

COMITE SCIENTIFIQUE CONSULTATIF AUPRES DE METEO-FRANCE

Compte rendu de la réunion du 9 octobre 2001

Le Comité Scientifique Consultatif auprès de Météo-France s'est réuni le 9 octobre 2001 de 9 heures à 17 heures, au Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM) de Météo-France dans les locaux du Centre d'Etude de la Neige (CEN) à Grenoble, sous la présidence de Jean-Claude Duplessy.

Etaient présents, les membres nommés : Madame Nicole Papineau ; Messieurs André Berger, Hervé de Féraudy, Arnaud de La Lance, Daniel Guédalia, Hervé Le Treut; les participants de Météo-France : Messieurs Philippe Courtier directeur général adjoint, Daniel Cariolle directeur de la recherche, Michel Le Quantrec, Gérard De Moor, Gilles Sommeria et les représentants des organisations syndicales de Météo-France : Cécile Coléou, Véronique Ducrocq, Philippe Lafore et Vincent-Henri Peuch.

Etaient excusés : Yves Désaubies, Guy Brasseur, Bernard Laffargue, Jacques Merle, Pierre Stengel (membres nommés) et Jean-Pierre Beysson PDG de météo-France.

Intervenants : Jean-Bruno Brzoska (CNRM/CEN), Michel Déqué (CNRM/GMGEC), Yves Durand (CNRM/CEN), Pierre Etchevers (CNRM/CEN), Eric Martin (CNRM/CEN), Jean-François Royer (CNRM/GMGEC)

Daniel Cariolle souhaite la bienvenue aux membres dans les locaux du CEN et en particulier à André Berger, membre nouvellement nommé à ce comité en remplacement de Gérard Mégie. Le Président ouvre la séance en remerciant les participants de leur présence, il rappelle les différents points à l'ordre du jour et après un rapide tour de table passe au premier point de l'ordre du jour.

- PRESENTATION DES ACTIVITES DU CEN (intervenant : Eric Martin, CNRM/CEN)

E. Martin, chef du CEN, commence son exposé par un rappel sur les mécanismes avalanches et leurs conséquences. Il expose les différents types d'avalanches (neige récente, plaque dure et neige humide) et les facteurs de la métamorphose de la neige (le vent, la température, le gradient de température et les actions de l'eau lors de la fonte). Il fait un bilan des actions de lutte contre les avalanches en différenciant la lutte passive (cartographie des zones à risque, construction de pare-avalanches) de la lutte active pour laquelle Météo-France est engagée (prévision du risque d'avalanches et gestion des situations de crise).

Pour mener à bien cette mission, le CEN, installé sur le campus universitaire de St-Martin d'Hères, dispose d'une équipe de 27 personnes (chercheurs et techniciens) et de sites instrumentés et expérimentaux. Les activités du CEN sont de deux natures :

- activités de recherche sur la neige et les avalanches : analyse météorologique en montagne et transport de neige par le vent (modèles nivologiques, systèmes d'analyse SAFRAN et SYTRON), évolution du manteau neigeux (modèles CROCUS, ISBA, SnowMIP), propriétés mécaniques de la neige (lois rhéologiques, modèles MEPRA et FLAC3D), instrumentation spécifique.
- activités hors recherche : coordination au sein de Météo-France de la prévision du risque d'avalanches, (applications opérationnelles, formation) et maintenance du réseau automatique de mesures en haute montagne.

Après avoir présenté la chaîne opérationnelle de suivi et de prévision de l'évolution du manteau neigeux (SAFRAN - CROCUS - MEPRA), E. Martin présente les objectifs de la recherche au CEN, essentiellement orientée sur le besoin d'analyse et de modélisation à échelles plus fines (passage de l'échelle du massif

montagneux à l'échelle du versant) et sur le développement d'outils et méthodes pour la gestion de crise.

Le Président donne la parole aux participants qui souhaitent interroger E. Martin pour des compléments d'information.

A. Berger demande si l'avalanche meurtrière de Montroc était prévisible

⇒ un bulletin d'alerte avait été émis concernant tous les massifs car le risque était très élevé. Compte tenu de nos connaissances, on ne peut aller plus loin actuellement.

H. de Féraudy : le CEN travaille-t-il en liaison avec le CEMAGREF, notamment sur les problèmes de glissement de terrain ?

⇒ le CEN ne traite pas les glissements de terrain, par contre, sur certains programmes, GEWEX-RHONE par exemple, il y a coopération entre les deux organismes.

D. Guédalia : quelle est la répartition entre les activités de modélisation et celles de terrain ?

⇒ environ 50% du potentiel humain de CEN est consacré à des activités de recherche stricte.

J.-C. Duplessy : quelle est la connaissance topographique nécessaire pour une modélisation pertinente

⇒ on utilise les seules données de relief disponibles qui sont celles de l'IGN et du CEMAGREF à petite échelle.

H. Le Treut : les modèles SAFRAN, CROCUS et MEPRA ont-ils été validés ?

⇒ SAFRAN et CROCUS ont été validés sur plusieurs années par rapport aux sites instrumentés et sont maintenant considérés comme des outils fiables.

J.-C. Duplessy : quelle est l'activité du CEN en matière de publications ?

⇒ trois à quatre publications paraissent chaque année dans des revues scientifiques soumises à un comité de lecture.

A. de la Lance : quelle est la durée moyenne d'un projet de recherche ?

⇒ il est difficile de définir une durée précise, le passage de la recherche à l'opérationnel se faisant graduellement et par allers-retours successifs.

D. Guédalia : quels sont les points durs identifiés dans la chaîne de modélisation ?

⇒ pour SAFRAN, c'est le manque de données observées qui limite les performances. Pour CROCUS, il faut progresser sur la connaissance des métamorphoses de la neige. Pour MEPRA, c'est la gestion du risque d'accident et l'adaptation d'échelle.

J.-C. Duplessy : quelles sont les collaborations nationales et internationales ?

⇒ au niveau national, le CEMAGREF et le Laboratoire de Glaciologie sont des interlocuteurs privilégiés. Au niveau international, des collaborations existent avec des laboratoires de l'Institut Fédéral suisse et de l'US Army. Peu de contacts avec le Japon qui a pourtant une bonne activité en nivologie.

A. Berger : quelle est la stratégie envisagée pour une approche à l'échelle locale ?

⇒ l'exposé suivant abordera cet aspect.

- NEIGE ET VENT (intervenant : Yves Durand, CNRM/CEN)

Y. Durand fait un exposé sur le transport de neige par le vent en terrain complexe au cours duquel sont présentées les composantes de la problématique : observation, expérimentation, modélisation et application à l'opérationnel.

Des sites de mesures instrumentés (La Fare, La Muzelle, le Col du Lacet, le Dôme des Petites Rousses) équipés de sondes acoustiques, de perches à neige, un réseau de stations automatiques « nivôses » et des mesures manuelles régulières permettent de disposer de séries de données fiables et homogènes. Des expérimentations en soufflerie froide complètent les connaissances. Ces investigations dans le domaine de l'observation et de l'expérimentation sont menées en coopérations avec d'autres organismes comme le CEMAGREF, l'ANENA ou l'Université J. Fourier et bénéficient des financements sur fonds propres de ces organismes et de contrats de l'Union Européenne, du CPER et du pôle Grenoblois pour les risques naturels.

L'objectif des études en cours est de passer de l'échelle du massif ($\approx 500 \text{ km}^2$) à l'échelle locale ($\approx 1 \text{ km}^2$) puis à l'échelle du couloir ($\approx 100 \text{ m}^2$) grâce à la modélisation :

- Modification de la structure des grains de neige en cas de transport dans le modèle CROCUS
- Détermination de la quantité de neige « mobilisable » par le vent et transport de cette neige
modèle PROTEON : définition d'un indice de transport de neige
modèle SYTRON1 : détermination de la quantité de neige transportable sur 2 versants opposés (reptation +

saltation + diffusion turbulente) et perte par sublimation.

modèle SYTRON3 :

Y. Durand termine son exposé en insistant sur les améliorations à apporter dans la connaissance du vent à petite échelle et dans la prise en compte du matériau neige afin de pouvoir apporter une aide à la prévision locale.

Le Président donne la parole aux participants qui souhaitent interroger Y. Durand pour des compléments d'information.

A. Berger : quels sont les problèmes à résoudre pour passer à l'échelle locale
⇒ le couplage du modèle Més0-NH avec CROCUS

D. Guédalia : d'après l'exposé qui a été fait, le vent local est déterminé, dans SAFRAN, par adaptation statistique des sorties d'Arpège ou d'après les sorties de Més0-NH. Y a-t-il des différences entre ces 2 vents calculés ?

⇒ oui, il y a une différence significative entre ces 2 vents avec la présomption que celui de Més0-NH est meilleur car il prend mieux en compte le relief

Ph. Courtier : comment intégrer tous les paramètres nivologiques à petite échelle ?
⇒ dans une première phase, seule la prévision du vent se fait à petite échelle

H. Le Treut : le CEMAGREF fait-il des prévisions opérationnelles ?

⇒ non, ce n'est pas son objectif dans le domaine de la nivologie où il investit dans les domaines d'aménagement du territoire et de la protection des sites.

H. de Féraudy : la télédétection peut-elle fournir un apport intéressant

⇒ seuls les radars précipitations seraient susceptibles d'apporter quelques informations complémentaires, mais la portée des radars est très réduite en montagne. Le CEN a exploré la voie des radars précipitations pour la détermination horaire des événements pluvieux mais pas pour l'estimation des quantités de précipitation. Pour ce qui est de caractériser l'extension du manteau neigeux, la télédétection par satellite pose de nombreux problèmes en montagne.

- MICROSTRUCTURE DE LA NEIGE (intervenant : Jean-Bruno Brzoska, CNRM/CEN)

J.-B. Brzoska présente un exposé très technique sur les études menées au CEN dans le domaine de la microstructure 3D de la neige. Le but de ces études est de paramétrer dans des modèles à l'échelle du terrain les comportements liés à la microstructure de la neige : métamorphoses, percolation d'eau liquide, mécanique à l'échelle granulaire.

Il expose les différentes techniques expérimentales d'imagerie et les résultats obtenus : coupes sériées, analyse stéréologique de coupes minces ou de silhouettes de grains et microtomographie X grâce à un développement commun du CEN, du LGGE et du ESRF (Synchrotron de Grenoble).

Il présente ensuite les modélisations réalisées à partir d'images 3D : calcul de champs thermiques 3D dans la neige, calcul de courbure, de vecteurs normaux et de surface spécifique.

L'objectif principal à moyen terme - et dans le cadre d'une thèse de doctorat - est la modélisation des métamorphoses grâce à des collaborations avec des laboratoires d'imagerie 3D. A plus long terme, il est envisagé des simulations micromécaniques, la modélisation des métamorphoses de gradient et des cheminées de percolation.

Le Président donne la parole aux participants qui souhaitent interroger J.-B. Brzoska pour des compléments d'information.

A. Berger : comment passe-t-on de l'étude de la paramétrisation à l'échelle du mm à celle à l'échelle du manteau neigeux ?
⇒ les observations devront servir à terme au calcul de paramètres qui sont actuellement fixés dans le modèle CROCUS

D. Guédalia : quelle est la sensibilité de CROCUS aux propriétés de la neige ?
⇒ C'est essentiellement la percolation d'eau liquide qui a le plus d'effet

H. Le TREUT : Prend-on en compte les variations de températures sur les expérimentations qui ont été faites au Synchrotron ?
⇒ les expérimentations ont été faites en état figé et l'on ne pense pas possible à moyen terme de suivre les

transformations de la neige par ce type de mesure

H. de Féraudy : les propriétés optiques de ces échantillons sont-elles analysées ?

⇒ la paramétrisation de l'albédo a été faite par une autre équipe du CEN

A. de la Lance : que se fait-il aux U.S.A. sur ce sujet ?

⇒ l'imagerie 3D explicite n'a pas encore été faite. Des études sur la résistance mécanique de la neige sont menées.

D. Cariolle : des processus chimiques de surface sont-ils étudiés ?

⇒ pas encore, mais c'est une des préoccupations du LGGE avec qui le CEN compte collaborer sur ce sujet.

A l'issue de cette discussion, les participants sont acheminés au col de Porte pour une visite des installations du CEN sur ce site. Une présentation des différents capteurs composant le parc à instruments est faite ainsi qu'un exposé sur le projet GELCRO d'étude du comportement de la neige sur chaussée. A cet effet, le site a été équipé de six parcelles de chaussées de revêtements différents dont l'observation régulière et l'instrumentation permettent de caractériser le comportement de la neige qui s'y dépose.

- NEIGE ET CLIMAT (intervenant : Pierre Etchevers, CNRM/CEN)

P. Etchevers commence son exposé en montrant l'évolution des températures, des hauteurs des précipitations et de neige relevées au Col de Porte pendant la période hivernale de ces quarante dernières années mettant en évidence une augmentation des températures et une diminution des hauteurs de neige (précipitations stables).

Après validation de la chaîne SAFRAN-CROCUS sur des données observées, une simulation de l'enneigement futur a été faite en intégrant cette chaîne avec un scénario de climat futur simulé soit par des perturbations simples, soit par la régionalisation de sorties de modèles climatiques.

Pour la première méthode, une augmentation de température de 1.8°C se solde par la perte d'un mois d'enneigement à 1500m d'altitude et d'une diminution moins sensible à 3000m. Les résultats sont du même ordre de grandeur avec d'autres scénarios climatiques issus de modèles. Une présentation du projet GICC-Rhône utilisant les scénarios de 4 GCM(CNRM, LMD, HC et UR) sur une période de 17 ans est également faite.

En conclusion, il y a convergence sur certains points : la durée de l'enneigement est conditionnée par la température de l'air, on observe une forte réduction de l'enneigement au dessous de 2000 m d'altitude et un impact hydrologique qui se traduit par un fort assèchement durant les mois d'été.

J.-C. Duplessy fait remarquer que dans le montage des scénarios décrits, l'évolution de la température de l'air a un poids très fort (presque unique) par rapport aux autres paramètres.

⇒ le forçage des données météorologiques « futures » se fait à travers CROCUS qui intègre d'autres données.

A. Berger note qu'il est un peu réducteur de prendre comme hypothèse une augmentation de température fixe (1.8°C par exemple) sur toute l'année. Les scénarios climatiques vont dans le sens d'une variabilité saisonnière de cette augmentation de température.

D. Guédalia : l'augmentation de température observée ces quarante dernières années porte-t-elle sur la température minimum quotidienne ou sur la température maximum quotidienne ?

⇒ les deux extrêmes de température sont concernées par cette augmentation

- LES SCENARIOS CLIMATIQUES : résultats des modélisations couplées (intervenant : Jean-François Royer, CNRM/GMGEC)

J.-F. Royer présente un scénario climatique qui a été proposé par le GMGEC au PNEDC : évolution des gaz à effet de serre (GES) en prenant en compte leur effet possible sur la photochimie de l'ozone.

Les modèles choisis sont :

- atmosphère : Arpège-Climat version3 de Météo-France
- coupleur : Oasis v2.2 du CERFACS
- océan : OPAG version 8.0 du LODYC
- banquise : GELATO

- chimie : MOBIDIC

2 scénarios et leurs simulations de contrôle correspondantes ont été effectués sur la période 1950-2100, l'un en chimie homogène, l'autre en chimie hétérogène.

Les résultats globaux sur l'évolution des GES (CFC, N₂O, CH₄, CO₂) et des températures sont présentés et commentés ainsi que l'impact sur la banquise Arctique, l'impact sur le trou d'ozone et la réponse de la mousson Africaine.

Des publications et des présentations dans des conférences EGS et ICTP ont valorisé les résultats de ces scénarios

Des développements sont actuellement en cours pour réaliser une simulation étirée sur l'Afrique de l'Ouest avec changement de végétation et introduction du module de transport des fleuves dans le système couplé. De nouveaux couplages et de nouveaux scénarios sont prévus dans le cadre de sujets de thèse et du projet PRISM.

Le Président donne la parole aux participants qui souhaitent interroger J.-F. Royer pour des compléments d'information.

H. Le Treut : Ces scénarios ont-ils mis en évidence une interaction entre l'accroissement de la concentration en CO₂ et l'apparition du trou d'ozone ?

⇒ non, cette interaction n'est pas clairement mise en évidence

Ph. Courtier : l'évolution de l'apport d'eaux profondes due aux modifications de la banquise est-elle prise en compte dans les scénarios

⇒ oui, cet aspect a été pris en compte

- LES SCENARIOS CLIMATIQUES : la régionalisation (intervenant : Michel Déqué, CNRM/GMGEC)

M. Déqué expose les résultats d'une simulation à résolution fine sur la France et l'Europe pour la période 2070-2100. Le modèle Arpège-Climat, disponible en version à résolution variable, a été utilisé pour cette expérience afin d'augmenter la finesse de la simulation sur une région particulière. Les résultats de cette simulation permettent de préciser comment se traduit le changement climatique à l'échelle régionale.

Des résultats saisonniers sur la régionalisation des changements de température, de précipitations et de réserve en eau du sol sur l'Europe sont présentés. On peut observer un réchauffement plus faible en hiver sur la partie ouest de l'Europe et un réchauffement plus fort en été sur la partie sud de l'Europe. On observe des tendances inverses pour les précipitations.

Les collaborations se font au niveau national au travers du GICC et au niveau européen au travers du 5^{ème} PCRD avec les projets MERCURE et PRUDENCE. Les perspectives pour les prochains scénarios régionaux porteront sur de nouveaux domaines (Afrique équatoriale et Amérique du Nord), sur de nouvelles périodes et sur le couplage Méditerranée.

Le Président donne la parole aux participants qui souhaitent interroger M Déqué pour des compléments d'information.

Ph. Courtier : a-t-on des indices sur l'évolution des épisodes cévenoles et des nombres de jours de fortes précipitations au vu des résultats obtenus sur les précipitations ?

⇒ les épisodes cévenoles ne sont pas encore vus par le modèle (problème d'échelle), résultats encourageants pour le nombre de jours de fortes précipitations.

J.-C. Duplessy : des équipes anglaises ont fait des simulations sur des périodes bien plus longues (1850-2100)

⇒ les choix des périodes des simulations ont été fait au départ en fonction des ressources informatiques disponibles

- LA STRUCTURATION EUROPEENNE EN MODELISATION CLIMATIQUE (intervenant : Daniel Cariolle, CNRM/D)

D. Cariolle fait un état des lieux de la modélisation atmosphérique. Il s'interroge sur la nécessité de se lancer dans l'écriture d'un nouveau modèle. Il constate que le seul fait véritablement nouveau susceptible d'abonder dans ce sens est l'apparition d'une nouvelle génération de calculateurs : passage des calculateurs vectoriels aux calculateurs scalaires.

Or, on constate que les offres des constructeurs sont très en retrait en ce qui concerne l'augmentation de la puissance de calcul par rapport à ce qui avait été observé auparavant. On sait également que les modèles existants peuvent atteindre des mailles de 10 km, que ces modèles se complexifient et que les codes sont de plus en plus difficiles à gérer.

Compte tenu de ces réalités, D. Cariolle pense que la meilleure stratégie est plus dans la modularité des codes des modèles existants (éclater les codes atmosphère - océan - glace - chimie - processus de surface - dynamique - physique- etc....) plutôt que dans l'écriture d'un nouveau modèle.

C'est cette démarche qui a été retenue dans le projet européen PRISM (Programme for Integrated earth System Modelling) auquel participent 21 partenaires dont les principaux centres de recherche climatiques européens parmi lesquels figure le CNRM. Ce projet constitue la première étape de la démarche européenne vers une plus forte intégration de la recherche climatique et veut se situer au même niveau que les projets de recherche climatique existants au Japon et aux Etats-Unis.

H. Le Treut note que des divergences risquent d'apparaître entre le code d'un modèle de prévision et celui d'un modèle climatique, divergences dues d'une part à la différence des mailles et d'autre part à la physique. Il insiste à ce propos sur la nécessité d'une plus forte coopération entre les équipes, il ne retrouve pas ce souci de collaboration dans le projet PRISM. Il faut poursuivre cet effort de réflexion et de concertation entre les équipes.

Il propose notamment de faire converger à terme les physiques en modèle du LMD et celle d'Arpège-Climat. Cette proposition reçoit un accueil très favorable et des contacts seront rapidement établis pour élaborer un plan de travail permettant d'atteindre cet objectif.

A. Berger s'inquiète de l'inflation du nombre d'éléments à considérer en introduisant tous ces nouveaux processus. La puissance de calcul ne suit pas et les équipes de chercheurs sont de moins en moins nombreuses.

J.-C. Duplessy trouve cette orientation vers la modularité très intéressante. Il pense qu'une communauté nouvelle de chimistes et de bio-chimistes est en train de se former. Un besoin de stratégie commune est clairement identifié.

- CONCLUSION

Le comité reconnaît la haute qualité des recherches effectuées sur la neige. Il recommande que les études ainsi effectuées puissent être davantage portées à la connaissance de la communauté scientifique par des publications accrues dans des revues internationales. Il recommande également que les collaborations avec le laboratoire voisin de glaciologie et de géophysique de l'environnement soient renforcées pour que les deux laboratoires puissent bénéficier pleinement de leur complémentarité.

Pour ce qui concerne la structuration française et européenne en modélisation climatique, le comité souhaite que soit mis en place un groupe de réflexion impliquant la direction du CNRM, celle de l'INSU, et quelques chercheurs concernés pour définir les grandes lignes de la structure des modèles climatique de prochaine génération, et notamment de leur composante atmosphérique. Le comité souhaite un renforcement de la coopération entre les équipes françaises pour aboutir à la mise en place d'une physique commune pour les modèles climatiques nationaux.

- CLÔTURE

Ph. Courtier tient à remercier les intervenants pour la qualité des exposés. Il félicite particulièrement les équipes du CEN qui ont réussi à sensibiliser les participants sur un aspect pas forcément toujours bien connu de la recherche à Météo-France. Il ajoute que, sur le plan mondial, le CEN est tout à fait à la pointe en matière de modélisation de la neige et du manteau neigeux.

Le Président s'associe à ces propos et insiste sur le besoin de la définition d'une stratégie commune dans la communauté des modélisateurs. Avant de clore la séance, il remercie chaleureusement les organisateurs, les intervenants et les participants de cette réunion.

La séance est levée à 17 heures, la date de la prochaine réunion du comité sera proposée ultérieurement.