



Editorial

Bonjour

Je suis heureux de vous présenter la deuxième newsletter de CRITEX. Merci à tous les porteurs de WP d'avoir rédigé quelques lignes sur l'état d'avancement de leurs acquisitions ou de leurs développements.

Comme vous le constaterez, CRITEX est bel et bien parti grâce à l'engagement de tous.

La quasi-totalité des équipements est désormais acquise, le reste le sera en 2015. Les prototypes ont vu le jour et certains sont déjà installés sur le terrain, comme la Chemical House. Les observatoires d'Oracle et du Strengbach ont ouvert la voie et connaissent une émulation pluridisciplinaire prometteuse.

On ne peut qu'être impressionné de la vigueur et de l'enthousiasme collectif qu'à généré CRITEX. Des collaborations interdisciplinaires ont vu le jour, basées sur les observatoires des réseaux RBV et H+.

Nous pouvons encore mieux faire et j'espère que la lecture de cette deuxième "lettre de CRITEX" stimulera votre envie de travailler pour une approche intégrée sur la Zone Critique de la Terre, à un moment crucial où cette notion connaît un succès grandissant (voir encadré sur les initiatives internationales).

Notre prochain rendez vous est le meeting annuel 2015, qui, outre de faire le point des équipements acquis, permettra aux équipes impliquées dans nos observatoires de la Zone Critique de se lancer dans des projets ambitieux et novateurs.



Sincèrement
Jérôme Gaillardet
Coordinateur CRITEX

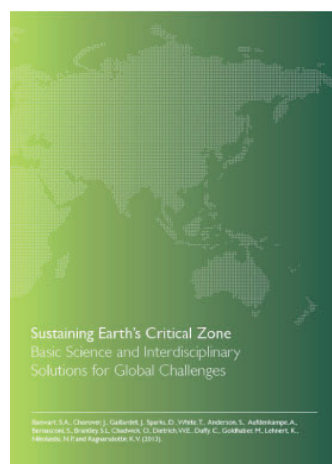


LA LETTRE DE CRITEX

Newsletter #2 Janvier 2015

CRITEX is a 10-year program involving a large number of teams, some in charge of an equipment and some others in charge of one of the elementary observatories of RBV (réseau des bassins versants) or H+ (réseau hydrogéologique) networks of Allenvi. The key point in the success of CRITEX will be the ability of all groups to work together for a better understanding of the Critical Zone of the Earth and share common innovative equipments though innovative research projects.

L'initiative Zone Critique s'internationalise



L'initiative "Zone Critique" est née sous l'impulsion du National Research Council des Etats Unis en 2001. La "Zone Critique" de la terre désigne la mince pellicule de notre planète qui résulte de l'interaction de la lithosphère, de la biosphère, de l'hydrosphère et de l'atmosphère. C'est une des couches limite de la Terre qui joue un rôle essentiel pour tous les grands cycles planétaires et qui abrite la vie. Elle est le point de départ des chaînes trophiques et le berceau des civilisations. L'approche "Zone Critique" consiste à ne plus

regarder les compartiments de cette pellicule (eau, sol, biota, gaz) comme des entités séparées mais comme les éléments d'un même objet qui évolue sur des périodes de temps allant de la seconde aux temps géologiques. Les dimensions temporelle et spatiale (verticale et horizontale) sont indispensables à cette approche holistique de la surface terrestre. Le mérite essentiel de cette notion de zone critique est de renforcer l'étude des interfaces et de lui donner un sens systémique.

Au delà des efforts nationaux pour encourager cette nouvelle approche scientifique, un vaste mouvement international s'organise. En 2011, lors d'un séminaire dans le Delaware, ont été posés les jalons d'une organisation internationale de la ZC. Un petit livre a été édité (voir image ci-contre), téléchargeable sur la web (http://www.czen.org/files/czen/Sustaining-Earths-Critical-Zone_FINAL-290713.pdf).

En 2014, deux réunions importantes ont convié des experts et des financeurs nationaux (NSF, Chinese NSF, NERC, DFG, CNRS), l'une en mai 2014 à Pékin et l'autre en décembre 2014 à San Fransisco pour mettre au point des mécanismes de financement internationaux visant à encourager l'étude de la ZC et le développement d'observatoires de la zone critique multidisciplinaires.



L'équipe de direction CRITEX comprend Jérôme Gaillardet, coordinateur, Laurent Longuevergne, co-coordonateur, le comité de direction constitué de Christian Valentin, Anne Probst, Gaëlle Tallec, Jérôme Molénat, Philippe Davy et Tanguy Leborgne.
Contact : gaillardet@ipgp.fr, laurent.longuevergne@univ-rennes1.fr
La gestion du projet CRITEX est effectuée par le bureau des contrats de l'IPGP : Rosa Bernal Carrera et Magdalena Niska (bureau-des-contrats@ipgp.fr).



GESTION DE CRITEX : les grandes étapes 2014

Le 28 juillet 2014, l'Accord de Consortium liant l'ensemble des 15 partenaires du projet CRITEX a enfin été signé. Ce document de plus de 100 pages définit le rôle du coordinateur, du co-coordinateur, des divers comités et établit les règles de partage des connaissances générées par le projet CRITEX. Cet accord prend effet de manière rétro-active au premier septembre 2012. Nous devons ce texte et sa signature au travail acharné de Mmes Vanessa Vieira-Martins et Chiara Chelini de la délégation régionale Ile de France Est du CNRS (service valorisation et partenariat).

La Zone Critique dans les appels d'offres nationaux et internationaux

L'ANR a organisé les 9 et 10 décembre 2014 un colloque de synthèse des trois programmes ADD, Systerra et Agro-Biopsphère. La session sur les sols a mis en évidence que les sept projets acceptés analysés s'étaient tous appuyés sur des observatoires à long terme. Certains de ces observatoires avaient attirés deux projets (p. ex. Naizin, Laos). Toutefois un seul projet (Escapade) mobilise plusieurs observatoires (Orgeval, Naizin, Auradé). Pour le premier appel à projets par défis, sept projets portant sur la zone critique ont été sélectionnés, ce qui constitue un score supérieur à la moyenne. Les résultats des pré-projets déposés en 2014 ne devraient pas être connus avant la seconde moitié de février. D'une manière générale, leur nombre a été plus réduit qu'en 2013.

Le 1/9/2014, le projet **eLTER** a été soumis à la Commission Européenne dans le cadre des appels à projets H2020-INFRAIA-2014-2015, "Integrating and opening research infrastructures of European interest".

Ce projet eLTER "European Long-Term Ecosystem and socio-ecological Research Infrastructure" a été essentiellement rédigé par Michael Mirtl et Herbert Haubold de l'Agence Environnementale Autrichienne. Le partenaire français est le CNRS (représenté par P. Delécluse et S. Thiébault, directrices de l'INSU et de INEE respectivement). Les organismes INRA, IRD, IRSTEA y sont en "third parties".

Ce projet répond à la demande de la Commission de voir émerger en Europe une "**starting community**" regroupant les observatoires de la Zone Critique et les observatoires écologiques de type LTER et LTSE, dont les **Zones Ateliers** sont le miroir français.

Ce projet européen doit forcer les communautés LTSE et Zone Critique à se rapprocher. Le modèle allemand des TERENO ou australien du TERN pourrait servir de modèle.

La réponse à cet appel d'offre devrait être connue en février.

Les premiers rapports scientifiques et financiers de CRITEX ont été envoyés à l'ANR pour la date du 25 mars 2014 qui les a validés. Ce rapport et les tableaux financiers couvrent la période de janvier à décembre 2013. Merci au bureau des contrats de l'IPGP pour avoir travaillé sur les états financiers. Le prochain reporting est attendu pour le 15 mars 2015.

Suite à notre demande, l'ANR, dans un avenant à la convention attributive d'aide CRITEX, signé le 5/12/2014, autorise la prolongation de la tranche 1 (investissement) du projet CRITEX pour une durée de 12 mois. On peut désormais lire dans la convention liant le CNRS à l'ANR "**la date de début de la tranche 1 correspond au T0 du projet, soit le 1/9/2012; elle se déroulera sur 51 mois. La durée de réalisation de l'équipement est ainsi prolongée, à l'effet du présent avenant, jusqu'au 30/11/2016**".

Ainsi, la phase de développement instrumentale a été étendue pour permettre le financement du matériel et des CDD jusqu'à la fin 2016

En vrac,

- les instituts des Sciences de l'Univers (INSU) et Ecologie et Environnement (INEE) ont co-organisés à l'initiative de Gudrun Bornette et Nicolas Arnaud, à Paris, les 7 et 8 octobre 2014, un atelier de deux jours, présidé par Christian Valentin, sous la forme d'un RTP (réseau thématique pluridisciplinaire) sur le **SOL**. Ce séminaire a permis en particulier à des chercheurs recrutés récemment issus de l'écologie et des sciences de la Terre d'échanger leur vision sur cette interface importante. Un rapport sera disponible au début de l'année 2015

- **Belmont Forum** : à l'initiative d'Allenvi, un projet "**Collaborative Research Actions**" appelé "For an integrated study of the Critical Zone of the Earth: between the rocks and the sky" a été déposé par la France lors de la dernière réunion du Belmont Forum à Pékin en Octobre 2014. Toutefois, le projet n'a pas été retenu malgré sa grande qualité, car ne mettant pas assez en avant les enjeux de trans-disciplinarité « science-société » qui sont attendus dans le cadre du Belmont Challenge et de Future Earth.

- Les discussions bi-latérales entre la NSFC et l'ANR, suite à la visite en France du professeur Cong-Qiang Liu à Paris en avril 2014, ont permis de flécher le thème des **bassins versants dans l'appel d'offre international franco-chinois de l'ANR**.

CRITEX dans les réunions nationales et internationales

La 10^{ème} édition de la conférence « **Geochemistry of the Earth's surface** » (GES-10), placée cette année sous le signe de la **Zone Critique**, s'est tenue du 18 au 22 Août à Paris (<http://ges10.web-events.net/>). Chaque matin, les quelques 150 participants, réunis dans le grand amphithéâtre de l'**IPGP**, venus de tous horizons géographiques, ont pu écouter les présentations orales, données par des orateurs brillants et réputés pour la qualité de leurs travaux récents et balayant un large spectre thématique allant des observatoires de la zone critique, aux modèles de transport réactif, à l'utilisation des isotopes et le rôle de la zone critique dans le changement environnemental global. CRITEX y fut bien représenté avec des conférences invitées de **Jean Riotte** et **Yves Godderis** (observatoire de BVET), **Tanguy Leborgne** (Observatoire H+) et de nombreux posters.

Une brillante intervention de **Bruno Latour**, (Science Po Paris) philosophe et historien des sciences (photo) sur l'importance géopolitique du concept de zone critique a clôturé la conférence. Des événements sociaux tels qu'une dégustation de vin et un banquet-croisière sont venus donner à cette réunion scientifique une ambiance décontractée et amicale.

Un volume spécial des « **Procedia of Earth and Planetary Science** » a été édité pour l'occasion où l'on peut retrouver l'ensemble des travaux présentés (volume 10, 2014). La **vidéo** de l'intervention de Bruno Latour est disponible sur demande.

Le GES-10 a été précédé d'un « **field trip** » permettant d'explorer la zone critique dans le massif du **Jura**, organisée par **Jacques Mudry** et **Marc Steinmann** (Observatoire Jurassien Karst de RBV) de l'Université de Franche-Comté et **Jérôme Gaillardet**.

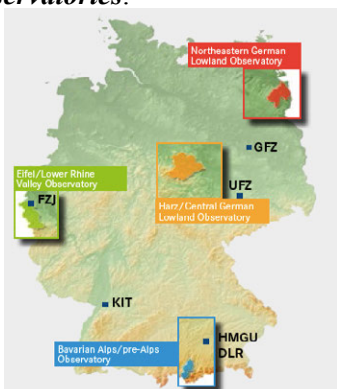
Cette conférence a été sponsorisée par l'**INSU**, l'**INRA**, l'**IRD**, l'**EAG**, l'**IAGC**, la **Critical Zone Initiative des Etats Unis**, le **Réseau des Bassins Versants (RBV)** et bien entendu l'**IPGP** qui a mis à disposition les locaux.



La visite de terrain jurassienne du GES-10 devant une auberge à Reculfoz, près de Mouthe (Doubs)

Le premier meeting international du réseau allemand **TERENO** s'est tenu à Bonn du 29 septembre au 2 octobre dernier. A l'invitation d'Harry Vereecken, J. Gaillardet y a présenté le projet CRITEX.

Le concept de zone critique est maintenant intégré au réseau TERENO dans lequel plusieurs observatoires sont ainsi devenus des **Critical Zone Observatories**.



GEOFCAN

Geofcan est un réseau scientifique traitant d'une approche géophysique et structurale de l'organisation spatiale et du fonctionnement des couvertures pédologiques anthropisées et naturelles. L'objectif du réseau est de rassembler les compétences autour (i) une meilleure connaissance des relations entre la constitution des matériaux et leurs propriétés (géo)physiques élémentaires, (ii) le développement des outils géophysiques adaptés à l'étude de la structure des formations superficielles comme des transferts dont elles sont le siège, (iii) le renouvellement des méthodes d'étude autour d'un objectif général de spatialisation. Ce réseau a été créé en 1994 entre quatre établissements, le Bureau des Recherches Géologiques et Minières (BRGM), l'Institut national de Recherches Agronomiques (INRA), l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), et l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC). En 2005, l'Université Paris-Sud (UPS) est venue se joindre à ce réseau. Ce réseau fait l'objet d'un protocole d'accord entre les cinq participants, régulièrement renouvelé. Ce protocole stipule les modalités de collaborations, prêts-emprunts d'appareil... Depuis sa création, il organise régulièrement un colloque ouvert à toute la communauté géophysique francophone. Le dernier a eu lieu à Orsay en novembre 2014, organisé par l'Université Paris-Sud, (<http://www.geofcan2014.u-psud.fr/geosciences-paris-sud.html>), où le projet CRITEX a été présenté.

CRITEX POUR LES NULS

CRITEX est l'un des 36 projets EQUIPEX sélectionnés en deuxième vague du PIA. Il est, avec CLIMCORE et RESIF, un des projets nationaux dont le CNRS-INSU a la gestion (http://media.enseignementsuprecherche.gouv.fr/file/Fiches_equipex_vague_2/02/7/CRITEX_203027.pdf). Il est co-porté par les réseaux RBV et H+, tous deux dispositifs de recherche et d'expérimentation en environnement (SOERE) labellisé par l'Alliance ALLENI. CRITEX a reçu 5 M€ en tranche 1 (équipement) et 2 M€ en tranche 2 (fonctionnement). Le projet a démarré le 01/09/2012 pour une durée de 88 mois. Parmi les dates importantes, notons le kickoff meeting à Paris, les 28 et 29 octobre 2012, la signature de la convention par le CNRS le 27 février 2013, la signature de la convention attributive d'aide n°ANR-11-EQPX-0011 entre l'ANR et la Délégation Régionale du CNRS (DR3) le 28 mars 2013. La réception des fonds par le CNRS a eu lieu le 15 avril 2013 et les crédits de l'année 1, tranche 1, ont été mis en place le 22 mai 2013. L'ANR verse l'argent à la DR3, qui le dirige à son tour vers les différentes délégations régionales impliquées dans le projet ou les organismes de recherche autre que le CNRS. Ceci se fait en fonction du calendrier et de l'échéancier signé par le Premier Ministre. Pour les organismes, des conventions de reversement ont été signées en 2013 (BRGM, INPT, IRSTEA). L'accord de consortium liant tous les partenaires de CRITEX et précisant leurs apports en terme de connaissances propres a été signé le 28 juillet 2014 au terme de 6 mois de négociation difficile. Les services juridiques n'arrivant pas à se mettre d'accord, l'Accord de consortium n'a pas pu être signé avant les dates limites fixées par l'ANR, en raison de quoi, CRITEX a été interrompu durant l'été 2014.

CRITEX : OU EN SONT LES MESURES DE HAUTE FREQUENCE DE LA ZONE CRITIQUE ?

WP1.1. Scintillométrie micro-onde (J. M. Cohard).

Le scintillomètre micro-onde a été commandé en fin d'année 2014 et il est finalisé. Il sera réceptionné dans la semaine du 24/11 à Wallingford. La post-doctorante associée au WP commencera le 5 janvier 2015. Il s'agit de Hélène Barral. Normalement le scintillomètre micro-onde devrait être déployé sur l'observatoire de l'Orgeval dans la Brie, au cours de l'année 2015. Les structures pour l'accueil du scintillomètre IR du WP1.2 ont été dimensionnées pour supporter également le scintillomètre micro-onde.

WP1.2. Flux et scintillométrie IR (B. Cappelaere, F. Arpin-Pont, J. P. Chazarin, J. Demarty, L. Prévot, J. M. Cohard).

Ce WP est jumelé avec le WP 1.1 (développement de la scintillométrie micro-ondes), en associant les différents types de mesures sur des sites communs. Les équipes impliquées dans les observatoires sont pour ORACLE (IRSTEA Antony) : G. Tallec, P. Ansart, A. Guérin, A. Blanchouin et pour AGRHYS (UMR SAS) : C. Flechard, Y. Hamon, M. Faucheux, L. Ruiz, O. Fovet.

CRITEX a permis les visites et missions de terrain : sur l'observatoire d'ORACLE (décembre 2013, juillet 2014, novembre 2014, décembre 2014) et celui d'AGRHYS (juillet 2014). En plus des visites, des visioconférences ont permis de faire avancer le WP. ORACLE (février 2014, juillet 2014), AGRHYS (juin 2014, novembre 2014).

Ces rencontres ont permis de mettre en route plusieurs phases. Une première phase fut celle de l'analyse des enjeux et questionnements scientifiques pour les deux observatoires concernés par la première phase du WP (ORACLE, AGRHYS), l'identification des objectifs liés au WP, analyse des contraintes techniques et opérationnelles générales sur chacun des observatoires. A l'issue de cette phase, la recherche de sites d'implantation précis a pu être mise en œuvre et finalisée pour les deux observatoires.

L'analyse des évolutions technologiques et commerciales récentes sur le marché et la comparaison avec les solutions concrètes possibles pour les différents matériels constitutifs de systèmes de mesures multi-échelles des échanges surface-atmosphère ont été alors faites. Le choix des capteurs a été finalisé pour les deux observatoires, ainsi que la conception des stations pour ORACLE. La conception est en cours concernant AGRHYS.

En fin d'année 2014, les achats sont réalisés à 95% pour ORACLE et son en cours pour AGRHYS. Les matériels destinés à ORACLE ont été réceptionnés et étaient en phase de préparation en décembre 2014. Sur le terrain (ORACLE), les infrastructures d'installation ont été réalisées de façon à ce que l'installation sur le terrain soit possible dans les toutes dernières semaines de décembre.



Préparation au labo du scintillomètre à extra-large ouverture Scintec-BLS2000 avant déploiement sur le bassin-versant de l'Orgeval (observatoire ORACLE).

Orgeval : aux grands enjeux, les grands moyens



En 2014, en collaboration avec HSM Montpellier et le LTHE de Grenoble, l'équipe IRSTEA de l'observatoire a commencé la mise en place de l'instrumentation haute fréquence permettant la mesure d'évapotranspiration réelle. L'instrumentation comprend une tour à flux pour la mesure ponctuelle et un scintillomètre pour la mesure intégrée. L'instrumentation sera opérationnelle en Mars 2015. Irstea s'est chargé d'une partie de la mise en œuvre (négociation



et convention avec les agriculteurs et le syndicat des eaux de Rebais, repérage terrain, calcul technique d'installation, gros œuvre...). Les plots de support de l'instrumentation ont été mis en place en septembre 2014 (Photos). Plusieurs réunions scientifiques ont été organisées avec des partenaires CRITEX et du GIS ORACLE pour développer le projet scientifique HYDROZONE (Coupled hydro-thermal model of the Critical Zone: How to better cope with climate change?) autour de l'instrumentation. Une proposition, coordonnée par Irstea, a été faite en octobre 2014 à l'ANR.

WP2.1. Hydrogravimétrie, le poids de l'eau (J. Hinderer).

L'ensemble des commandes d'équipement concernant ce WP a été réalisé cette année.

La commande la plus importante a été celle des 3 gravimètres supraconducteurs de type iGrav fabriqués par GWR Instruments. Après mise en concurrence, la commande a été passée par la Délégation Alsace en juin 2014 pour une somme proche de 500 k€. Un délai d'environ 12 mois est prévu avant la livraison sur le



Gravimètre supraconducteur de type iGrav

site de l'Observatoire Gravimétrique de Strasbourg des performances des 3 instruments par mesures en parallèle avec des gravimètres supraconducteurs déjà en fonctionnement. Après validation de la qualité des mesures, deux de ces gravimètres seront installés sur les deux sites sélectionnés, le Bassin Versant du Strengbach de l'OHGE dans les Vosges et celui de l'ORE AgrHyS en Bretagne. Le troisième gravimètre sera quant à lui déployé pour des expérimentations de durée limitée telles que des tests de pompage par exemple.

La commande pour un montant de 73 k€ d'un gravimètre de terrain Scintrex CG5 a été faite en début d'année et cet instrument a été livré en juin 2014. Ce gravimètre de terrain est utilisé depuis son arrivée sur le Bassin Versant du Strengbach pour des mesures de micro-gravimétrie faites sur un réseau de piézomètres afin d'étudier, à un rythme mensuel, les relations entre variations de niveaux d'eau et gravité.

WP2.2. Hydrogéodésie : les déformations liées à l'eau

Les BCAM et la station totale ont été achetées et livrées en 2014, comme prévu.

Les BCAM, instruments de laboratoire, sont en cours de test. Si la qualité de mesure n'est pas altérée en extérieur, les capteurs sont "myopes" et ne fonctionnent qu'à courte distance (<50 m). Nous songeons à remplacer les optiques d'origine pour parer à ce défaut.

Le développement méthodologique - et la définition d'un réseau de mesure adéquate - passe par une étape de modélisation des déformations hydromécaniques. Jonathan Schuite (Doctorant CRITEX) a passé 3 mois à Virginia Tech pour travailler avec Thomas Burbey sur le sujet. Les résultats sont intéressants puisque les inclinomètres permettent de séparer les variations de pression dans des fractures de la diffusion dans la matrice.

WP2.3. Sonde d'humidité HYMENET (X. Chavanne et J. P. frangi).

Le développement du prototype de réseau de capteurs autonomes d'humidité et de salinité des sols est bien avancé. Il doit permettre de faire un suivi in situ des profils verticaux en différents points d'un bassin et sur plusieurs mois. Le profil de température est aussi obtenu. Pour plus de détails consultez l'article récent dans la revue "Sensors" "Special Issue State-of-the-Art Sensors Technology in France" : <http://www.mdpi.com/1424-8220/14/9/15815>.

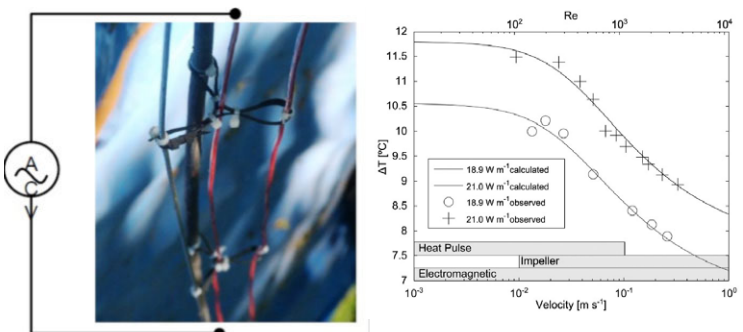
Pour rappel le cœur du capteur repose sur une mesure directe et conjointe de la permittivité et de la conductivité du sol, ce qu'aucun capteur commercial de mesure par permittivité ne fait. HYMENET permet un meilleur contrôle des incertitudes et des risques d'erreurs. Par ailleurs il a une géométrie optimisée pour obtenir un profil vertical des variables avec moyenne à chaque niveau sur un volume de sol représentatif.

WP3. Mesures à haute fréquence de la température de la ZC. (J. P. Malet et T. Le Borgne).

Coté strasbourgeois, les achats ont pu être réalisés en 2014. Il s'est agi de 3 numériseurs (DTS – Distributed Temperature Sensing) APSensing + matériel de télémétrie des données + sonde de température PT107 (calibration fibre optique) et de l'achat de 1250 m de fibre optique armée. La fibre optique a été installée en octobre 2014 sur le bassin du Strengbach à la fois à l'exutoire mais aussi dans le forage F5. Les mesures de température sont débuté le 2 octobre 2014 avec une fréquence d'acquisition de 12 min. Les séries de température brutes enregistrées le long de la fibre optique montrent des variations en accord avec les différents milieux traversés (eau du ruisseau, eau du forage et sol). Les températures mesurées par la fibre nécessitent une calibration et une correction de la dérive qui sont en cours de réalisation. La fibre optique a également été installée (250m) sur l'observatoire de Draix/Bléone pour des mesures d'humidité du sol en sub-surface. La fibre est installée à 3 profondeurs (-30 cm, -20 cm, -10 cm) et en surface dans une tranchée de 60 m de long traversant trois milieux (marnes noires dénudées, colluvions de pente peu consolidés, colluvions de pente consolidés) représentatifs. L'objectif est de développer des modèles d'humidité à partir des mesures de gradients de température. L'Université d'Avignon installe en parallèle un réseau de capteurs d'humidité (Decagon) pour la calibration.

Coté breton, l'essentiel des achats d'équipements a été également effectué. CRITEX dispose maintenant de deux unités de mesure distribuée de température par fibre optique (FO-DTS). La première est plutôt destinée à des applications précises en conditions contrôlées ou semi-contrôlées, en laboratoire ou pour des expériences sur site tandis que la deuxième unité est plus appropriée pour des suivis sur site. Cette nouvelle unité, qui vient d'être commandée et qui devrait être livrée début 2015, présente l'avantage de pouvoir moduler la fréquence du laser en fonction de la longueur de câbles utilisée (2,5 ; 5 ou 10 kilomètres) de façon à optimiser la qualité des mesures.

Les équipements disponibles ont surtout été utilisés pour développer une nouvelle méthode de mesure des vitesses d'écoulements sur un principe analogue à celui de l'anémométrie à fil chaud. En faisant passer un courant dans l'armature métallique du câble de fibre optique, nous avons montré que la différence de température entre le câble chauffé et un câble de référence non chauffé, était proportionnelle à la vitesse d'écoulement de l'eau. En collaboration avec des collègues des Universités d'East-anglia (Norwich, UK) et de l'Oregon (OSU, USA), nous avons utilisé ce principe pour mesurer de manière simultanée les écoulements tout le long d'un forage de Ploemeur (Read et al., 2014). Ces résultats prometteurs permettent d'envisager de nombreuses autres applications.



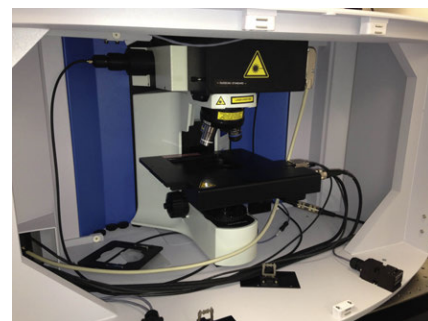
A gauche, photo du dispositif de mesure avec les deux câbles de fibre optique en rouge, le câble électrique et l'élingue de suspension ; à droite différence de température mesurée entre le câble chauffé et le câble de référence en fonction de la vitesse d'écoulement du fluide et pour deux puissances utilisées.

WP4.3. (suite)

Pour ce qui concerne la sonde d'alcalinité et de pH (APACHE), la collaboration avec le DT de l'INSU a pris du retard et la mise au point d'une version "cylindre" d'APACHE, plus petite, et mieux adaptée aux contraintes de la mesure en continue en rivière ne devrait être possible qu'au printemps 2015. Rappelons que cette sonde est basée sur un principe colorimétrique et est capable de mesurer à la fois l'alcalinité totale de l'eau, mais aussi le pH. Ces deux paramètres permettent de comprendre l'ensemble du système carbonate en solution aqueuse. Elle présente un intérêt immense car le système carbonate est le principal tampon des eaux continentales. L'acidification des eaux de surface et l'augmentation de l'altération chimique en réponse au changement environnemental sont des processus importants à surveillés pour mieux les comprendre.

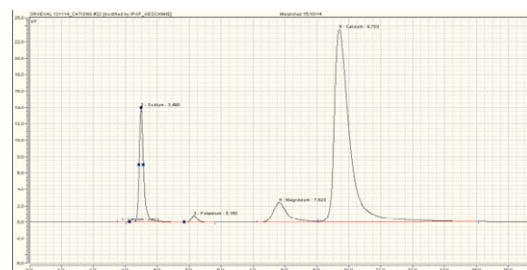
L'utilité principale de ce projet est de développer de nouveaux capteurs chimiques en couplant plusieurs systèmes de détection : optique, électrochimique et nanogravimétrique (piézoélectrique). Pour la partie Raman, des spectres seront obtenus à partir des échantillons, e.g. extraits organiques ou inorganiques du milieu naturel, matériaux utilisés dans le développement des capteurs, produits issus de différentes étapes, afin de localiser les espèces chimiques et leur distribution dans le milieu étudié. Ces espèces pourront être suivies aussi bien qualitativement que quantitativement tout au long des transformations chimiques, biologiques ou physiques observées en fonction de paramètres environnementaux comme la température, l'humidité, le pH et la pression en présence d'autres composés organiques comme inorganiques.

Raman CRITEX (Ensiacet)



Dans le cadre de son chantier « Instrumentation & Capteurs Environnementaux » (ICE), la fondation toulousaine STAE « **Sciences et Techniques pour l'Aéronautique et l'Espace** » a organisé un atelier de quelques jours à Nailloux (31) « **Autour des capteurs environnementaux : échantillonnage, préparation, protection** » du 17 au 19 novembre 2014. Ces journées rassemblent la communauté académique et industrielle intéressée par les problématiques inhérentes aux capteurs environnementaux, que ce soit pour la préparation des échantillons en amont de la détection (prélèvement in situ, conditionnement, pré-concentration) ou en vue de la protection contre les agressions du milieu d'immersion : principalement le développement de biofilms et de phénomène de corrosion (<http://stae-ice-epp.sciencesconf.org/>).

Le prototype de la *Chemical House* est en place sur le site des Avenelles de l'observatoire ORACLE (Bassin de l'Orgeval). Arnaud Blanchouin CDD IE et Paul Floury, doctorant ont été recruté par IRSTEA et l'Institut de Physique du Globe de Paris respectivement. Grâce à l'investissement des équipes de l'IRSTEA sur le terrain et à Antony ainsi qu'à la collaboration entre Thermofischer et Endress Hauser, la *Chemical House* a pu voir le jour en usine puis être installée sur le terrain pour le premier novembre 2014. Elle devrait être opérationnelle début Janvier 2015 et les tests de certification pourront commencer. Le rôle opérationnel est essentiellement assuré par IRSTEA. Les données, une fois acquises, à raison d'une analyse tous les 1/4h, seront télétransmises sur le serveur de l'IRSTEA à Antony. Deux propositions scientifiques à l'ONEMA et EC2CO coordonnées par IRSTEA ont été soumises en 2014 utilisant la *Chemical House*.



Arrivée de la Chemical House aux Avenelles et premier chromatogramme

CRITEX : OU EN SONT LES EQUIPEMENTS DESTINÉS AUX CAMPAGNES D'INVESTIGATION DE LA ZONE CRITIQUE ?

WP5. IDEVA: la révolution des drones (C. Delacourt, J. Ammann).

Le drone est arrivé ainsi que les sondes principales : caméra barrette hyperspectrale (Headwall) et centrale inertielle et le matériel d'intégration. Le choix de la barrette hyperspectrale (sur le mode pushbroom des satellites SPOT pour les puristes) a été conditionné par l'absence de capteur matriciel réellement hyperspectral miniature. L'année 2014 a donc consisté, en collaboration avec l'EPFL, à développer et tester le datalogger (instrument de synchronisation et d'acquisition de données entre les capteurs de positionnement et d'acquisition d'images). Le système est désormais opérationnel en laboratoire. Les premiers vols de la plateforme drone (octocoptère) avec acquisition de données ont été réalisés avec succès à l'aide d'une caméra optique conventionnelle. Une série de vols (sans acquisition de données) de la plateforme drone avec le système hyperspectral a été réalisée dans l'été 2014 (cf photo). En outre, de nouvelles spécifications liées à la mesure bathymétrique impliquant des vols au-dessus l'eau, nous ont conduits à modifier le cahier des charges initial pour inclure ces nouvelles contraintes sur les équipements (diverses protections, mise en caisson étanche des équipements, réajustement des performances du drone...). Ces deux points ont occasionné un décalage des premiers tests d'acquisition de données hyperspectrales au cours du premier semestre 2015.

WP6.1. Imagerie sismique (L. Bodet).

La majeure partie du matériel sismique a été acquise en novembre 2014, soit un dispositif complet d'acquisition 96 traces modulable permettant d'enregistrer les composantes verticales et horizontales du champ d'ondes. La première phase du WP6.1 a consisté dans le développement d'une méthodologie optimale pour l'enregistrement et l'interprétation combinés des ondes de compression et de surface, en vue d'une caractérisation systématique des rapports des vitesses des ondes de compression (VP) et de cisaillement (VS) de la zone critique. Ces développements ont été en partie réalisés dans le cadre de la thèse de doctorat de Sylvain PASQUET (soutenance le 17/11/2014) et d'un projet INSU/EC2CO financé en 2014. Pour cette première phase, le WP6.1 s'est déployé sur deux hydrosystèmes bien distincts : l'Orgeval, système aquifère multicouches aux lithologies latéralement continues ; et Plœmeur, système fracturé marqué par de fortes discontinuités. En plus d'aspects purement méthodologiques, les principaux résultats montrent l'aptitude de l'approche sismique proposée dans CRITEX à imager des variations latérales et temporelles du rapport VP/VS, ainsi que la capacité de ce paramètre à détecter la zone saturée. La deuxième phase du WP6.1 va démarrer en 2015 par l'application de la méthode à la zone non-saturée, en déployant le dispositif sur le site du LSBB (bassin versant de Fontaine-de-Vaucluse) conjointement à des mesures de teneur en eau RMP. La sismique retournera ensuite à Plœmeur pour notamment adapter la méthode au suivi d'infiltration, ainsi que sur l'Orgeval pour son application à l'étude de l'interface nappe-rivière.

WP6.2. RMP (A. Legchenko et J. F. Girard).

La réception du NUMIS poly CRITEX était prévue pour la fin de l'année 2014. Les premières mesures seront faites en forêt d'Orléans. Dans le cadre de l'utilisation de la RMP dans la Zone Critique, Sébastien Penz démarre un post-doc d'un an au BRGM avec J. F. Girard sur le filtrage du bruit EM sur les signaux RMP multi-voies, du type données Numis Poly. L'appareil sera à la disposition de la communauté CRITEX. Une mission au Bénin est également programmée pour mars 2015.

En 2014, par ailleurs, des campagnes de mesure RMP ont été réalisées sur l'observatoire OHGE (Strengbach) avec l'appareil du BRGM (Numis plus). C'est un bel exemple de collaboration transverse.

Le LTHE continue par ailleurs le développement d'un appareillage RMP avec des paramètres adaptés à la mesure de la teneur en eau dans la zone non-saturée (mise au point d'un prototype et CDD IE CRITEX).



WP6.3. Tomographie de résistivité (ERT) et cartographie électromagnétique (M. Décloîtres et R. Clément).

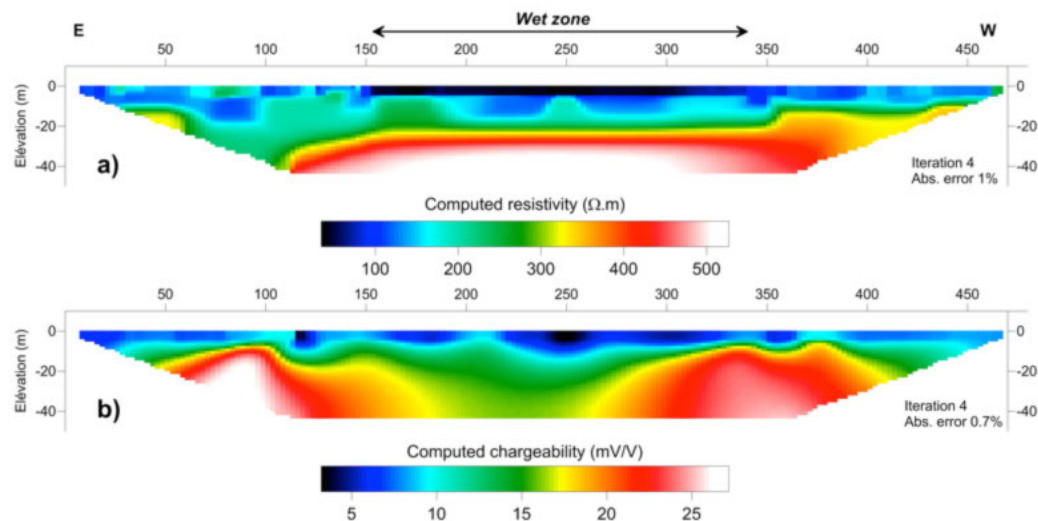
Comme annoncé il y a plus de 6 mois, Rémi Clément et Marc Descloîtres ont procédé à la recherche puis à l'achat de matériels de "résistivité" destinés à être mutualisés dans le cadre des recherches menées sur les bassins versants du projet CRITEX. Le choix permet un compromis entre les différents besoins exprimés par les participants à l'atelier CRITEX de juillet 2013 ("Suivi temporel de résistivité") et ceux qui nous ont contactés par la suite. Ce compromis permet de doter notre communauté :

- a) d'un appareillage de mesure de résistivité haute cadence comportant 72 électrodes, un Syscal Pro de la société IRIS Instrument.
- b) d'un appareillage de mesure de la conductivité électrique en mode électromagnétisme à faible nombre d'induction capable de réaliser des cartographies EM rapides et à différentes profondeurs d'investigation, très adaptées à la Zone Critique (de 1,5 à 5 m). Cet appareil est fabriqué par une société tchèque, "GF Instruments", et ses appareils sont maintenant de plus en plus connus de la communauté (cf achat récent de ce type d'instrument par l'UMR Metis. http://www.gfstruments.cz/index.php?menu=gi&smenu=iem&command=cmd_ov). Ces appareillages sont désormais à la disposition des recherches dans CRITEX (le CMD explorer a été livré à Grenoble, et le Syscal Pro le sera début janvier 2015). Enfin, il était prévu de réaliser des formations techniques sur ces équipements. Rémi Clément et Marc Descloîtres ont besoin du retour des collègues potentiellement intéressés par ces équipements de manière à en organiser des périodes de formation en 2015 et 2016.

WP 6.4 Polarisation provoquée (C. Camerlynck).

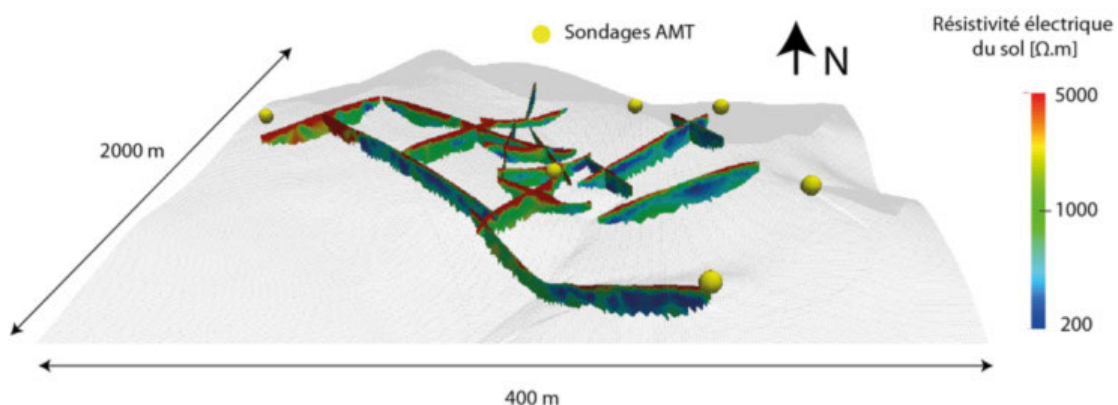
Des mesures de polarisation provoquée (PP) ont été effectuées sur le site de Plœmeur. Les premiers résultats ont montré l'importance d'une injection de puissance pour bien définir les paramètres de chargeabilité. Ce paramètre peut être interprété comme une concentration en sulfures (pyrite en particulier). Les données acquises sur le site de Plœmeur montrent la complémentarité de la résistivité et de la chargeabilité. Si les milieux profonds sont, d'une manière générale, plus résistants, les mesures PP indiquent des zones moins chargeables en dessous de la zone humide. Ainsi, la remontée des eaux profondes par des zones perméables, en oxydant la pyrite induirait un défaut de signal PP. Des mesures sur échantillons sont en cours pour valider cette hypothèse. Les résultats ont été présentés au 3ième workshop international sur la polarisation provoquée qui s'est tenue sur l'île d'Oléron en avril 2014 <http://ip.geosciences.mines-paristech.fr>.

WP 6.4. (suite) : ci-contre, (a) résistivité inversée du sous-sol au droit d'une zone humide à Ploemeur (b) chargeabilité inversée. Dans les 2 cas, un dispositif Wenner-Schlumberger avec espacement inter-électrode de 5m a été utilisé.



WP6.5. Controlled Source Audio-Magneto-telluric (CSAMT), (J. Gance, P. Sailhac, J. P. Malet)

Le choix du matériel a été réalisé suite au congrès « Electro-Magnetic Induction Workshop » (EMIW) tenu en août 2014 à Weimar, où étaient représentés les principaux constructeurs d'équipement CSAM. La procédure d'achat mise en place à l'automne 2014 permettra l'acquisition d'un émetteur transportable (T4 de Phoenix) et d'un récepteur associé (les détails du récepteur sont encore en cours de négociation). Le CSAMT a pour objectif dans le cadre de CRITEX une caractérisation des bassins versants à assez grande échelle sur la base de l'imagerie de conductivité électrique jusqu'à des profondeurs d'une centaine de mètres. Aussi pour préparer les mesures prévues en 2015 dès l'acquisition des nouveaux équipements, Julien Gance (post-doc CRITEX) et l'équipe de Strasbourg, ont travaillé à la construction d'un modèle de conductivité électrique à l'échelle du bassin versant du Strengbach (observatoire OHGE), sur la base de mesures DC existantes et nouvellement acquises (tomographie de résistivité électrique classique avec un équipement SYSCAL de l'EOST). L'équipe a également participé à la première campagne de mesures AMT sur ce site (mesures électromagnétiques passives, avec équipement METRONIX du parc MT de l'INSU).



Vue en 3D des différents profils de résistivité électrique inversés

Strengbach : l'union fait la force



Les activités en lien avec CRITEX vont bon train dans le bassin granitique du Strengbach. Une campagne RMP a été réalisée en avril 2014 sur l'ensemble du site pour tester notamment la technique en écho de spin et améliorer le signal. Cette campagne est la suite d'un projet débuté en 2013 et elle a bénéficié d'un co-financement du SOERE RBV pour les frais de missions notamment. Quatre forages ont été réalisés en fin 2013 et au premier trimestre 2014 clôturant ainsi le projet d'exploration



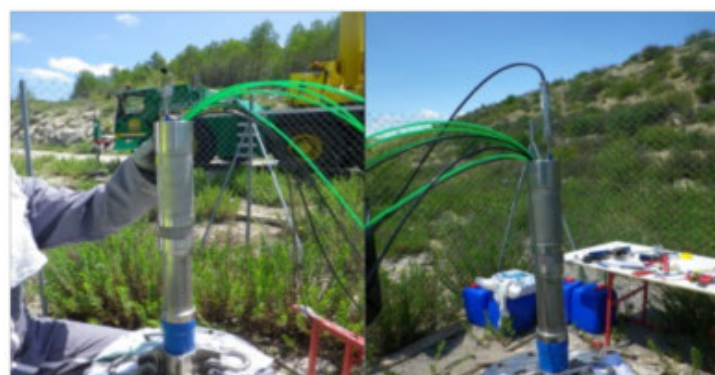
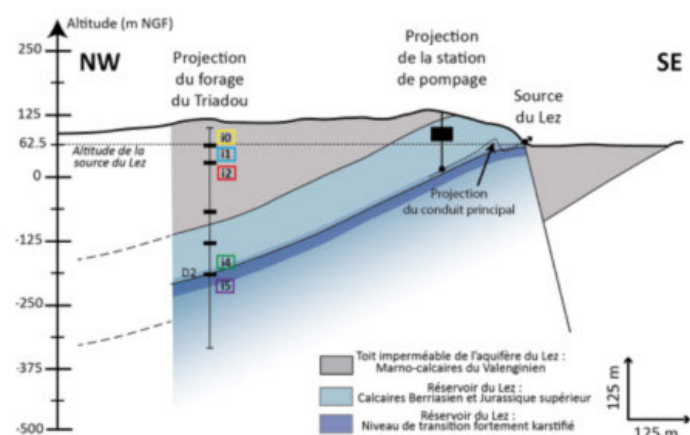
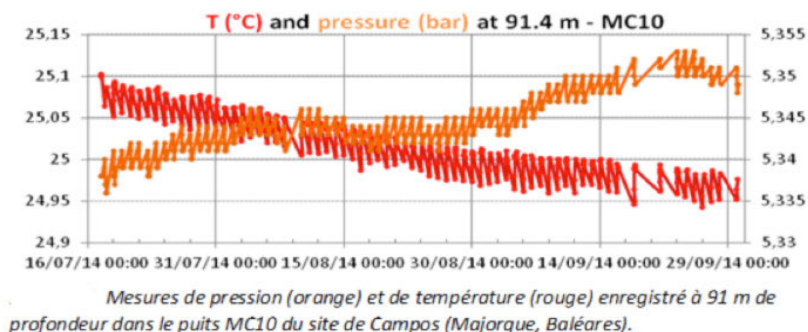
de la zone critique superficielle et profonde. Un forage a été carotté sur 90 mètres et un autre sur 50 mètres. Projet réalisé en co-financement avec le CPER REALISE. En octobre 2014 déploiement de 850 mètres de fibre optique pour la mesure haute fréquence de la température dans les eaux de surface (ruisseau) et profondes (puits de forage). Un suivi temporel gravimétrique est réalisé à proximité de plusieurs forages afin de comparer le signal de changement de gravité avec les enregistrements de variations de hauteurs d'eau dans les puits.

Par ailleurs, un i-grav sera installé sur le site en 2015. Des mesures de bruits ont déjà réalisés et la planification des travaux d'installation de la station (pilier, abris, alimentation électrique...) et de la localisation exacte du site est en cours.

WP7.1. Forages et monitoring hydrogéophysique en puits (H. Jourde, P. Pézard).

Sur l'observatoire de Medycys (OHMCV), un forage CRITEX de 335 m a été équipé du système "Multi-level monitoring PMPS" (SolExperts®) de façon à suivre en continu la pression/température dans le karst, au niveau de 5 intervalles isolés par des obturateurs et équipés pour le prélèvement d'eau souterraine (juillet 2014). Le dispositif permet de réaliser des prélèvements et la mise en place de capteurs à chaque intervalle isolé. L'accès à chaque intervalle se fait par le biais de capillaires avec pompage par surpression d'azote dans la ligne de prélèvement. Ce dispositif sera utilisé notamment dans le cadre du Doctorat de Xavier Durepaire (bourse ministérielle 2014-2017). Des analyses géochimiques des eaux de chaque intervalle seront périodiquement réalisées, couplées avec l'analyse des données pression/température. Sur le site expérimental de Campos au SE de Majorque (Espagne), caractérisé par la présence d'une intrusion d'eau de mer, le dispositif mobile de mesure de résistivité électrique en forage a été testé de juillet à septembre 2014. Equipé de la flûte mobile CRITEX de 100 m de long, les premières données de l'observatoire en forage ont été comparées à un profil diagramme enregistré à l'aide d'une sonde à induction mettant en évidence le bon fonctionnement des deux dispositifs.

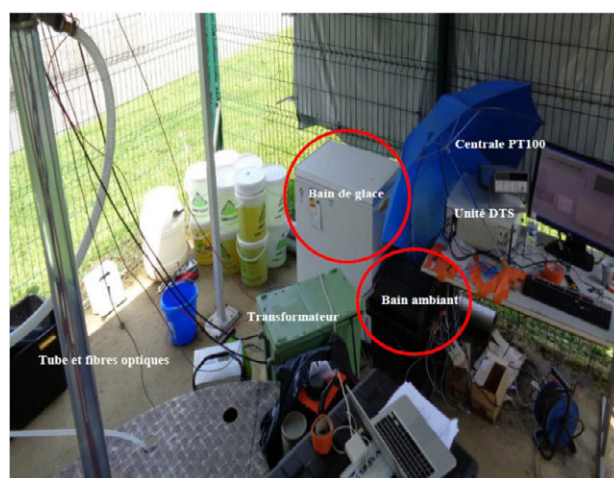
La réception complète et le test sur le terrain du système K-FBG de la société Kloé™ pour le monitoring de température et de gaz en forage par fibre optique se fera dans un premier temps et sur de courtes périodes durant le premier semestre 2015 sur les sites de Maguelone et de Lodève (Languedoc). Par la suite, des mises en œuvre de plusieurs mois du système K-FBG sur les sites CRITEX du Strengbach (Alsace) et Medycys (Languedoc) seront réalisés conjointement avec une flûte électrique imaGeau™ adaptée. Des réunions à Strasbourg (Strengbach) et Montpellier (Medycys) sont prévues à cet effet fin janvier 2015 pour préparer ces chantiers.



Contexte géologique et instrumentation sur l'observatoire de Medycys

WP7.2. A la recherche des flux profonds (O. Bour, H. Pauwels).

L'achat du débitmètre électromagnétique a été différé en attendant d'avoir investigué les potentialités de la méthode de mesure distribuée des vitesses d'écoulement basée sur l'utilisation de câbles de fibre optique chauffés (cf WP 3). Le grand avantage de cette nouvelle méthode que nous avons développée (Read et al, 2014) est de pouvoir mesurer de manière concomitante les débits et leurs variations le long d'un forage alors que toutes les autres méthodes ne fournissent des données qu'en un point à un instant donné. Pour tester cette méthode, un banc expérimental a été développé au laboratoire. Grâce à l'utilisation d'un tube transparent de 5 mètres de hauteur alimenté par une pompe au débit variable, il permet de faire varier les vitesses d'écoulements de 5 mm/s à 10 cm/s, conditions fréquemment rencontrées en forage dans des conditions naturelles. Ce dispositif expérimental est en cours d'utilisation pour tester la nouvelle méthode de débitmétrie et développer un nouveau prototype de mesure en forage.



Banc expérimental développé pour tester la mesure des vitesses d'écoulement par fibre optique.

WP7.3. Traceurs réactifs et inertes pour l'étude des eaux profondes (T. Leborgne)

Pour réaliser des traçages et suivis sur le terrain, en favorisant autant que possible la mesure in-situ, un laboratoire mobile (le *chemical truck*) a été aménagé et pourvu de plusieurs équipements. Actuellement, les équipements disponibles et testés sur le terrain sont les suivants :

- # un spectromètre MIMS (Membrane Inlet Mass Spectrometer) et d'un Micro GC (Chromatographe en phase gazeuse), pour mesurer en continu les gaz dissous (WP 8.1).
- # un système Rad Aqua, pour l'analyse en continu du radon dans l'eau
- # des équipements nécessaires à la préparation d'échantillon pour l'analyse microbiologique et chimique (dispositif de filtration, verrerie...)
- # d'une centrale d'acquisition disponible pour enregistrer en continu différents capteurs (pression, débits, concentrations etc...).

D'autres équipements sont prévus pour compléter le dispositif de mesure. Cet équipement a déjà été utilisé avec succès lors d'une campagne de mesure sur le site de Ploemeur, pour étudier la réactivité biogéochimique des eaux souterraines et caractériser les conditions de développements de biofilms.

WP7.3. Traceurs réactifs et inertes pour l'étude des eaux profondes (T. Leborgne), suite...

L'objectif de ces travaux est de comprendre comment les écoulements souterrains, la composition chimique des eaux et la présence de micro-organismes vont influencer la distribution et le développement de films bactériens à différentes profondeurs. Les conditions de mélange entre eau profonde et eaux superficielles sont suspectées être la principale cause du développement local de bactéries, responsables de la formation du biofilm. D'autres expériences ont été menées en collaboration avec l'Université de Lausanne pour développer de nouvelles méthodes d'imagerie et de suivi d'un traceur salin en milieu fracturé. L'objectif des expériences menées en juin dernier visait à tester l'intérêt de l'imagerie radar en forage pour mieux contraindre des tests de traçages de type push-pull, et en particulier être capable d'estimer l'extension du panache au cours du temps. Pour cela toute une série d'expériences de traçage avec suivi radar a été réalisée pendant une dizaine de jours.



En haut, le chemical truck CRITEX sur le terrain à Ploemeur.
En bas, mesure des gaz dissous en temps réel sur le MIMS par Elliot Chatton (étudiant en thèse Critex). Ça marche !

WP8.2. Traçage de la molécule d'eau (M. Sebilo).

Un spectromètre laser sera acheté en 2015. Depuis le dépôt et l'acceptation de CRITEX, la technologie a évolué. Initialement, il était prévu de se munir d'un laser permettant la mesure de la composition isotopique de l'eau ($\delta^{18}O$ et δ^2D) lors de suivi de crue, en temps réel. La difficulté résidait dans les interférences avec la matière organique dissoute. La nouvelle génération de laser permet théoriquement de s'affranchir des effets de matrice. Il est de plus envisagé de réaliser des mesures de ^{17}O sur le dissous et de pouvoir également réaliser des mesures de vapeur d'eau. Ainsi, ce type de technologie pourrait, en plus des études sur les milieux hydriques, s'avérer pertinente pour les couverts végétaux.

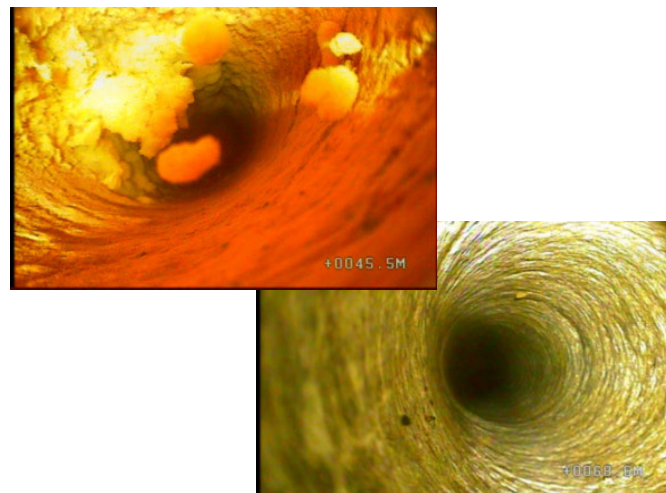
L'appareil sera acheté au cours du premier semestre 2015, avec une phase de test en laboratoire puis sur site.

WP8.3 Traceurs isotopiques intégratifs (P. Négrel).

L'embauche du CDD CRITEX par le BRGM, pour travailler sur le développement de capteurs passifs intégrant la composition isotopique des métaux dans le milieu (eaux porales, rivières) est prévue pour le mois de janvier 2015. Le candidat, Bryan CHAGUE, a été recruté sur ce poste. Bienvenue !



Pour la rédaction de la prochaine Lettre de CRITEX, merci de signaler à l'équipe de direction tout événement en lien avec CRITEX ou meeting auquel vous auriez participé en y parlant du projet.



Images optique d'un forage à différentes profondeurs. A gauche, à 45 m de profondeur, développement d'un biofilm. A droite à 68 m de profondeur, aucun biofilm n'est observé.

WP8.1. Techniques de traçage par les gaz : origine et temps de résidence de l'eau. (L. Aquilina, T. Labasque, V. de Montéty).

L'ensemble des achats d'investissement ont été réalisés en 2014 : membrane inlet mass spectrometer MIMS - 70K€, μ chromatographe en phase gazeuse μ GC - 20K€, sonde physico-chimiques in situ (NO_3^- , NH_4^+ , pH, Eh, O_2 , Cond) - 8K€. Un doctorant (Elliot Chatton) a débuté en oct 2014, sur le développement et les applications du dosage in situ des gaz dissous dans les eaux (hydrologie, hydrochimie, biogéochimie).

Les premiers essais de mesures in situ des gaz dissous ont été réalisés sur le site H+ de Ploemeur en juin 2014 au cours d'une expérience de traçage entre forages. Ces premiers essais ont permis de caractériser les équipements (μ GC et Radon) et d'estimer les temps de réponse, la sensibilité et la précision de la méthode. Une seconde campagne s'est ensuite tenue en octobre 2014 sur le Forage PZ26 de Guidel (site H+) afin de caractériser l'hydrochimie de venues d'eau dans un forage profond (200m), dans un but de compréhension du développement d'un biofilm bactérien important. Des analyses sur forage et sur fractures isolées ont été réalisées in situ pendant 4 jours. L'ensemble des gaz dissous ont été dosés sur place, ainsi que les nitrates et l'ammonium.

Ces essais et mesures sur sites nous ont permis de caractériser les équipements, notamment le MIMS et d'ébaucher une stratégie d'étalonnage et de validation des mesures en vue des travaux de recherche futurs.



Membrane Inlet mass spectrometer (MIMS)