sinon l'épée d'Alexandre tranchant le nœud gordien, du moins des décisions claires.

Ce retour du politique est rendu possible par la crise de légitimité de la position scientifique, qui tient à des raisons conjoncturelles autant que théoriques. Portée par ses succès dans les techniques qui améliorent la vie quotidienne et dans la connaissance des mystères du monde matériel, la science n'a, depuis le 19^e siècle, cessé de gagner en influence dans les processus de décision politique. Soit elle imposait ses solutions à des politiciens médusés « Le nucléaire, c'est rationnel », soit elle se révélait indispensable pour tenter de régler les imbroglios créés par la mise en œuvre de ses productions à qui d'autre qu'à son concepteur demander de réparer une machine dont on ne comprend pas les plans ? Bref, la communauté scientifique gagnait à tous les coups.

Et les comités d'experts de se multiplier comme champignons après la pluie, pour éclairer les décideurs certes, mais aussi, semble-t-il, comme moyen de prendre des décisions dans des institutions perçues, à tort ou à raison, comme peu démocratiques. Dans le cadre de l'Union européenne, les décisions des comités d'experts sont ainsi censées s'imposer aux États membres dans le cas de la « vache folle » ou dans celui des OGM ; de même, l'Organisation mondiale du commerce place au cœur de sa procédure de règlement des différends entre pays la référence à des « preuves scientifiques ». Or la tendance des systèmes politiques à « se couvrir » en reportant les décisions sur des comités d'experts s'est accélérée alors même que la validité de ces comités est de moins en moins assurée. La première raison, triviale mais certes non négligeable, de cette mise en question est le fait que de plus en plus d'experts sont en « conflit d'intérêts » c'est-à-dire qu'ils se trouvent, par des contrats de recherche avec des entreprises privées ou par des positions dans celles-ci, à la fois juges et parties. Il est par exemple difficile d'être objectif à l'égard des OGM

quand on a partie liée avec Aventis. Cette situation n'est pas seulement imputable à une dérive morale des scientifiques, mais aussi à la pression qu'ils subissent pour exercer leur recherche dans ou avec le privé. Ainsi, de même que des ministres peuvent voir influencer leur position à l'égard du nucléaire par les honoraires qu'ils touchent des industriels, des chercheurs peuvent être influencés par des liens de même nature. Une deuxième raison tient à la nature même de la science, pour autant qu'elle existe, ou du moins à l'idée qui existe à son propos : alors que le modèle épistémologique dominant du 20^e siècle décrivait une science noble ouvrant la voie à l'humanité en élaguant la forêt obscure des secrets de l'univers, l'activité scientifique se perçoit aujourd'hui, sous l'influence de l'épistémologue Karl Popper, comme une entreprise de réfutation permanente. Non seulement rien n'est sûr, affirme cette conception, mais l'activité scientifique consiste à réfuter les théories établies : celles-ci peuvent survivre à la réfutation, mais jamais être établies définitivement. Rien, dès lors, de plus scientifique que la controverse, « l'indécidabilité », l'incertitude. C'est, dans l'épistémologie dominante, la certitude qui n'est pas scientifique ! Enfin, une troisième raison fragilise la force des décisions d'experts : c'est la reconnaissance de plus en plus forte que les débats qu'ils ont à traiter n'ont pas un contenu seulement scientifique, mais bien sociétal. Qui croirait que derrière les OGM, la « vache folle », le changement climatique, il n'y a qu'une question scientifique ?

La dimension scientifique est, bien sûr, essentielle à la compréhension de ces hybrides technosociaux. Mais le mode de production, la place des petits paysans, le choix des moyens de transport, le rapport entre pays riches et pays pauvres sont à l'évidence des paramètres aussi puissants des décisions à prendre. Autrement dit, la question que nous posent « vache folle » et planète en chaleur, ce n'est pas : « A quel point sommes-nous dangereux ? » mais : « Dans quel monde voulez-vous vivre ? » Cette question est politique. Et les scientifiques ne savent ni ne doivent y répondre. Il ne s'agit pas de jeter la suspicion sur les scientifiques mais au contraire de les réinsérer dans le débat social, en les soulageant de la charge d'énoncer la Vérité, tout en reconnaissant, comme le propose Bruno Latour dans *Politiques de la nature*, leur talent spécial à faire parler « les non-humains », c'est-à-dire tous ces hybrides entre nature et société. Telles sont aussi les conclusions du rapport de Philippe Kourilsky et de Geneviève Viney sur « Le principe de précaution », rendu récemment au premier ministre, qui visent à renforcer les procédures d'expertise et le statut des experts. Mais cette démarche, qui conduira paradoxalement à multiplier les instances d'expertise, et donc les positions contradictoires, n'a de sens que si elle s'opère dans la réaffir-

mation et la reconnaissance des valeurs proprement politiques. Cela suppose que soient reconnus les modèles de société qui sont implicites dans les choix techno-scientifiques. Et que soit énoncé lisiblement le modèle auquel on se réfère. Enfin, il doit être clairement établi que les procédures d'expertise, si elles sont indispensables, ne peuvent l'emporter sur la liberté de décision des instances démocratiquement élues.

Hervé Kempf

Provoc' Ne nous y trompons pas, pendant que nos décideurs européens s'évertuent à élaborer des mesures concrètes, pendant que le 6^{ème} PCRD finance à hauteur de 232 millions d'euros des recherches sur "Citoyens et gouvernance dans une société fondée sur la connaissance" (ça ne s'invente pas!), pendant que fleurissent les réunions de "panels de citoyens" avec des experts, scientifiques et politiques pour pondre (en deux jours!) des rapports sensés illuminer le premier ministre sur la bioéthique ou le changement climatique, d'autres envisagent les problèmes de l'énergie de façon nettement plus sérieuse. Pour s'en convaincre, il n'y a qu'à voir l'importance prise récemment par certains fils de grandes familles texanes ou saoudiennes et la violence qui se déchaîne autour des régions clefs pour le contrôle du pétrole pour les prochaines décennies. Pendant ce temps, nos petits technodécideurs s'activent.

Exemple de mesure concrète : j'ai entendu parler sur France-Info de mesures fiscales pour favoriser le stockage durable de CO₂ dans des maisons en bois (contrairement aux arbres morts qui pourrissent ou sont brûlés, ceux qui servent à la construction piègent leur CO₂ pendant la durée de vie du bâtiment). En entendant cette mesure, un lien s'est fait immédiatement dans ma tête avec d'autres mesures concrètes prises par d'autres décideurs : lancer des sacs de riz et construire des camps de réfugiés pendant que des décideurs du bureau d'en face tapissent de bombes un coin de la planète. D'ailleurs, pourquoi aucun décideur n'a encore proposé de construire les camps de réfugiés en bois pour leur garantir un meilleur confort et en même temps diminuer le CO₂ atmosphérique et contribuer ainsi à la lutte contre le réchauffement climatique? Pour répondre à cette nouvelle demande sociétale, nous pourrions proposer un projet, "le Terrorcène : vers une approche intégrée de l'étude du changement climatique en période de guerre récurrente contre le terrorisme." Je vois déjà le projet de recherche évaluant l'impact climatique de l'implantation de camps en bois (il faudra bien sûr éviter de bombarder les pays où les maisons sont déjà construites traditionnellement en bois), l'effet de refroidissement lié aux poussières d'origine anthropique (Ô combien anthropique) émises pendant les bombardements, et un ministère se réveillant pour monter un grand projet géopolitique/climat. LMDZ et surtout le modèle intégré de l'IPSL pourraient prendre une place très sérieuse dans un tel projet. L'argent ainsi obtenu nous permettrait de mener en amont les recherches fondamentales si chères à nos cœurs de chercheurs.

F.H

LMDZ-info

la lettre des utilisateurs du modèle de circulation générale
de l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL)

Editée par le Laboratoire de Météorologie Dynamique
Case courrier 99

Tour 25, 5ème Etage - 4, place Jussieu
75252 Paris Cedex 05

tel: 01.44.27.50.15 fax: 01.44.27.62.72

Site Internet : <http://www.lmd.jussieu.fr/LMDZ-info>

Rédacteur en chef: Frédéric Hourdin

Adjointe: Katia Laval

Réalisation: Soumya Jamili

Equipe rédactionnelle :

Evolution du modèle et aspects informatiques: L. Fairhead

Applications climatiques: H. Le Treut

Etudes de processus: J.-Y. Grandpeix

Végétation - hydrologie: N. de Noblet

Dynamique - transport: F. Hourdin

Chimie - aérosols - climat: O. Boucher

Climatologie - méthodes de validation: S. Bony

Planètes: f. Forget