

Programme Gestion et Impacts du Changement climatiques GICC

APR 2000

Résumé du rapport final

2/00 - Etude des impacts potentiels du changement climatique sur le bassin versant du Rhône en vue de leur gestion - deuxième phase

Coordinateur : Etienne Leblois

Résumé étendu

Le changement climatique global susceptible d'intervenir sous scénario 2 x CO₂ a été évalué à l'aide des sorties de quatre modèles de circulation générale atmosphérique, deux d'entre eux faisant l'objet de deux intégrations à des résolutions différentes, aboutissant au total à six visions différentes du futur atmosphérique de la planète. Les indications météorologiques globales qui en résultent ont été désagrégées par la méthode des perturbations vers les échelles détaillées nécessaires à la modélisation hydrologique (approximativement, le saut d'échelle à faire correspondant au passage d'une grille de résolution synoptique à une grille de méso-échelle).

Le projet GICC-Rhône s'est appuyé sur les données rassemblées pour le projet Gewex-Rhône. Le projet Gewex-Rhône avait notamment rassemblé un forçage atmosphérique de référence sur 1981-1998, de résolution tri-horaire et à résolution spatiale de 8 km, élaboré à l'aide du système Safran (CNRM/CEN). Ce forçage comprend tous les champs suivants : température de l'air, précipitations pluvieuses et neigeuses, rayonnements incidents atmosphérique et solaire, vitesse du vent, humidité spécifique de l'air, ainsi que l'évapotranspiration potentielle, déduite des termes précédents.

Le changement climatique est basé sur le scénario suivant : le gaz carbonique CO₂ augmente de 1% par an et porte forfaitairement tout le changement climatique ; l'horizon temporel visé est 2050 (correspondant à un doublement du CO₂).

Sur la base d'une simulation climatique commune fournissant une température de surface de la mer de référence (Hadley Centre), plusieurs intégrations atmosphériques de ce même scénario ont été collectées, quatre à basse résolution issues d'un projet antérieur (LSPCR, Polcher), résolution typique 2.5° x 3.5 °, et deux à haute résolution spécifiques au projet GICC-Rhône (pour le LMD dx = 100 km ; pour le CNRM dx = 50 km).

Les anomalies mensuelles de grande échelle ont été désagrégées par la méthode des perturbations. Cette méthode comprend :

calcul des anomalies mensuelles déduites d'un Modèle de Circulation Générale (MCG) =
valeur MCG climat modifié - climat MCG temps présent, interpolées sur la grille Rhône ;

perturbation du forçage : forçage climat modifié = forçage temps présent + anomalie interpolée.

Six scénarios ont été construits en combinant des variables du climat observé avec les anomalies simulées pour les températures et les précipitations.

Ces scénarios de forçage climatique ont été introduits en entrée de cinq modèles hydrologiques différents, couvrant souvent toute la partie française du bassin versant du Rhône, parfois seulement des affluents d'intérêt particulier (en règle générale la Saône).

Les sorties hydrologiques des modèles sont comparées entre elles et comparées surtout au régime hydrologique actuel. Des méthodes de comparaison des régimes et d'analyse de sensibilité de l'hydrologie à certaines variables de forçage ont été mises au point ou adaptées pour l'étude.

La suite du projet a consisté à déduire des sorties de la modélisation hydrologique les indications que l'on pouvait raisonnablement en tirer quant aux effets du changement climatique sur les variables physiques majeures des hydrosystèmes étudiés et, dans la mesure du possible, à interpréter ces changements en termes d'impact. Les domaines physiques, biologiques et socio-économiques étudiés ont été :

- l'hydrologie générale des cours d'eau (hautes eaux, manteau neigeux, écoulements médians, étiages),
- les interactions avec les eaux souterraines,
- les évolutions quantitative et qualitative de la végétation spontanée,
- les relations modifiées entre la ressource en eau et les systèmes agricoles irrigués,
- la réaction des communautés ichtyologiques sous régime hydrologique modifié.

A travers l'ensemble des travaux, on a veillé à exprimer et si possible à quantifier les incertitudes qui obèrent la connaissance actuelle. Ceci a amené également à :

- examiner l'apport de l'analyse satellitaire des variables d'état du bassin versant ;
- étudier les incertitudes ;
- prendre en compte les anomalies attendues des variables atmosphériques autres que pluies et température de façon à donner de la cohérence au climat futur ;
- examiner la dynamique de la végétation interactive.

Les produits obtenus sont :

- un ensemble de scénarios atmosphériques ;
- un ensemble de chroniques de débit sous scénarios de changement climatique ;
- un ensemble de rapports sectoriels relatifs aux conséquences du changement climatique ;
- divers articles et communications (voir en section 6) ;
- un rapport d'ensemble ;
- le présent résumé.

Parmi les résultats de l'étude, on retient ici la conclusion la plus nette : le premier facteur d'incertitude sur l'hydrologie à venir est le choix du scénario atmosphérique ; la dispersion entre les sorties des modèles hydrologiques, quoique significative, reste pour le moment inférieure.

Chronologie des travaux

Le projet GICC-Rhône a commencé en décembre 1999.

En 2000 a eu lieu la préparation des champs de forçages météorologiques (action pilotée par Météo-France, avec une contribution du LMD). Dans la même année, la modélisation hydrologique en climat perturbé a commencé à Météo-France et au CIG, mettant à profit les modèles distribués du bassin du Rhône en place dans ces laboratoires (capital issu du projet Gewex-Rhône antérieur sous égide PNEDC et PNRH). EDF/DER et BRGM ont commencé le montage et le calage de leurs propres modèles en climat présent. Les différents chantiers relatifs aux incertitudes et, au sein de l'ensemble des études d'impact, le chantier "analyse des chroniques" ont commencé par des échanges méthodologiques entre les équipes concernées.

En 2001 les modélisations hydrologiques en climat perturbé portées par Météo-France et par le CIG étaient achevées. Elles ont produit, en 131 stations représentatives de la diversité des conditions hydroclimatiques dans le bassin, des chroniques tant reconstituées que simulées sous scénario, qui ont été rassemblées et mises à disposition des participants des tâches "impacts". L'année 2001 a également vu plusieurs présentations du projet en divers colloques et séminaires. Ces présentations ont été importantes pour la visibilité du projet, et donc indirectement pour celle du programme GICC, et certainement utiles en ce qu'elles auront permis à d'autres équipes de tenir compte de ce qui a été déjà fait et d'imaginer mieux.

Début 2002, EDF/DR et le BRGM ont complété leurs simulations de débit.

Tout au long des années 2000 à 2002, deux tâches parallèles à l'axe "principal" que l'on vient de décrire se sont déroulées. La première a été la poursuite de la validation des modélisations distribuées employées par Météo-France et par le CIG sur d'autres variables que les débits, par analyse d'images d'archives satellitaires permettant d'évaluer des variables de surface à comparer aux variables d'état des modèles. Cette tâche a été portée par le CETP, en liaison avec Météo-France principalement. La deuxième tâche concernait la caractérisation des incertitudes. Une première approche de cette tâche de caractérisation des incertitudes a consisté à visualiser systématiquement la dispersion des résultats (tant entre variantes de forçage météorologique que entre modèles hydrologiques), sur la base d'un canevas graphique dont Météo-France a proposé la construction. Pour aller plus loin, le LTHE a proposé une méthodologie qu'il devait appliquer concrètement en une action pilote à mener avec Météo-France.

En 2003, la plus grande attention a été portée à ce thème des incertitudes. Le Cemagref a été amené à procéder au calage du modèle distribué Ecomag sur la partie amont du bassin versant de la Saône. Amener un cinquième modèle distribué dans le dispositif n'était certainement pas un but en soi. Mais il s'agissait d'un modèle bien maîtrisé par une personne recrutée en post-doctorat pour permettre au Cemagref de contribuer effectivement au thème incertitudes, selon la ligne proposée par le LTHE et en relais de ce laboratoire. Le BRGM et l'ENSMP ont travaillé conjointement à expliciter le rôle des nappes souterraines dans la déformation des régimes hydrologiques. Le CEN de Météo-France a repris ses travaux sur l'impact du changement climatique en zone de prépondérance nivale afin d'approfondir son diagnostic. Le CETP a travaillé à la validation des modèles distribués en temps présent, permettant de confronter images télédéteectées, observation de terrain et modélisation hydrologique quant à la couverture neigeuse (avec Météo-France/CEN et EDF/DTG) et également températures de surface télédéteectées et températures de surface modélisées au sein du modèle distribué ISBA (avec Météo-France/CEN et EDF/DTG). Le CETP a également observé sur la période récente les changements d'occupation du sol dans le bassin versant de la Saône. Ces changements ont été transmis à Météo-France pour évaluation de l'ordre de grandeur de leur impact hydrologique au sein de la modélisation ISBA (qui s'est révélé minime). Pour finir, le Cemagref et le CNRS (UMR5600 Crenam) ont procédé à une analyse de la stabilité de la végétation potentielle du bassin versant du Rhône vis à vis du changement climatique suggéré par les scénarios.

La fin de l'année 2003 a été consacrée à la rédaction d'un rapport étendu (près de 200 pages), qui a été révisé en 2004 pour tenir compte des remarques reçues. Le présent document constitue une synthèse du rapport révisé.