

# LABORATOIRE D'HYDROLOGIE ET DE GÉOCHIMIE DE STRASBOURG (LHyGeS) UMR 7517 UDS-CNRS-ENGEEES

École et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST)  
1, rue Blessig  
67084 STRASBOURG Cedex

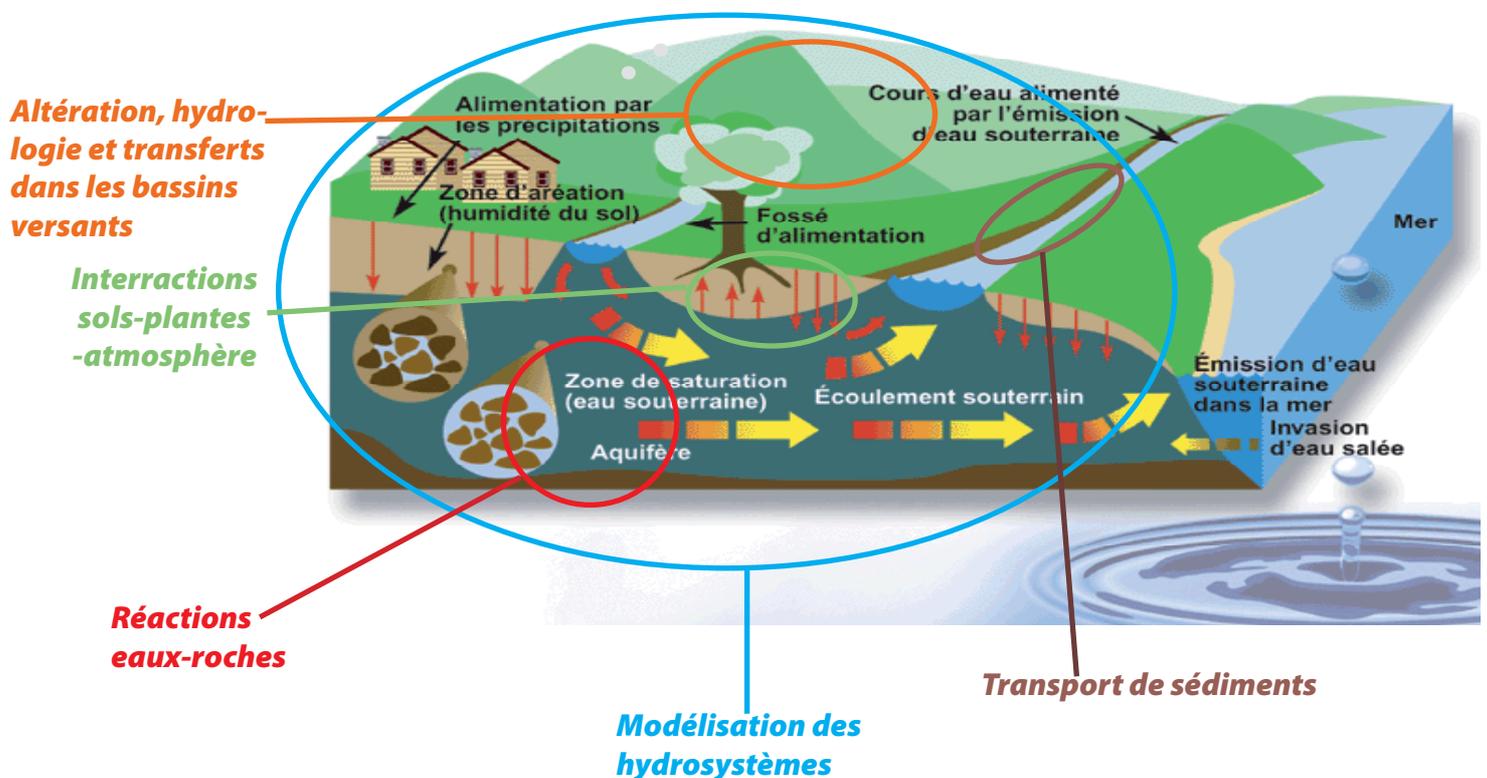
Directeur du laboratoire : Philippe ACKERER (DR CNRS)

Site web : <http://lhyges.u-strasbg.fr>

Les travaux de recherches menés au LHyGeS portent sur la caractérisation et la modélisation des transferts dans les hydrosystèmes continentaux aux échelles des temps géologiques pour l'altération et à l'échelle de la décennie voire de l'évènement pour les problèmes liés à l'hydrologie ou aux pollutions.

Les travaux consistent essentiellement à étudier le mouvement de l'eau dans les sols et sous-sols et le transport des éléments chimiques en interaction avec les composés minéraux, la matière organique, la végétation et les microorganismes.

## Localisation des travaux de recherche au niveau de l'hydrosystème continental



L'approche intégrée choisie par les chercheurs du LHyGeS a pour objectif d'apporter des connaissances et des outils d'analyse et de modélisation permettant une gestion optimale des milieux naturels ou anthropiques. De par ces objets d'étude, ces travaux répondent, entre autres, à une préoccupation régionale, à savoir la gestion et la protection de la ressource en eau, représentée par la plus grande nappe phréatique d'Europe Occidentale et par les bassins-versants du piémont vosgien qui alimentent en grande partie ce réservoir d'eau naturel.

Les recherches au LHyGeS sont organisées autour de 3 équipes scientifiques dont les intitulés sont les suivants :

- Bioréactivité de la phase solide
- Géochimie isotopique et chimie de l'environnement
- Processus élémentaires et modélisation

### *Bioréactivité de la phase solide*

- > rôle des microorganismes et de la matière organique dans la dégradation des matériaux de confinement et la dissémination des polluants,
- > réactivité des argiles,
- > étude des modifications de la structure des agrégats d'argile en fonction de l'humidité et de la température.

### *Géochimie isotopique et chimie de l'environnement*

- > caractérisation de la source des dépôts atmosphériques et de leur transfert dans les sols et les eaux,
- > mécanismes et temps caractéristiques de l'altération des roches, de la formation des sols et de transfert de sédiments dans les eaux de rivière,
- > sources et voies de transfert des éléments chimiques (incluant les polluants) dans le continuum eau-sol-plante,
- > transferts chimiques dans les eaux souterraines,
- > impacts des organismes vivants sur ces transferts.

### *Processus élémentaires et modélisation*

- > hydrologie des cours d'eau (débits, inondations),
- > modélisation mathématique/numérique des écoulements et du transfert de polluants,
- > interactions entre fluides naturels et phases minérales complexes présents dans les sols et le sous-sol,
- > simulation numérique des écoulements multiphasiques (eau – air – hydrocarbures) dans les sols et du transport réactif,
- > exploration de données et identification de paramètres par approche inverse pour améliorer la fiabilité des modèles.

## LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE

La démarche retenue au sein du laboratoire est une approche mécaniste. Cette approche consiste à décrire les phénomènes par des lois physiques et les paramètres associés. Elle possède l'avantage d'être transposable à des sites différents ou à des conditions expérimentales différentes. Elle s'oppose aux approches plus globales qui consistent à considérer un système comme une boîte noire et à trouver des relations entre les entrées et les sorties de ce système (entre les pluies et les débits dans un bassin versant par exemple).

Pour mettre en place cette approche, le laboratoire a acquis d'importantes compétences en observations, analyses et expérimentations menées :

~ en laboratoire : éprouvettes, modèles physiques de laboratoire (colonnes expérimentales, cuves), pour identifier les processus élémentaires dans des conditions simplifiées,

~ en conditions contrôlées, à l'aide de plates-formes expérimentales de natures et d'échelles très différentes mais complémentaires ou de terrain en milieu naturel : sites instrumentés, parcelles et bassins versants expérimentaux, forages, etc.

Les connaissances acquises sont ensuite synthétisées dans des modèles permettant de décrire le fonctionnement et l'évolution des systèmes étudiés. Le but est d'aboutir à des modèles prédictifs toujours plus performants.

## LES APPLICATIONS

### Gestion des eaux et des sols

- Recharge hydrologique et migrations hydro-géochimiques (polluants, éléments naturels) dans les sols et les nappes alluviales
- Effets des contaminations (chlorures, pesticides, hydrocarbures) sur la qualité des eaux en Alsace
- Effets des changements climatiques sur la dynamique et la vulnérabilité de la nappe d'Alsace
- Caractérisation de la source de pollutions atmosphériques et de leur transfert dans les sols
- Proposition d'indicateurs de suivi de la qualité des sols et des eaux souterraines

### Stockage des déchets - bioremédiation - énergie renouvelable

- Modélisation du comportement à long terme des verres de confinement de déchets
- Dégradation de pesticides dans les bassins d'orage à l'aval de bassins viticoles et impact des zones humides dans la remédiation
- Atténuation naturelle des organochlorés présents dans les sols et sous-sols
- Développement de méthodologies pour caractériser les sources de pollution et la reconnaissance de sites pollués
- Géothermie : modélisation des processus en jeu au cours des circulations d'eau profonde

### Réponse des processus d'altération et d'érosion aux modifications du milieu

- Étude et temps caractéristiques des phénomènes d'érosion et d'altération
- Caractérisation des réservoirs hydrogéochimiques et détermination des temps de résidence des eaux dans ces différents réservoirs
- Modélisation des systèmes naturels ; impacts du climat et des activités humaines

## La géochimie isotopique

Le LHyGeS développe dans le cadre des travaux de géochimie isotopique :

- des traceurs isotopiques pour préciser les mécanismes et lois de transferts chimiques dans le milieu naturel, c'est-à-dire déterminer les sources des éléments mobilisés dans les hydrosystèmes, définir leur chemin de transfert, les mécanismes en jeu lors d'interactions eaux-sols-plantes. Une partie de ces travaux vise à développer de nouveaux traceurs pour aborder ces questions,

- des géochronomètres pour remonter aux temps caractéristiques de ces processus, c'est-à-dire déterminer les constantes de temps des processus d'altération et de transfert, par exemple le temps de résidence des éléments dans le compartiment biotique, le temps de formation des sols, de transferts des sédiments, etc. et préciser les paramètres qui les contrôlent.

Les outils isotopiques développés au laboratoire sont les isotopes «radiogéniques» (Strontium, Néodyme et Plomb) et les nucléides de la série de l'Uranium ( $^{238}\text{U}$  -  $^{234}\text{U}$  -  $^{230}\text{Th}$  -  $^{226}\text{Ra}$ ), les isotopes stables du Calcium, du Bore et du Lithium. L'étude est actuellement étendue aux nucléides des isotopes de plus courtes périodes de la série de l'Uranium et du Thorium ( $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ) afin de mieux comprendre les processus agissant sur des échelles de temps allant de l'année au siècle.

Les résultats obtenus conduisent à une meilleure compréhension des flux chimiques au sein des écosystèmes et hydro-systèmes continentaux. Ils contribuent au développement de méthodes de gestion des eaux et des sols.



## La modélisation

Le modèle constitue un des outils d'aide à la décision et/ou un outil de prévision dans la gestion des problèmes environnementaux. Aussi, nous avons besoin de modèles toujours plus précis, fiables, robustes et peu coûteux en moyens informatiques (temps de calcul).

La construction d'un modèle consiste à établir des systèmes d'équations mathématiques décrivant les mécanismes observés au niveau expérimental : les interactions fluides-solides le long du parcours des eaux naturelles, les processus géochimiques et microbiologiques, en détectant les réactions possibles, leur localisation et leurs conséquences et les effets retour (évolution chimique, minéralogique et hydrodynamique) sur le milieu. Son but est de comprendre, décrire et prévoir l'évolution physico-chimique du système eau-contaminant- milieu poreux dans des conditions variables.

Au LHyGeS, les chercheurs mettent au point des outils de simulation permettant de modéliser en 2D ou 3D des écoulements décrivant le fonctionnement et l'évolution des hydrosystèmes continentaux. Ce travail permet d'aborder d'une part les aspects les plus théoriques (identification de processus élémentaires, identification de paramètres) et d'autre part la compréhension du cycle de l'eau et des éléments associés (quantification, bilans des transferts) en cherchant à coupler les phénomènes de transfert et les processus réactionnels.

Les plus grandes difficultés de l'application de la modélisation au terrain viennent de l'estimation de paramètres prenant en compte l'hétérogénéité du milieu. Pour tenter de résoudre ces problèmes, les chercheurs proposent des méthodes pour réduire les incertitudes sur ces paramètres et améliorer les capacités de prédiction des modèles (exemple de la méthode inverse pour l'identification de paramètres nécessaires au calage des modèles).

## LES PRESTATIONS DU LABORATOIRE

Le LHyGeS met à disposition des entreprises ses équipements, ses outils de modélisation et son personnel hautement qualifié pour effectuer différents types de prestations :

> caractérisation pétrologique et minéralogique des matériaux géologiques et analyse chimique des eaux.

A titre d'exemple, voici les principaux équipements disponibles au laboratoire :

- diffraction des rayons X : étude minéralogique de roches et fractions minérales,
- microscope électronique à balayage : étude morphologique et chimique quantitative de particules fines,
- spectroscopie d'émission optique à source de plasma induit : analyse d'éléments majeurs et traces,
- absorption atomique : dosage de cations majeurs,
- chromatographie ionique : analyse d'anions minéraux et de cations,
- spectrométrie de masse à thermo-ionisation et à source plasma et à multi-collection : analyses isotopiques de roches, sols et eaux.

> modélisation du mouvement de l'eau dans les sols et sous-sols, de la migration de polluants, de l'altération des roches et de matériaux de confinement.

## LE LABORATOIRE D'HYDROLOGIE ET DE GÉOCHIMIE DE STRASBOURG (LHyGeS)

Le LHyGeS regroupe 28 chercheurs et enseignants-chercheurs et 25 ingénieurs et techniciens du CNRS, de l'Université et de l'ENGEES. Il accueille chaque année une dizaine de doctorants et post-doctorants. C'est une unité de recherche ayant pour établissements de rattachement principal l'Université de Strasbourg et le CNRS, et l'ENGEES comme établissement de rattachement secondaire. Au niveau de l'Université de Strasbourg, cette unité fait partie de l'Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST).

Le laboratoire LHyGeS fait partie du Réseau Alsace de Laboratoires en Ingénierie et Sciences pour l'Environnement (REALISE).