

## **GEM : Groundwater in Earth System Models (financement INSU/LEFE)**

Le projet GEM vise une description cohérente du rôle des eaux souterraines (ES) dans la dynamique du système Terre. Elles constituent en effet 30% des ressources en eau douce exploitables actuellement, avec des temps de résidence importants, permettant de tamponner les contrastes saisonniers des débits mais pouvant aussi de renforcer la variabilité interannuelle. Là où elles sont suffisamment proches de la surface continentale, les ES peuvent aussi augmenter l'humidité des sols et l'évapotranspiration (ET), avec un impact possible sur les températures et les précipitations, en terme de valeurs moyennes mais aussi de variabilité (cycle diurne et déclenchement de la convection, persistance des événements extrêmes, variabilité interannuelle). Elles pourraient même influencer l'évolution du climat sous l'effet de l'augmentation des gaz à effet de serre, notamment l'amplitude du réchauffement régional (sensibilité climatique).

Le partenariat élaboré pour mener ce projet rassemble des compétences pluridisciplinaires sur les processus impliqués (hydrogéologie, hydrologie, processus de surface, couche limite, physique du climat) et leur modélisation, via trois équipes complémentaires rattachées à l'IPSL, à l'UMR METIS, au LSCE et au LMD. Il bénéficie aussi deux thèses, conçues pour être complémentaires, et qui débiteront toutes deux en octobre 2013 pour 3 ans. Dans ce cadre, nous ciblons le modèle du système de Terre de l'IPSL, et plus particulièrement le couplage du modèle atmosphérique LMDZ avec le modèle de surface continentale ORCHIDEE, à l'échelle planétaire, et nous proposons un plan de recherche en 4 volets.

Le volet V1 vise à développer une paramétrisation des ES suffisamment simple et flexible pour décrire des nappes là où elles existent et avec des propriétés relativement réalistes, en profitant des nombreuses données disponibles avec une couverture globale (caractéristiques hydrogéologiques, topographie, zones humides, etc.). On vise notamment une description cohérente des temps de résidence et de la profondeur de la nappe, identifiée comme une variable clé des interactions nappes / surface / climat. A la résolution typique d'un modèle du système Terre (mailles de 100 km de côté ou plus), on ne peut cependant pas supposer que cette profondeur est uniforme dans l'espace, et nous proposons une paramétrisation sous-maille, introduisant une fraction de maille « humide », alimentée par la convergence des ES du reste de la maille, et où la nappe est suffisamment proche de la surface pour alimenter l'humidité du sol. Ces développements seront guidés par une évaluation approfondie du fonctionnement des surfaces continentales (hydrologie, flux turbulents) en mode forcé par des données atmosphériques, et par un travail en parallèle sur le changement d'échelle à l'aide d'un modèle hydrogéologique discrétisé en colonnes 1D (volet V2). Ce dernier servira à identifier des configurations équivalentes à l'échelle de la maille ORCHIDEE/LMDZ, en termes de subdivision de l'espace, processus / équations, et paramètres associés, pour enrichir ou faire évoluer le volet V1. Le volet V3 examinera l'influence des ES sur le climat simulé, en commençant par des expériences idéalisées de sensibilité à plusieurs profondeurs de nappe fixes sur l'ensemble des continents. Il s'agira ensuite de comparer des simulations LMDZ/ORCHIDEE avec et sans la paramétrisation des ES développée par les volets V1 et V2 : d'abord en climat récent pour valider l'approche et tenter de faire le lien entre les éventuelles améliorations (ou dégradations) et une explication en termes de processus ; puis en changement climatique, pour examiner comment la nouvelle paramétrisation est susceptible de modifier la trajectoire de ce dernier, et son impact sur les ressources en eau. Enfin, l'ensemble du projet repose sur un important travail de collecte et traitement de données (volet V4) : données hydrogéologiques et topographiques dédiées au développement de la paramétrisation des ES ; données de forçage d'ORCHIDEE et de validation ; données mondiale sur les prélèvements anthropiques dans les eaux souterraines et de surface, pour pouvoir ultérieurement analyser l'impact de ces prélèvements sur l'évolution des débits voire du climat.

### **Retombées scientifiques**

Le projet GEM permettra une meilleure identification du rôle des eaux souterraines dans le système climatique, ce qui aidera à améliorer le modèle du système Terre IPSL-CM. Nous développerons aussi une base de données hydrogéologiques qui sera disponible pour la communauté dans la limite des contraintes imposées par les fournisseurs des données. Une autre retombée est le renforcement de thématique de l'hydrogéologie au sein de l'IPSL et de la communauté ORCHIDEE, autour notamment de la question du changement d'échelle. Enfin, les développements initiés dans le projet GEM offrent des nombreuses perspectives qui pourront être développées dans les projets ultérieurs : transport souterrain de carbone, nutriments ou traceurs ; description cohérente des zones humides et lacs dans ORCHIDEE, y compris en Arctique ; prise en compte des prélèvements souterrains et impacts sur l'évolution des débits et du climat.