

Bilan Projet LaMA soutenu par l'IFR ILEE

suite à l'appel à projets d'équipement 2005-2006

Objet du projet LaMA

Le LaMA (Laboratoire Mutualisé d'Analyse des isotopes stables de l'eau) est un programme de laboratoire porté par l'unité Great Ice (UR 032) de l'IRD en collaboration étroite avec le laboratoire d'hydrogéologie de l'Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse (UAPV), et soutenu avec succès par les unités de l'IFR ILEE. Ce projet en est à l'heure actuelle dans sa phase de construction. Il a pour objet l'acquisition d'un équipement spécialisé pour l'analyse des deux isotopes de l'eau ^2H et ^{18}O (spectromètre de masse et automates de préparation des échantillons), et est motivé par les multiples applications que la mesure des isotopes stables peut apporter dans les études en hydrologie, hydrogéologie, climatologie, et les sciences de l'environnement qui y sont rattachées.

L'IRD, l'UAPV et l'IFR ILEE ont mutualisé leurs efforts afin de créer ce laboratoire sous forme de plateforme analytique. L'équipement est la copropriété de l'IRD et de l'UAPV à hauteur de leurs contributions respectives. Le laboratoire LaMA a été inscrit dès sa conception dans la plateforme mutualisée de l'IFR ILEE. Le soutien financier de l'IFR au projet LaMA a couvert l'installation et la mise en conformité du laboratoire proprement dit, à la Maison des Sciences de l'Eau de Montpellier.

La rédaction de l'appel d'offre puis la sélection de l'équipement ont eu lieu au cours du deuxième semestre 2005. Le premier semestre 2006 est employé à la préparation et aux travaux d'installation du local, la réception de l'équipement étant prévue en juin 2006. Les tests d'intercomparaison, le contrôle qualité, et la validation des procédures analytiques auront lieu au cours du deuxième semestre 2006, et les programmes d'analyses répondant aux projets scientifiques débiteront fin 2006 ou en janvier 2007. Le détail des étapes de la constitution du LaMA est donné dans ce document.

Sélection de l'équipement

L'appel d'offre lancé en septembre 2005 a porté sur un spectromètre de masse à source gazeuse pour l'analyse des isotopes stables en particulier de H_2 (pour la mesure $\delta^2\text{H}$) et CO_2 (pour la mesure $\delta^{18}\text{O}$), capable d'atteindre des précisions nécessaires à la mesure des variations de l'excès en deutérium ($d = \delta^2\text{H} - 8 \times \delta^{18}\text{O}$) dans les environnements naturels. Ces mesures nécessitent les précisions de $\pm 0.5\text{‰}$ sur la mesure $\delta^2\text{H}$ et de $\pm 0.05\text{‰}$ sur la mesure $\delta^{18}\text{O}$. Ces paramètres ont été présentés comme primordiaux dans le cahier des charges.

Deux offres ont été formulées en réponse à l'appel d'offre, par GV Instruments et Thermo Electron. Les deux compagnies ont proposé des systèmes centrés respectivement autour des

spectromètres Isoprime et Delta Advantage, et comprenant deux automates indépendants pour l'analyse du deutérium et de l'oxygène 18. Jean-Denis Taupin (IRD) et Nicolas Patris (CDD chercheur IRD) se sont rendus sur les sites de ces constructeurs afin de tester ces machines en aveugle sur des standards isotopiques connus.

La qualité des résultats des tests isotopiques en aveugle, ainsi que les capacités des systèmes en terme de nombre d'échantillons par année, les coûts afférents aux analyses (consommables, gaz, temps de main d'œuvre pour la préparation), la qualité du service de production et de suivi après-vente, ont tous conduit les membres de l'unité concernés à se prononcer en faveur de l'offre GV Instruments. Le comité en charge de la désignation du marché est allé dans le même sens.

L'équipement du LaMA, qui a été effectivement commandé par l'IRD en janvier 2006, est donc composé du spectromètre Isoprime, du système PyrOH pour l'analyse du deutérium par pyrolyse (réduction de H₂O sur Cr pour donner H₂) en flux continu, et du système Aquaprep pour l'analyse de l'oxygène 18 par équilibration (équilibre isotopique entre H₂O et CO₂) en double introduction. En fonctionnement en routine, les capacités annuelles de cet équipement devraient atteindre 5000 analyses isotopiques pour chacun des 2 isotopes. L'ensemble de cet équipement sera livré à la MSE en juin 2006.

Mise en place du laboratoire

L'installation de ce matériel dans le local désigné de la MSE (pièce 18-19) nécessite une série de travaux préalables, qui sont financés par l'IFR ILEE à hauteur de 40 000 €:

- la mise en conformité du système électrique ;
- l'installation d'un système de climatisation capable d'assurer une stabilité thermique meilleure que $\pm 0.1^\circ\text{C}$ par minute ;
- l'installation d'une cloison phonique séparant la partie bureau de la partie laboratoire (le bureau fera également office de sas entre le laboratoire et le couloir extérieur afin de favoriser la stabilité thermique propice à la mesure isotopique de grande précision) ;
- la construction d'un abri externe pour les bouteilles de gaz et l'installation des détendeurs, manomètres et conduits pour relier cet abri à l'équipement.

Le financement de l'IFR ILEE est également utilisé pour la fourniture de base du laboratoire nécessaire à son fonctionnement (mobilier, outillage simple, multimètre, congélateur, etc.). L'abri externe pour les bouteilles de gaz a été réalisé en mars 2006. Les commandes concernant le système électrique, la climatisation, la cloison, et l'installation du système de gaz, ont été passées début avril 2006, et les travaux seront achevés début mai 2006.

Règles d'utilisation et de fonctionnement

Comme précisé plus haut, la vocation de ce nouveau laboratoire est d'être une plateforme analytique à la disposition des unités partenaires du projet en priorité, ou d'unités scientifiques extérieures. Les modalités d'accès et d'utilisation de l'équipement ont été définies dans la convention d'utilisation, actuellement en examen administratif.

Cette convention prévoit notamment la création d'un comité des utilisateurs dont les fonctions seront entre autres de définir ou de se prononcer sur l'ordre de priorité de passage des analyses, les demandes de programmes scientifiques extérieurs, les demandes de formation de personnels sur l'équipement, la gestion financière du LaMA, la validation des tarifs appliqués, et la procédure d'accréditation des personnels amenés à utiliser le matériel.

Selon la convention, les unités sous tutelle de l'IRD (incluant les unités de l'IFR ILEE), l'UAPV, et les unités de l'IFR ILEE autres que IRD ont un droit de passage en nombre d'échantillons annuels au prorata des apports financiers assurés par l'IRD, l'UAPV et l'IFR ILEE. Sur la base d'une capacité maximale de 5000 analyses annuelles ($\delta^2\text{H}$ et $\delta^{18}\text{O}$), ces droit s'élèvent à :

- 3900 échantillons pour l'unité Great Ice et aux unités IFR ILEE sous tutelle IRD ;
- 900 échantillons pour l'UAPV ;
- 200 échantillons pour les unités de l'IFR ILEE n'ayant pas l'IRD comme tutelle.

Les analyses seront effectuées à titre onéreux pour permettre une auto-gestion efficace du LaMA. Différents niveaux de tarification seront établis pour 1) les unités associées au projet, 2) les programmes d'analyses venant d'unités étrangères au projet mais portant un intérêt de coopération scientifique pour l'une ou plusieurs unités signataires du projet, 3) les demandes sans implication scientifique des unités signataires ou demandes privées.

Projets scientifiques

Plusieurs modalités seront mises en place en fonction de l'origine des projets scientifiques proposés au LaMA.

Les programmes scientifiques portés par l'unité Great Ice et le laboratoire d'hydrogéologie de l'UAPV sont bien cernés et seront développés en interne. Ces deux unités assureront la fourniture d'environ 1500 à 2000 échantillons par an, sous réserve du financement de projets complémentaires (programmes glaciologiques et/ou hydrologiques).

L'unité Great Ice apporte un programme complet d'études des ressources en eau dans les Andes aux basses et moyennes latitudes, en s'appuyant en particulier sur des études climatologiques à partir des carottes de glace, et sur un réseau de collecte de précipitations aux basses latitudes. Une étude isotopique des précipitations locales sur Montpellier sera initiée avec pour objectif un suivi sur le long terme de la variabilité isotopique locale afin de positionner le LaMA comme laboratoire isotopique de référence et participant aux bases de données isotopiques nationales et internationales de

suivi des précipitations. Cette activité a été soumise par Great Ice à l'IFR ILEE comme objet de financement complémentaire au printemps 2006.

Une réunion d'information a été tenue en mars 2006 pour initier l'implication des unités de l'IFR ILEE potentiellement intéressées par des analyses isotopiques au LaMA. Il y a été décidé qu'une réunion scientifique sera organisée en septembre 2006 où les différentes unités IFR intéressées présenteront leurs projets d'utilisation de l'analyse isotopique sur l'année 2007. Une des fonctions essentielles du LaMA sera l'accompagnement à la préparation des programmes d'analyses isotopiques formulés par les unités associées lorsque cela est nécessaire. Le personnel LaMA apportera son expertise et son conseil aux chercheurs de ces unités qui sont potentiellement intéressés par l'outil isotopique, sans en avoir une expérience concrète.

Les programmes d'analyses isotopiques provenant d'unités extérieures seront évalués par le comité des utilisateurs conformément à la convention d'utilisation.

Conclusion et prospectives

Grâce au soutien de l'IFR et son encrage dans un cadre mutualisé, le LaMA permet aux équipes impliquées d'acquérir une autonomie d'analyse pour développer des recherches en hydrologie isotopique, de renforcer les synergies entre les unités impliquées, d'accroître leur pouvoir d'attraction de partenaires du sud et du nord, et de développer les capacités de formation en liaison avec des structures universitaires.

L'existence de cet outil à disposition des différentes unités renforce les compétences analytiques pour caractériser par exemple le cycle hydrologique à différentes échelles spatio-temporelles, les cheminements de l'eau à travers les réservoirs, l'impact anthropique sur les ressources en eau et sur la qualité de l'eau, le traçage des eaux de surface ou souterraines, les enregistrements paléoclimatiques glaciaires, ou servir de base à des efforts de modélisation des processus climatiques ou hydrogéologiques.

Si le fonctionnement en routine concerne essentiellement l'analyse d'échantillons d'eau douce, l'équipement acquis permet une large palette d'applications grâce à sa capacité affichée à obtenir des mesures isotopiques précises sur des quantités d'eau très réduites (jusqu'à l'échelle des nanolitres) et sur des gammes de salinité étendues (saumures, solutions aqueuses, par exemple jus, vins...). Les développements analytiques nécessaires à ces mesures pourront être pris en compte à court ou moyen terme.

Enfin, à plus long terme, selon les nécessités, les besoins, ou les aspirations des unités concernées, la constitution du LaMA offre la possibilité de développer les capacités analytiques en isotopes stables autres que les isotopes de l'eau, par exemple pour des études de traçage et de processus sur les carbonates, nitrates, ou sulfates, autour des mesures ^{15}N , ^{13}C , ^{17}O , ^{18}O , ^{34}S . Ces développements feraient l'objet d'investissement sur des équipements analytiques complémentaires.

Echéancier LaMA

- Sep-Dec 2005: Appel d'offre, tests chez les fabricants, sélection de l'équipement.
- Janvier-avril 2006 : mise en oeuvre de la préparation du laboratoire du spectromètre de masse (MSEM, labo 18: installations électrique, gaz, climatisation, etc)
- Février-avril 2006 : Rédaction de la convention d'utilisation de l'équipement, définissant en particulier les conditions d'accès, la gestion, les comités ou conseils scientifique et de gestion.
- Mars 2006 : Début de la prospective pour les projets scientifiques d'utilisation du LaMA des unités IFR ILEE pour l'année 2007.
- Juin 2006 : Installation et mise en route du spectromètre. Les tests préliminaires et la formation de base des personnels seront effectués durant l'été.
- Deuxième semestre 2006 : tests machines, exercices d'intercalibration, mise en place des procédures et contrôles qualité, formation du personnel aux interventions de base sur la machine. Réalisation d'un standard isotopique commun avec le LSCE (CEA-CNRS).
- 2007 : Début de la production scientifique proprement dite.

Nicolas Patris, chercheur CDD Great Ice, responsable de la mise en route du LaMA, spécialiste des isotopes stables ;

Jean-Denis Taupin, chercheur Great Ice, responsable de la conception du LaMA, hydrogéochimiste spécialiste des isotopes stables de l'eau ;

Anne Coudrain, directeur d'unité Great Ice.