

Projet COUMEHY (COUplage MEtÉorologie Hydrologie)
**Couplage des cycles hydrologiques atmosphériques et continentaux
aux échelles régionales et climatiques
Application à l'Afrique de l'Ouest**

C. Messenger¹, O. Brasseur¹, I. Braud¹, B. Cappelaere², H. Gallée¹, D. Girou³, G. Grasseau³,
C. Peugeot², P. Reggiani¹, L. Séguis²

¹Laboratoire des Transferts en Hydrologie et Environnement

²Hydrosociences Montpellier

³Institut du Développement et des Ressources en Informatique Scientifique

ACTION CONCERTÉE INCITATIVE 2001
Globalisation des Ressources Informatiques et des Données

A- Objectifs, contexte :

A.1 : Objectifs

L'objectif de ce projet est d'évaluer l'importance des processus de couplage entre cycles hydrologiques atmosphériques et continentaux, et ce dans le cadre des changements climatiques.

La région choisie est l'Afrique de l'Ouest dont le climat est marqué par la forte rétroaction entre la végétation et le régime pluviométrique sur une large gamme d'échelle de temps (intra-saisonnières à décennale au moins). Le rôle climatique supposé des processus hydrologiques continentaux dans ces régions est de conditionner l'accès de la végétation au réservoir d'eau dans les sols, et de ce fait le développement et la persistance de l'activité végétative, en particulier durant les périodes sèches. Il en résulte alors un impact sur les échanges d'énergie surface-atmosphère via le pouvoir réflecteur du système sol-végétation, le transfert radiatif à travers la végétation et la transpiration de cette dernière. Par ailleurs, la végétation est une composante importante de la source continentale d'humidité atmosphérique. C'est pourquoi, l'Afrique de l'Ouest semble être une zone géographique adaptée à l'évaluation de la pertinence d'un couplage hydro-météorologique.

Ce projet comporte deux volets, un volet scientifique et un volet technique. Le volet scientifique a pour objectif l'évaluation de l'importance du couplage entre les cycles hydrologiques et atmosphériques, la mise en évidence des rétroactions que peuvent engendrer chacun des systèmes sur l'autre, et leurs répercussions sur le climat de l'Afrique de l'Ouest.

Le volet technique a pour objectif principal le couplage d'un modèle atmosphérique et de plusieurs modèles hydrologiques tournant sur des plates-formes différentes. Le couplage d'un point de vue technique est donc la communication des deux modèles via l'architecture d'objets distribués CORBA (Common Object Request Broker Architecture) qui permet l'intégration d'applications distribuées sur des machines hétérogènes.

A.2 : Enjeux et problématiques

Tout d'abord, il s'agit de mettre en œuvre une méthode d'estimation du transfert de l'eau dans les sols pour pouvoir représenter de manière réaliste la diversité de ces transferts à des échelles spatiales supérieures à la taille de plusieurs bassins. Pour ce faire, des modèles hydrologiques adaptés aux types de bassins devront être considérés si l'hydrologie des différents bassins de la zone est régie par des processus variant d'un site à l'autre.

Un autre enjeu est la représentation de l'interaction atmosphère/surface continentale, compte tenu de leurs traitements respectifs dans les modèles numériques actuels. Cette problématique n'est pas nouvelle et a déjà été envisagée dans le cadre de la modélisation du système climatique. Plus particulièrement, l'atmosphère est divisée en mailles carrées régulières alors que le milieu hydrologique continental est divisé en bassins. On se propose donc de développer une méthode de couplage prenant en compte cette différence entre ces géométries.

Un autre problème lié à ces deux milieux est la différence des échelles à laquelle s'intéressent (ou peuvent s'intéresser pour cause de limitation de moyens de calcul ou du manque de données !) les hydrologues et les météorologues. En effet, la plus fine résolution spatiale des modèles atmosphériques travaillant à l'échelle climatique est de l'ordre de la vingtaine de kilomètres au plus, les points de calcul formant un maillage régulier ; le modèle hydrologique, lui, travaille sur des échelles bien plus petites (de l'ordre du kilomètre, voire de la centaine de mètres), avec une dispersion irrégulière des points de calculs souvent distribués en fonction du réseau hydrologique.

La problématique consiste à modéliser les flux échangés entre les deux modèles en résolvant les problèmes de changement de géométrie du domaine et d'échelle. Pour ce faire, on se propose d'utiliser des méthodes d'agrégation et de désagrégation des flux échangés à l'interface en tenant compte de la géométrie des grilles de discrétisation, des écoulements dynamiques influencés par le relief sous maille du modèle météorologique, et des caractéristiques d'un front de pluie.

A l'interface, la conservation d'énergie et d'eau dans les sols et la végétation sera traitée par un SVAT (Surface Vegetation Atmosphere Transfer scheme). La particularité de ce SVAT est qu'il sera adapté et discrétisé sur les bassins hydrologiques et non sur la maille carrée traditionnellement utilisée dans les SVAT intégrés aux modèles météorologiques. En effet, le calcul de la distribution de l'humidité dans les sols est dépendant de paramètres hydrologiques liés à la nature du bassin et à sa forme géographique, ce que ne traite pas la maille météorologique carrée de plus grande échelle.

B - Problématiques techniques et informatiques:

B.1 : Techniques et numériques

Dans chacune des deux disciplines, plusieurs modèles ont été développés et ceci pour s'adapter à la richesse des problématiques scientifiques associées. De même, les types de calculateurs sur lesquels sont mis en place ces modèles sont très différents : les modèles météorologiques tournent classiquement sur de gros calculateurs, alors que les modèles hydrologiques peuvent pour le moment tourner sur des PC ou des stations de travail.

Les problèmes techniques à traiter sont de deux ordres, numériques et informatiques. Sur le premier point, chacune des disciplines possède ses particularités dans l'approche numérique de la modélisation des phénomènes, les échelles spatiales et temporelles de résolution différant beaucoup. Par conséquent, les résolutions numériques doivent être synchronisées en s'assurant que les échanges sont physiquement cohérents. Du point de vue informatique, il s'agit d'échanger et d'adapter les informations nécessaires aux deux modèles. Pour ce faire, plusieurs approches existent. On peut notamment développer un code spécialisé, appelé traditionnellement coupleur, qui assure l'adaptation aux interfaces.

On peut aussi inclure ces fonctionnalités, sans coupleur, en tant que services intégrés aux modèles eux-mêmes. Nous avons choisi cette dernière approche, en particulier parce qu'elle offre davantage de facilités pour intégrer ultérieurement de nouveaux modèles (notion d'extensibilité) ou remplacer un modèle par un autre.

Enfin, un autre aspect privilégié est la portabilité des développements en se basant sur les standards les plus répandus pour garantir aux applications d'une part la plus grande facilité possible à leur installation sur de nouvelles plates-formes et d'autre part leur pérennité maximale.

B.2 : Choix informatiques adoptés

Le choix de la technologie CORBA (Common Object Request Broker Architecture) s'est imposé comme offrant aujourd'hui les meilleurs atouts pour répondre aux objectifs exposés. La norme CORBA offre une infrastructure globale pour répondre à l'ensemble des besoins d'inter-opérabilité aujourd'hui au cœur de toutes les applications informatiques. Elle est codifiée depuis une dizaine d'années au sein d'un consortium regroupant l'ensemble des partenaires majeurs, tant du côté des constructeurs informatiques que des utilisateurs, qui établit les spécifications successives de cette norme. Les autres solutions aujourd'hui disponibles n'autorisent pas une ré-utilisabilité commode des codes existants, dits " codes patrimoine " (à l'exemple de JAVA), ou bien restent partielles en ne répondant qu'à une partie des contraintes imposées (portabilité, extensibilité et inter-opérabilité), telles les diverses approches nées dans le monde scientifique, notamment autour du concept d'échange de messages.

B.3 : Modèles numériques envisagés

Deux milieux doivent être représentés, l'atmosphère et les systèmes hydrologiques continentaux. Le modèle atmosphérique retenu sera le modèle MAR (Modèle Atmosphérique Régional) qui est un modèle de méso-échelle forcé à ces frontières par des sorties de GCM (Global Circulation Model). Sa résolution est beaucoup plus importante (de l'ordre de 40 kilomètres) que celle des GCM. Le modèle hydrologique concerné sera dans un premier temps le modèle ABC (Ana Bernard Christophe) du prénom de ces concepteurs, qui est bien adapté à la zone Sahélienne. Toutefois celui-ci évoluera au fur et à mesure de l'avancement de ce projet et il n'est pas non plus exclu de coupler d'autres modèles hydrologiques qui pourraient apporter une plus-value scientifique. Cela permettrait en outre de valider la possibilité d'ajouter des bassins et des modèles de façon aisée.