

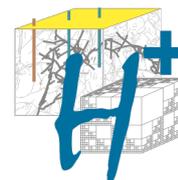
<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Réunion 2016 CRITEX
Rennes, 21 et 22 janvier 2016
Résumés scientifiques





*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Modélisation Hydrogéochimique couplée (Kirmat) des variations temporelles de
la composition chimique des sources du Strengbach

Ackerer J.

LHyGeS EOST, Université de Strasbourg et CNRS, 67000 Strasbourg

Site concerné: Site du Strengbach - base de données hydrogéochimiques de l'OHGE:
MC Pierret - D. Viville)

Instruments Critex concernés : projet financé dans le cadre du projet CPER REALISE 2007-2014 et du projet SoilTrec (2009-2015), mais relevant des thématiques RBV et CRITEX

Résumé :

L'analyse régulière de la concentration en éléments majeurs des eaux de sources émergeant sur le bassin versant du Strengbach est faite depuis plus de 20 ans pour certaines d'entre elles et plus de 10 ans pour la majorité. Ces données confirment la variation spatiale des flux exportés par les sources, liée en partie au moins, à la variabilité lithologique et pédologique du bassin (Pierret et al., 2014). En termes de flux dissous global exporté par ces sources, les données ne montrent pas de variations importantes de la valeur de ce flux pour les sources pour lesquelles nous disposons d'une chronique relativement longue (sources du versant nord essentiellement) à la différence de ce qui est observé à l'exutoire du bassin (Viville et al., 2012). Seuls les flux cationiques, essentiellement les flux en Ca, et dans une moindre mesure en Mg et K, diminuent au cours de ces 20 ou 10 dernières années, avec une amplitude de variation ($/3$) plus faible que celle observée dans les solutions de sol ($/10$: Prunier et al., 2015). Pour évaluer l'origine de ces variations, le modèle Hydrogéochimique couplée KIRMAT a été appliqué à quatre sources drainant un substratum relativement similaire, avec comme solution d'entrée les valeurs des solutions de sols collectées à 70cm de profondeur sur une parcelle de la même zone, pour s'affranchir de la modélisation des solutions de sols qui nécessite un module végétation non présent dans KIRMAT (travail en cours via le modèle WITCH par Beaulieu et al.). Les résultats indiquent que les variations géochimiques observées résulteraient d'une modification au cours du temps de la proportion d'apatite qui se dissout par rapport au plagioclase, en réponse aux modifications de la composition des solutions entrantes au cours de ces 20 dernières années. Ces résultats permettent également d'expliquer la variation spatiale observée entre ces quatre sources, essentiellement liée à des différences de temps de résidence des eaux alimentant ces sources.

Keywords: concentrations en éléments majeurs, séries temporelles, modélisation hydrogéochimique couplée, KIRMAT

Correspondance : julien.ackerer2@etu.unistra.fr, lucas@unistra.fr, fchabaux@unistra.fr



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Evaluation de l'évapotranspiration réelle à l'échelle du bassin versant

Seid Aggrey¹, Gaëlle Tallec¹, Vazken Andreassian¹, Ludovic Oudin², Jean-Martial Cohard³, Bernard Cappelaere⁴, Jerome Demarty⁴, Charles Perrin¹, Pierre Ribstein²

¹Irstea, ²UPMC, ³LTHE, ⁴HSM

Sites concernés : Observatoire ORACLE

Instruments Critex concernés : WP1 SILVANA : SoIL-Vegetation-Atmosphere (SVA) exchaNGes)

Résumé :

Grâce aux données issues des nouveaux dispositifs de mesure CRITEX installés sur l'observatoire ORACLE, nous nous proposons de confronter les mesures ponctuelles haute-fréquence avec la mesure indirecte basse fréquence issue du bilan hydrologique. Au-delà de l'avancée méthodologique, nous souhaiterions aussi pouvoir avancer sur les modes de calcul de l'ETR à partir de l'ETP, tels qu'ils sont utilisés dans les modèles hydrologiques.

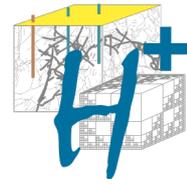
Travailler sur l'évaporation dans une perspective de bilan hydrologique est une nécessité si nous voulons pouvoir fournir des prévisions sérieuses d'évolution sous changement climatique. Si ce sujet n'est pas nouveau en soi, l'originalité du traitement proposé dans cette thèse vient :

- (i) de l'utilisation conjointe de deux types d'appareil de mesure de l'évaporation : le scintillomètre et la tour à flux, situés tous deux sur l'observatoire ORACLE ;
- (ii) de la confrontation de mesures ponctuelles à des bilans réalisés à l'échelle de bassins versants ;
- (iii) de l'élargissement du spectre des échelles de validation des calculs d'évaporation, en ayant recours en deuxième partie de la thèse à des données de lysimètres et de tours à flux issus de réseaux internationaux (Allemagne et Etats-Unis).

Mots clés: Scintillomètre, Tour à flux, Bilan énergétique, Evapotranspiration, flux de chaleur sensible.



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

UN LIEN ENTRE RESISTIVITE, CHARGEABILITE ET POROSITE DE DRAINAGE DANS LES AQUIFERES DE SOCLE TROPICAUX ?

ALLE, C.^{1,2}, DESCLOITRES, M.², CAMPOY, A.², YALO, N.¹, VOUILLAMOZ, J.M.²,
LAWSON, M.^{1,2}, ADIHOU, C.².

- 1- Laboratoire d'Hydrologie Appliquée, JEA Aqui-Bénin, Univ. d'Abomey Calavi, Bénin;
- 2- LTHER – UMR 5564 IRD/UGA/CNRS/G-INP, CS 40700, 38058 Grenoble cedex 9

Sites concernés : RBV / AMMA CATCH Bénin (Bassin versant d'Ara-Nalohou et sites connexes)

Instruments Critex concernés : Résistivité / Task 6.3

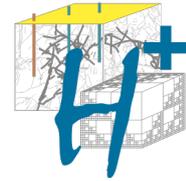
Résumé :

Cette étude explore les liens possibles entre les paramètres de résistivités et de chargeabilité et la porosité de drainage S_y des altérites des aquifères de socle au Bénin pour contribuer à réduire le taux d'échec des forages (40%). Cette étude se focalise sur la zone altérée, dans laquelle se situe la majorité du stock d'eau souterrain. Les données sont des diagraphies de résistivité / chargeabilité sur 6 sites du projet Européen GRIBA, dont un site AMMA Catch-RBV. Les résultats indiquent une augmentation des résistivités et des chargeabilités apparentes moyennes avec l'augmentation de la porosité de drainage. La relation avec la résistivité est complétée par l'ajout d'autres sites où S_y est déduite des mesures par résonance magnétique des protons. Par comparaison avec des tests au bleu de méthylène sur cuttings, nous constatons que plus le pourcentage d'argile est grand, plus la résistivité et la chargeabilité apparente sont faibles.

Keywords:, résistivité, chargeabilité, porosité de drainage, teneur en argile, aquifères de socle, Bénin



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Cobble deposits observed by drone in Vieux Habitants River (Guadeloupe, France): consequences on bedload transport

P. Allemand^{1*}, E. Lajeunesse², C. Delacourt³, O. Devauchelle², A. Quiquerez⁴, V. Langlois¹, P. Grandjean¹

1 Université de Lyon, Université Lyon 1 & ENS Lyon & CNRS, Laboratoire de Géologie de Lyon, Terre Planète Environnement, UMR 5276, 69100 Villeurbanne, France

2 Institut de Physique du Globe — Sorbonne Paris Cité, Equipe de Dynamique des Fluides Géologiques, UMR CNRS 7154, Paris, France

3 Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, Laboratoire Domaines Océaniques, CNRS UMR 6538, 29280 Plouzané, France

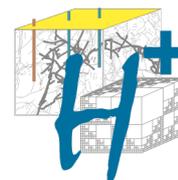
4 Université de Bourgogne, ARTeHIS, UMR CNRS 6298, 21000 Dijon, France

Sites concernés : OBSERA

Instruments Critex concernés : Drone, WP5

Résumé :

The physics of bedload transport has been investigated in artificial rivers, in natural rivers and by numerical experiments. These approaches demonstrated that bedload transport depends on diameter of pebbles and of the shear stress that acts on the river bed above a threshold stress. These parameters are difficult to estimate in natural rivers where the granulometry is spread out several tenths of centimeters and where the basal shear stress is very difficult to estimate. Three hundred meters of the alluvial portion of the Vieux Habitants River have been imaged by drone once a year during 7 years. The hydrograph of the river was measured upstream at 2 km of the study area. An ortho-image at a resolution around 3 cm was computed from the images of each mission. The cobbles that were deposited or transported away between two acquisitions were mapped in a GIS. The volumetric density of deposited cobbles by classes of 10 cm for a diameter of 0.1 to 1m was reported against the maximum water flow of the river that occurred between two acquisitions. This volumetric density reflects the flow of transported cobble during the flood. The dataset shows that the volumetric density of deposited cobbles is very low when water flow is lower than 35m³/s. Above this value, the volumetric density of deposited pebble increases with the flow. During the years of study, the hydrograph shows that the threshold for significant displacement was reached less than 0.03% of the time. Bedload transport occurs only during extreme meteorological events for cobbles with a diameter larger than 10 cm in a river as Vieux Habitant.



Réunion CRITEX, Rennes, 21 et 22 janvier 2016

<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

La mesure des échanges sol-végétation-atmosphère, une composante essentielle dans l'étude de la zone critique

Florent Arpin-Pont¹, Hélène Barral², Jean-Philippe Chazarin³,
Bernard Cappelaere³, Jean-Martial Cohard⁴, Laurent Prévot⁵, Jérôme Demarty³

Observatoire ORACLE : Gaëlle Tallec⁶, Patrick Ansart⁶, Arnaud Blanchouin⁶, Alain Guérin⁶,
Olivier Delaigue⁶

Observatoire AGRHYS : Chris Flechard⁷, Yannick Hamon⁷, Mickaël Fauchoux⁷, Ophélie
Fovet⁷, Laurent Ruiz⁷

¹ CNRS, UMR HSM, Montpellier, France, ² CNRS, UMR LTHE, Grenoble, France, ³ IRD, UMR HSM, Montpellier, France, ⁴ UGA, UMR LTHE, Grenoble, France, ⁵ INRA, UMR LISAH, Montpellier, France, ⁶ IRSTEA, UR HBAN, Antony, France, ⁷ INRA, UMR SAS, Rennes, France

Sites concernés : bassin de l'Orgeval (ORACLE), bassin du Naizin (AGRHYS)

Instruments CRITEX concernés :

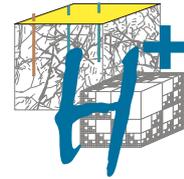
- WP 1.1 : scintillométrie micro-onde
- WP 1.2 : stations de flux (« eddy-covariance ») et scintillométrie infra-rouge

Résumé : Le WP 1 « Echanges sol-végétation-atmosphère » du projet CRITEX a pour objet la mesure des flux d'eau, de carbone et d'énergie échangés entre la surface terrestre (sol+végétation) et l'atmosphère. Ces échanges s'effectuent par transport turbulent lié aux mouvements de l'air dans la couche limite atmosphérique, ainsi également que par transferts radiatifs (dans la canopée) et conductifs (dans le sol) pour l'énergie. La mesure des flux turbulents peut être réalisée en faisant appel à deux techniques distinctes, permettant d'estimer les flux à pas de temps infra-horaire : (i) la méthode des covariances turbulentes (eddy covariance), la plus directe existante à ce jour, permet l'estimation à une échelle locale (parcelle) ; (ii) la scintillométrie, indirecte, mesure à une échelle kilométrique entre l'émetteur et le récepteur d'un rayon électromagnétique. En combinant les deux longueurs d'onde, infra-rouge et micro-onde, la méthode permet de quantifier les deux flux de chaleur (sensible et latente) conjointement. L'estimation des flux fait appel à des traitements lourds et complexes des grandeurs brutes mesurées. Suivant les observations disponibles, la fermeture du bilan d'énergie permet d'estimer par différence une composante manquante (ex. : flux de vapeur) ou de vérifier la précision des estimations réalisées. Le WP 1 participe à la stratégie CRITEX de déploiement d'un ensemble d'instruments « haute fréquence ». Son objectif est double : (i) diffuser ces techniques au sein des réseaux RBV et H+ (WP 1.2); (ii) évaluer le potentiel de la technologie nouvelle qu'est la scintillométrie micro-onde (WP 1.1). Les bassins retenus pour la première phase de ce déploiement sont ceux de l'Orgeval (Observatoire ORACLE) et du Naizin (Obs. AGRHYS). Le premier a été équipé (i) des deux types de scintillomètres, couplés sur une portée de 5 km ; (ii) d'une station d'eddy covariance et de bilan d'énergie complète ; (iii) d'une station météo sur un couvert différent de la station (ii). Le bassin du Naizin a été équipé d'une station d'eddy covariance et de bilan d'énergie complète, à l'échelle parcellaire. Les premiers résultats d'estimation de flux obtenus pour le bassin de l'Orgeval seront présentés. Ces dispositifs vont permettre de contribuer aux objectifs de recherche spécifiques à chacun de ces observatoires, au développement de la technologie de la scintillométrie micro-onde, ainsi qu'à la dissémination de ces techniques dans la communauté.

Keywords: hydrologie, carbone, éco-hydrologie, cycle de l'énergie, géo-cycles, micrométéorologie, instrumentation, métrologie, couche limite atmosphérique, scintillomètre, eddy-covariance, flux turbulents



**Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016**



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Eléments de caractérisation des flux de recharge à différentes échelles de temps et d'observations en milieu karstique

Batiot-Guilhe C., de Montety V., Durepaire X., Leonardi V., Molina Porras A., Seidel J.L., Briquet J.P., Brunet P., Marchand P., Jourde H.

Laboratoire HydroSciences Montpellier, Université Montpellier, HydroSciences – CC 57, 163 rue Auguste Broussonnet, 34090 MONTPELLIER...

Sites concernés : Observatoire MEDYCYSS (SNO Karst, SOERE RBV, OSU OREME)

Instruments CRITEX concernés :

Multi-level monitoring PMPS (SoilExperts ®) pour la mesure et l'échantillonnage multi-niveaux de la zone critique en contexte karstique

Résumé :

Les systèmes karstiques se caractérisent par des processus de recharge et de transferts complexes, très variables dans le temps et dans l'espace, résultant notamment de la combinaison de différents types d'hétérogénéités du milieu. Dans ce type de contexte, les transferts d'eau au sein de la zone critique peuvent être étudiés en considérant les relations entre les différents éléments et compartiments constitutifs du karst:

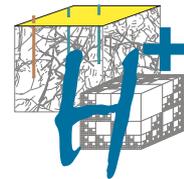
- épikarst, zone non saturée, zone saturée ;
- matrice, fractures, conduits et chemins d'écoulements préférentiels, associées aux structures géologiques (successions lithostratigraphiques et zones de failles notamment).

Les réponses hydrodynamiques et hydrogéochimiques observées aux exutoires des hydrosystèmes karstiques traduisent la complexité des échanges qui, pour être correctement caractérisée, nécessite des réseaux d'observations à différentes échelles. Le système karstique du Lez, rattaché à l'observatoire Multi Echelle de la Dynamique des Crues et de hYdrodynamique Souterraine en milieu karStique (Observatoire MEDYCYSS), fait l'objet d'un monitoring hydrodynamique et hydrogéochimique depuis 2006 en différents points (forages, réseau karstique, sources temporaires et pérennes) afin de mieux apprécier le taux de renouvellement de la ressource en eau, mais également le rôle des différents éléments et compartiments du karst dans les crues de surface. Sur ce site, un forage CRITEX de 335 m, localisé à 500m en amont de l'exutoire principal (Source du Lez) et à proximité d'une rivière intermittente, 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.

Ce dispositif, couplé au suivi hydrodynamique et hydrochimique effectué à l'exutoire principal de ce karst méditerranéen, offre un nouvel éclairage sur les mécanismes de la



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



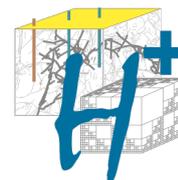
<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

recharge à l'échelle du cycle hydrologique et/ou de l'évènement, ainsi que sur les interactions entre les écoulements de surface et souterrain. Les premiers résultats montrent (1) le rôle complexe des différents compartiments géologiques constitutifs de la zone critique sur la recharge de l'aquifère, (2) la nécessité de combiner les informations obtenues à différentes échelles d'observation pour préciser l'hétérogénéité, et notamment les variations latérales et verticales, des mécanismes de recharge en milieu karstique.

Keywords: Karst, monitoring multi-echelle, processus de recharge, hydrodynamique, hydrogéochimie



**Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016**



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Equipements pour le développement de capteurs innovants

Philippe Behra, Brigitte Dubreuil

*Laboratoire de Chimie Agro-industrielle – UMR 1010 INRA/INPT-ENSIACET
4 allée Emile Monso – 31030 TOULOUSE*

Sites concernés : ENSIACET (Toulouse)

Instruments Critex concernés : (1) microscope Raman, (2) microbalance à cristal de quartz avec mesure de dissipation, (3) système à résonance de plasmon de surface, (4) potentiostat à bas-courant, (5) système de dépôt par centrifugation

Résumé :

Dans le cadre du WP4.3 « Développement de capteurs innovants », un spectromètre Raman, LabRAM HR évolution (Horiba Jobin Yvon SAS), associé à un microscope confocal, BX41, a été acheté et installé. Un ensemble d'accessoires complémentaires permet l'étude des effets de paramètres comme la température, l'humidité, la pression sur les milieux étudiés (solide, liquide, vivant...). La configuration choisie permet aussi une mesure à l'échelle micro- ou macroscopique. L'achat de trois équipements est en cours pour développer la technologie capteur basée sur des principes de détections à microbalance à cristal de quartz avec dissipation (QCM/D), à résonance de plasmon de surface (SPR) et par électrochimie (E). Les performances optimales en termes de sensibilité (concentrations de quelques pg/L à ng/L) et de fiabilité sont recherchées. Ainsi, les systèmes choisis devront pouvoir être couplés entre eux afin d'améliorer les propriétés des capteurs et de caractériser les interfaces et les interactions à la fois *in situ* lors d'observations *in vitro* et *in vivo*.

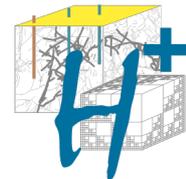
Pour la partie Raman, des spectres seront obtenus à partir des échantillons, *e.g.* extraits organiques ou inorganiques du milieu naturel, matériaux utilisés dans le développement des capteurs, produits issus de différentes étapes, afin de localiser les espèces chimiques et leur distribution dans le milieu étudié. Pour la réalisation des films sensibles des capteurs, différentes techniques de dépôts seront mises en œuvre à partir des équipements acquis : électrochimique, centrifugation, photochimique.

Associé à EcoLab, les premiers travaux portent sur l'analyse de pesticides à l'aide de polymère à empreinte moléculaire par QCM. Un pré-projet associant des équipes toulousaines, lyonnaise, thaïlandaise et vietnamienne a été soumis à l'ANR.

Keywords: Sensor, spectroscopy Raman, electrochemistry, microbalance, surface plasmon resonance.



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Fluctuations au cours des 40 dernières années de la composition chimique des eaux du bassin versant karstique du Baget (Ariège) : dissolution des carbonates et impacts des dépôts atmosphériques.

Binet S.¹, Probst J.L.¹, Delpech M.¹, Bakalowicz M.² et Probst A.¹

¹ECOLAB, Université de Toulouse, CNRS, UPS, INPT

²HSM, Université de Montpellier 2, CNRS, IRD

Sites concernés : Bassin versant karstique du Baget

Instruments Critex concernés : WP4- High resolution monitoring of rivers at the catchment outlet

Résumé :

Depuis des dizaines d'années maintenant la pollution atmosphérique impacte nos ressources, notamment les sols et les eaux. Le bassin versant karstique du Baget, situé dans les Pyrénées (Moulis, Ariège), est particulièrement approprié pour comprendre l'impact de ces perturbations. En effet, il est essentiellement forestier et très peu soumis aux pollutions anthropiques locales. Il peut donc être considéré comme un bassin versant sensible aux variations hydroclimatiques et aux dépôts atmosphériques.

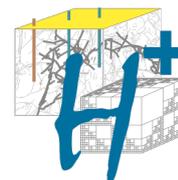
Les suivis hebdomadaires réalisés depuis 1974 sur la composition chimique des eaux du ruisseau (anions et cations majeurs) permettent aujourd'hui d'appréhender l'évolution à long terme de la dissolution des carbonates, ainsi que l'impact du changement de la qualité des dépôts atmosphériques sur cette dissolution.

Les teneurs en Ca+Mg issus de la dissolution des carbonates varient en fonction des variations de débits. Les concentrations d'alcalinité sont en augmentation nette depuis le début des années 80 (0.01meq/l/an), Cette augmentation est corrélée à une diminution des teneurs en sulfates dans le ruisseau, sulfates qui proviennent majoritairement des apports atmosphériques.

Il apparait ainsi très bien que pour une concentration donnée en Ca+Mg, l'alcalinité mesurée est plus faible qu'une alcalinité en équilibre avec la dissolution naturelle des carbonates par l'acide carbonique. Cette perte d'alcalinité est très bien corrélée à la teneur en sulfates mesurée dans le ruisseau, montrant qu'une partie de la dissolution des carbonates se fait à partir de l'acide sulfurique d'origine atmosphérique. Avant les années 80, la consommation de CO₂ atmosphérique par la dissolution des carbonates était réduite par cette perturbation. Depuis les années 80 avec la diminution des dépôts atmosphériques acides, ce système karstique est en résilience, même s'il reste à déterminer l'influence des variations hydroclimatiques.



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Etude pluridisciplinaire du développement d'un biofilm en forage

*Olivier Bochet¹, Tanguy Le Borgne¹, Mathieu Pédrot¹, Thierry Labasque¹, Nicolas Lavenant¹,
Christophe Petton², Alexis Dufresne², Sarah Ben Maamar^{1,2}, Eliot Chatton¹, Jérôme de la
Bernardie¹, Luc Burté¹, Nicolas Guihéneuf¹, Luc Aquilina*

1 Géosciences Rennes, CNRS UMR 6118, Université de Rennes 1, Campus de Beaulieu
bât 14B, Rennes, France

2 Ecobio, CNRS UMR 6553, Université de Rennes 1, Campus de Beaulieu, bât 14,
Rennes, France

Sites concernés : Observatoire hydrogéologique de Ploemeur (H+)

Instruments Critex concernés : Laboratoire mobile, MIMS

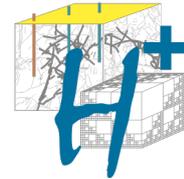
Résumé :

Les réactions biogéochimiques sont contrôlées par de nombreux facteurs: la distribution des microorganismes et des minéraux, la composition chimique des eaux ou encore les vitesses d'écoulement. La compréhension du rôle de ces différents facteurs est essentielle pour prédire les cinétiques de réaction dans les systèmes naturels. A travers cette étude notre objectif est d'évaluer l'impact du mélange d'eaux d'origines différentes sur la croissance d'un biofilm en milieu fracturé.

Notre étude se focalise sur un forage artésien situé sur le site hydrogéologique de Ploemeur (réseau H+, hplus.ore.fr). Il s'y développe un imposant biofilm formé par des bactéries ferro-oxydantes. Notre hypothèse est qu'un mélange entre des eaux profondes et superficielles serait à l'origine de sa formation. Une diagraphie vidéo nous a permis de mettre en évidence la distribution du film microbien dans le forage. Celui-ci se développe préférentiellement dans la partie superficielle du puits (0 à 60m) alors qu'il est presque inexistant dans la partie profonde (60 à 130m). En complément de ces observations la mesure des écoulements en forage a montré que le forage est majoritairement alimenté par sa partie profonde, seule une faible proportion provient des fractures superficielles. Il a également été remarqué que le biofilm est généralement plus développé en face des fractures, ce qui tend à confirmer le lien entre flux et le développement microbien.



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

De façon à comprendre quels éléments contenus dans l'eau des fractures superficielles permettent ce développement bactérien une campagne de terrain pluridisciplinaire a été menée. L'utilisation du "laboratoire mobile" de CRITEX et de packers permettant d'isoler les différentes fractures a permis la réalisation simultanée de mesures hydrogéologiques, hydrochimiques (anions, cations et gaz dissous) et microbiologiques dans d'excellentes conditions. Cette campagne a permis de mettre en évidence le fait que l'essentiel des arrivées d'eau contiennent de fortes teneur en Fer dissous (3 à 4 ppm) et faibles teneurs en oxygène (<0.1 mg/L) à l'exception d'une fracture située à 60 mètres de profondeur montrant une teneur en oxygène de l'ordre de 4 mg/L. Du fait de son faible débit cette arrivée d'oxygène n'est pas identifiable sans packers mais son mélange avec l'eau profonde est probablement à l'origine de la réaction d'oxydoréduction à l'origine du biofilm observé.

Cette observation suggère que les circulations de fluide en milieux fracturés sont susceptibles de générer une forte réactivité en particulier en favorisant le mélange des eaux profondes et des eaux superficielles dans certaines zones représentant des « hotspots » de mélange et de réaction. Cette étude se poursuit actuellement par des analyses génomiques des bactéries prélevées dans le forage à différentes profondeur visant à comprendre la distribution des communautés en fonction des flux et des gradients d'oxygène dissous.

Keywords: biofilm, mélange bactéries ferro-oxydantes,



**Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016**



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Développement d'un traceur innovant pour mesurer l'activité bactérienne *in situ*

Olivier Bochet¹, Tanguy Le Borgne¹, Nicolas Guihéneuf, Eliot Chatton, Thierry Labasque¹,
Nicolas, Luc Aquilina

¹ Géosciences Rennes, CNRS UMR 6118, Université de Rennes 1, Campus de Beaulieu
bât 14B, Rennes, France

Sites concernés : Guidel (Morbihan), réseau H+

Instruments Critex concernés : fluorimètre de terrain ,laboratoire mobile, MIMS

Résumé :

L'évaluation des cinétiques de réactions chimiques dans l'eau souterraine permet de mieux prédire le devenir des contaminants dans les aquifères. Ces cinétiques de réaction dans le milieu naturel sont étroitement liées à l'activité des microorganismes. Des variations de l'activité bactérienne entre conditions *in vitro* et *in situ* pourraient expliquer les différences de plusieurs ordres de grandeurs entre les cinétiques réactionnelles mesurées en laboratoire ou sur le terrain. Être capable de mesurer cette activité microbienne semble donc primordial. Si des techniques permettent de la mesurer en laboratoire, les méthodes d'évaluation *in situ* (dans les aquifères) manquent encore, notamment en conditions anaérobiques.

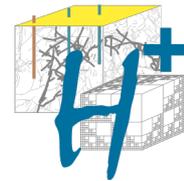
La méthode que nous développons est basée sur la dégradation d'une molécule incolore en molécule fluorescente, la mesure peut donc se faire en continu au cours d'expérience de terrain. La réaction de dégradation de la molécule initiale fait appel à des mécanismes largement répandus chez les microorganismes, la grandeur mesurée correspond ainsi à une activité globale dans le milieu.

Cette méthode en cours de développement est actuellement testée en laboratoire. Les premiers tests ont montré une augmentation linéaire de la fluorescence au cours du temps (et donc une activité constante), ce qui laisse penser que l'ajout du traceur n'a pas d'influence sur l'activité microbienne. Les principales difficultés dans l'utilisation du traceur concernent sa faible dissolution et la faible vitesse de réaction. L'utilisation d'un solvant aprotique pour dissoudre le produit pourrait résoudre ces deux problèmes. Des tests préliminaires, sous forme d'expériences de traçage, ont également été réalisés sur le terrain. Ils viennent confirmer la possibilité d'utiliser ce traceur innovant lors d'expérimentation *in situ*.

Keywords: Activité microbienne, traçage réactif



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

**A comparison of methods for direct measurements of
groundwater fluxes in the critical zone**

O. Bour¹, P. Jamin², P. Goderniaux³, T. Le Borgne¹, A. Englert⁴, N. Lavenant¹, L. Longuevergne¹, and S. Brouyère²

¹ Géosciences Rennes-OSUR, CNRS - Université Rennes 1, Rennes, France

² University of Liège, Fac. Applied Sciences, Dpt ArGEnCo, Geo3-Hydrogeology and Environmental Geology, Building B52, 4000 Sart Tilman, Belgium

³ University of Mons, Department of Geology and Applied Geology, Mons, Belgium

⁴ Ruhr-Universität Bochum, Geology, Mineralogy and Geophysics, Bochum, Germany

Sites concernés : Sites Observatoires de Ploemeur (H+).

Instruments Critex concernés : WP 7.2 (mesure des flux)

Résumé : Groundwater fluxes are usually estimated from Darcy's law. Nevertheless, in some cases and especially when the aquifer is heterogeneous, local direct measurements of groundwater fluxes may be necessary. Such measurements may be particularly useful to characterize the main flow paths or to better infer solute transport, especially for natural gradient tracer tests. Here, we compare the classical point dilution method (PDM), which is based on the decay with time of a tracer concentration, with the finite volume point dilution method (FVPDM) which allows a continuous monitoring of groundwater fluxes. Both methods are compared using a double packer system centered on a permeable fracture (Jamin et al., 2015). To test the range of measurements of each method, an adjacent borehole was pumped at different pumping rates. The experimental tests were done in the fractured crystalline aquifer of Ploemeur, France. The result of this experiment is a continuous monitoring of groundwater fluxes that lasted for more than 4 days.

Measurements of groundwater flow rate in the fracture (Q_t) by PDM provide good estimates only if the mixing volume (V_w) (volume of water in which the tracer is mixed) is precisely known. Conversely, the FVPDM allows for an independent estimation of V_w and Q_t , leading to better precision in case of complex experimental setup such as the one used. Nevertheless, FVPDM requires much longer experimental duration to guarantees a good precision. Thus, classical PDM is appropriate for rapid estimation of groundwater flux using simple experimental setup. On the other hand, the FVPDM is a more precise method that may allow a better monitoring of groundwater fluxes through time but may require longer duration experiment to achieve a good precision if the groundwater fluxes investigated are low and/or the mixing volume is large.

Jamin P., P. Goderniaux, O. Bour, T. Le Borgne, A. Englert, L. Longuevergne, and S. Brouyère (2015), Contribution of the Finite Volume Point Dilution Method for measurement of groundwater fluxes in a fractured aquifer, *Journal of Contaminant Hydrology* 182, 244–255.

Keywords: Groundwater fluxes, Point Dilution Method, tracer tests, fractured media.



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Intérêts des mesures distribuées de température par fibre optique pour le suivi des flux d'eau et du transport de chaleur dans la zone critique

O. Bour¹, H. Le Lay¹, T. Read², J. de la Bernardie¹, J. S. Selker³, N. Lavenant¹, V. Bense², N. Simon¹, N. Guihéneuf¹, et T. Le Borgne¹

¹ Géosciences Rennes-OSUR, CNRS - Université Rennes 1, Rennes Cedex, France

² School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, UK

³ Biological and Ecological Engineering, Oregon State University, Corvallis, USA

⁴ Department of Environmental Sciences, Wageningen University, the Netherlands

Sites concernés : Site observatoire de Ploemeur (H+), Site Expérimental Hydrogéologique (Poitiers, H+), Site de Kerrien (AgrHys, RBV)

Instruments Critex concernés : WP 3 (fibre optique) et WP 7.2 (mesure des flux)

Résumé : Depuis longtemps, la température a été utilisée comme traceur des écoulements en hydrologie. Toutefois, son utilisation était souvent limitée en raison du caractère ponctuel de la mesure. L'essor des mesures distribuées de température par fibre optique, qui permet de suivre de manière synchrone les variations de température sur plusieurs kilomètres avec une excellente résolution spatiale, a permis de relancer l'intérêt de ces méthodes pour caractériser les flux d'eau en surface ou en forage. A travers différentes applications, nous montrons comment la mesure distribuée de température permet de beaucoup mieux contraindre les flux d'eau et les transferts de chaleur dans la zone critique.

Dans les milieux hétérogènes souterrains, il est ainsi possible de suivre de manière passive les variations de température liées à des tests hydrauliques pour non seulement localiser les zones d'écoulements préférentielles, mais aussi pour imager la dynamique des écoulements le long des forages. En termes de processus, la couverture spatiale des méthodes de mesure par fibre optique permet également de beaucoup mieux distinguer les échanges de chaleur liées à la diffusion de chaleur de ceux liés à l'advection thermique, ce qui peut se révéler particulièrement utile pour mieux contraindre le transport et les échanges de chaleur lors de tests de traçage thermique. Enfin, lorsque les contrastes ou variations de température sont faibles, il est possible d'utiliser des méthodes actives soit en chauffant l'armature métallique des câbles de fibre optique, soit en utilisant des sources de chaleur, pour estimer la distribution spatiale des flux. Ces différents exemples permettent d'illustrer l'intérêt et les limites actuelles de la mesure distribuée de température par fibre optique pour caractériser les processus d'écoulement et de transport de chaleur dans la zone critique.

Keywords: Fiber-Optic DTS, température, écoulements souterrains, milieux hétérogènes



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

What means high nitrates in hard rock aquifers? Insights from an irrigated agricultural catchment

Buvaneshwari S.^{1,2}, Riotte J.^{2,3}, Ruiz L.^{2,4}, Sekhar M.^{1,2}, Sharma A.^{1,2}, Audry S.³, Duprey J.L.², Mohan Kumar M.S.^{1,2}, Praveen Y.², Hemanth M.², Braun J.J.^{2,3}

Affiliation (1) Indian Institute of Science, Dept of Civil Eng, 560012 Bangalore, India. (2) Indo-French Cell for Water Sciences, Indian Institute of Science, Bangalore, India. (3) Géosciences Environnement Toulouse (Université de Toulouse, CNRS, IRD), 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France. 4 INRA, UMR 1069 SAS, 35000 Rennes, France. 5.

Sites concernés : BVET Inde

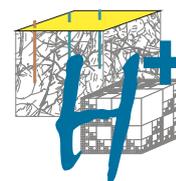
Instruments Critex concernés : *aucun mais demande forte pour caractérisation sols/aquifères*

Résumé : Indian agriculture largely relies in bore well irrigation. The annual groundwater abstraction reaches 300km³, which leads to depletion of the resource and degradation of water quality. Nitrate contamination in groundwater has been rising for the last decades due to overuse of fertilizers combined with the intensive bore well irrigation. The Berambadi watershed (Southern India), which is part of ORE BVET/ Kabini CZO, is an ideal observatory for understanding the relative influences of land use, agricultural practices and soil/aquifer properties on NO₃ concentration in groundwater using a multidisciplinary approach. Based on the monitoring of >200 bore wells (GW level and chemistry), we found hotspots of nitrate, up to 400ppm. Low to moderate NO₃ concentrations are associated to high groundwater gradient and discharge (>25 m³/day/unit width of the aquifer) and/or shallow groundwater depth (<20m). Hence, significant lateral flow and/or groundwater stock would prevent the NO₃ enrichment by vertical recycling. On the contrary, extreme NO₃ are associated to deep groundwater levels (30 to 60 m), low groundwater gradient, <0.5%, and low groundwater discharge, from 0 to 10 m³/day/unit width of the aquifer. The absence of lateral flow induces aquifer confinement and enhances the effect of vertical recycling. The combination of deep groundwater level with low discharge and vertical recycling indicates that the local groundwater resource is severely depleted. Hence, extreme nitrate concentrations in hard rock aquifers would constitute a proxy of groundwater depletion. Collaboration with CRITEX is needed for improving aquifer and soils properties and then provide realistic inputs for hydro-geochemical modelling of Berambadi.

Keywords: nitrate, hard rock aquifer, Berambadi, groundwater depletion



**Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016**



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Applications de la Polarisation Provoquée à la caractérisation des bassins versants.

Camerlynck Christian^(1,2), Florsch Nicolas^(1,3)

⁽¹⁾ *Université Pierre et Marie Curie, Paris*

⁽²⁾ *UMR UPMC-CNRS 7619 « METIS »*

⁽³⁾ *UMI IRD-UPMC 209 « UMMISCO »*

Sites concernés : Ille-et-Vilaine, Morbihan

**Matériels concernés Emetteur polarisation provoquée VIP 5000 (*Iris Instruments*)
Enregistrement FullWave implémenté sur Syscal Pro (*Iris Instruments*)**

Résumé :

Les phénomènes de polarisation électriques influencent les mesures issues de toutes les méthodes de prospection électrique et/ou électromagnétiques. En prospection électrique classique, ces phénomènes sont particulièrement caractérisés par la méthode de polarisation provoquée (PP), qui implique une technique d'injection de courant avec une forme d'onde particulière, dans le domaine temporel, ou en utilisant des signaux de fréquences contrôlées dans le domaine spectral. Le domaine temporel est à l'instant présent, mieux adapté à des caractérisations in-situ, à l'échelle du terrain. Néanmoins, l'acquisition de signaux possédant un bon rapport signal/bruit nécessite l'emploi d'émetteurs de plus forte puissance que les résistivimètres classiques actuellement utilisés pour l'imagerie électrique. La capacité également à enregistrer les signaux correspondant aux courants injectés et aux potentiels mesurés sur des temps longs permet une meilleure déconvolution des différents phénomènes physiques et l'analyse des différents bruits perturbateurs de la mesure, tant naturels qu'instrumentaux.

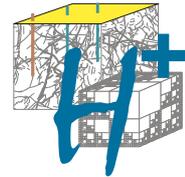
L'application de la polarisation provoquée aux bassins versants métamorphisés permet de caractériser l'ampleur des phénomènes liés à la présence des sulfures métalliques comme la pyrite. Un déficit de détection de cette pyrite par une faible chargeabilité, dans les milieux où elle pourrait être naturellement présente, peut être supposé comme lié à son oxydation et pourrait être une clef pour la localisation de circulations préférentielles ou de la fracturation dans le sous-sol, ou la localisation, par exemple des lieux de processus de dénitrification.

Dans les bassins versants sédimentaires, la distribution des constantes de temps des phénomènes de polarisation est liée à la perméabilité du milieu. L'approche actuellement validée en laboratoire, nécessite maintenant d'être « *up-scalée* » à l'échelle du terrain (un projet EC2CO a été déposé en ce sens) afin de disposer à terme d'un proxy supplémentaire pour la détermination géophysique des paramètres hydrologiques du sous-sol.

Keywords: Critex, Polarisation Provoquée, Pyrite, Circulation Préférentielle, Perméabilité



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

WP8.3: Traceurs Isotopiques Intégratifs

Bryan CHAGUE⁽¹⁾, Philippe NEGREL⁽²⁾, Frederick GAL⁽³⁾

Bureau de Recherches Géologiques et Minières

Sites concernés : Aucun ; développement technique

Instruments Critex concernés : Développement et déploiement d'un système permettant l'échantillonnage passif en eaux souterraines

Résumé :

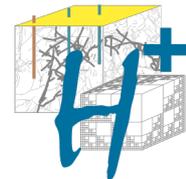
Dans le cadre de ce projet nous devons développer un système de prélèvement intégratif en forage. Nous avons donc développé et testé un système permettant de créer un flux d'eau dans un support à échantillonneurs passifs de type *Diffusive Gradient in Thin film (DGT)*. Ce système est constitué d'une pompe avec variateur bas-débit, d'un support à DGT et de son alimentation électrique. Le DGT accumule les éléments traces métalliques sur une résine après qu'ils aient été captés par diffusion dans un gel spécifique. Plusieurs simulations numériques en dynamique des fluides nous ont permis d'optimiser le flux dans le support afin de limiter les effets de couche limite de diffusion et ainsi pré-concentrer correctement ces éléments. Nous avons ensuite conçu et fait fabriquer le porte-DGT. Pour le moment le système est connecté au réseau électrique, un panneau solaire est envisagé pour les déploiements dans des sites isolés. Nous avons réalisé les premiers essais en laboratoire afin de déterminer les caractéristiques physiques et chimiques du système (débit, consommation d'énergie, contaminations éventuelles). Puis nous avons réalisé des expérimentations sur un des piézomètres situés sur le site du BRGM afin d'être à proximité du laboratoire. Les résultats sont en cours de traitement afin de prendre en compte les blancs de l'appareillage et d'aboutir à une validation du système. Afin de perfectionner l'appareillage, nous allons mettre au point un débitmètre adapté, dimensionner l'alimentation en électricité d'origine photovoltaïque et utiliser un obturateur gonflable. Par la suite nous allons réaliser des expérimentations sur les sites des réseaux H+/RBV (ex: Ploemeur) et développer en parallèle un support pour analyser les éléments organiques grâce au *Polar Organic Chemical Integrative Sampler (POCIS)*.

Keywords: hydrogéologie, échantillonneurs passifs, mécanique, énergie, instrumentation

(1) b.chague@brgm.fr ; (2) p.negrel@brgm.fr ; (3) f.gal@brgm.fr



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Dosage des gaz dissous en temps réels par Membrane Inlet Mass Spectrometer (MIMS) – applications à la physique et la biogéochimie des écoulements souterrains (WP 8.1 CRITEX)

E. Chatton¹, T. Labasque¹, L. Aquilina¹

¹Géosciences Rennes, Université de Rennes 1

Sites concernés : Ploemeur (SOERE H⁺)

Instruments CRITEX concernés : Membrane Inlet Mass Spectrometer (MIMS) – WP 8.1

Résumé:

Dans le cadre du projet CRITEX nous avons développé une technique de mesure en continu sur site des gaz dissous (N₂, O₂, CO₂, CH₄, He, Ne, Ar, Kr, Xe) à haute fréquence. La plage de mesure (5 ordres de grandeur) et la capacité d'analyse multi-traceur haute fréquence (1 gaz toutes les 1,5 secondes) font du MIMS un outil innovant permettant l'investigation d'un large panel de questions scientifiques.

Cette étude présente tout d'abord les résultats d'essais de traçage d'eau souterraine à l'aide de gaz dissous (⁴He et ⁴⁰Ar) menés pour évaluer les propriétés de transport d'un milieu fracturé sur le site expérimental de Ploemeur (SOERE H⁺). Les tests de traçage ont montré que le MIMS est parfaitement en mesure de fonctionner *in situ* et de fournir des mesures suffisamment précises pour produire des courbes de restitution appropriées. Les résultats obtenus avec l'⁴He indiquent des paramètres de transport en bon accord avec les résultats obtenus avec un traceur fluorescent.

Couplé à une pompe et un capteur de pression, le MIMS a également permis de réaliser une diagraphie en forage des gaz dissous et ainsi d'estimer en temps réels les conditions de recharge, les conditions redox et d'obtenir une estimation du temps de résidence des eaux par le calcul de l'âge ⁴He.

Le MIMS est donc un instrument innovant et performant sur le terrain qui permet la mesure précise des gaz dissous. Par conséquent, le MIMS est un outil intéressant pour la caractérisation *in situ* de la réactivité biogéochimique des eaux, la caractérisation des propriétés de transport du milieu, le suivi des conditions de recharge des eaux et la caractérisation des échanges nappe-rivière.

Keywords: MIMS, traçage, réactivité, recharge, échanges nappe-rivière.



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Etat d'avancement d'un réseau de sondes d'humidité, salinité et température des sols

Chavanne Xavier et J.-P. Frangi
Institut de Physique du Globe de Paris, Univ. Paris Diderot
Sorbonne Paris Cité UMR 7154 CNRS - Case postale 7011
F75205 Paris cedex 13, France.

Sites concernés : Draix-Bléone

Instruments Critex concernés : sonde d'humidité Hymenet (wp 2.3)

Résumé :

L'article présente les avancées réalisées grâce au programme CRITEX pour le passage d'une sonde d'humidité et salinité de sols développée dans notre laboratoire à un prototype de réseau de sondes autonomes et en communication radio. Nos sondes, basées sur la sensibilité de la permittivité électrique des sols à leur contenu en eau, mesurent directement la permittivité ainsi que la conductivité à la différence des capteurs commercialement disponibles. La température à chaque niveau est aussi mesurée. Le principe de la mesure est décrit ainsi que le travail pour développer des sondes autonomes en réseau.

Les tests sur terrain sont en cours de réalisation avec de premiers résultats, en particulier grâce à deux sondes sur un bassin versant de l'observatoire de Draix-Bléone en Alpes-de-Haute-Provence géré par l'IRSTEA de Grenoble. Ces tests permettent de mettre en évidence les défauts de jeunesse à corriger (mauvais contacts électrique, erreurs de logiciel) et les améliorations à apporter. Différents types de sonde sur le même principe sont testés, de la sonde multivoie pour un profil vertical à une sonde monovoie pour un usage plus simple.

Mots clés : sondes autonomes radio ; mesures en site ; permittivité électrique ; humidité, salinité et température des sols.



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Evaluation du flux d'érosion (matières en suspension et sédiments de fond) à l'exutoire du bassin versant du Strengbach (Massif Vosgien, France)

S. Cotel¹, D. Viville¹, M.C. Pierret¹, S. Benarioumlil¹, F. Chabaux¹

¹ LHyGeS, UMR 7517, Université de Strasbourg - CNRS, 1 rue Blessig, 67084 Strasbourg, France

Sites concernés : OHGE (Strengbach)

Instruments Critex concernés : -

Résumé :

Le transport des matières en suspension (MES) et des sédiments de fond contrôle le processus d'érosion et d'export d'éléments au sein et à l'extérieur d'un bassin versant. Par ailleurs, les MES sont fortement impliquées dans la migration de la matière organique, de métaux et de polluants. Connaître la dynamique d'exportation de la charge solide est essentiel lorsque l'on veut comprendre le fonctionnement hydrogéochimique d'un système. Une première évaluation du flux solide exporté par le Strengbach a été faite, pour la part des MES sur la base de prélèvements d'eau réalisés chaque quinzaine et pour la part des sédiments de fond par la mesure du volume de sédiments accumulés dans un seuil (Viville et al., 2012).

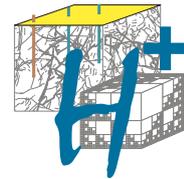
Pour évaluer le biais potentiel généré par une telle fréquence d'échantillonnage, ne permettant qu'une prise en compte partielle des épisodes de crues, nous avons mis en place, fin 2012, à l'exutoire du bassin, deux échantillonneurs autonomes d'eau fonctionnant en parallèle et permettant (1) un prélèvement régulier à une fréquence de 16h et (2) des prélèvements de crues asservis au débit. Les spécificités du bassin versant du Strengbach (faible hauteur d'eau, faible concentration en MES et conditions hivernales de moyenne montagne) ont nécessité d'adapter les systèmes conventionnellement utilisés. En utilisant les informations issues des deux préleveurs, nous avons pu estimer un flux annuel de MES entre 7,5T et 8,8T selon l'année, tandis que la méthode antérieure (prélèvement chaque quinzaine) aboutissait à un flux compris entre 2,8T et 16,6T. Les données suggèrent également que le gain d'information apportée par le prélèvement des crues, comparé à l'information contenue dans les seuls prélèvements pluri-horaires n'est pas très important. Ces données comparées au flux de sédiments de fond (1,3 à 5,0T/an) montre que pour un bassin versant comme le Strengbach, le transport de matière solide se fait majoritairement sous forme de MES.

Keywords: Flux annuel d'exportation, Matières en suspension, Sédiments de fond, Strengbach

¹ Corresponding author.
Courriel: cotel@unistra.fr



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Titre Drone HyperSpectral

Contributeurs : Laboratoire Domaines Océaniques Brest (UMR6538), Laboratoire
Géologie de Lyon (UMR 5570), EPFL Lausanne

Sites concernés : A définir lors des journées Critex

Instruments Critex concernés : Drone HyperSpectral

Résumé :

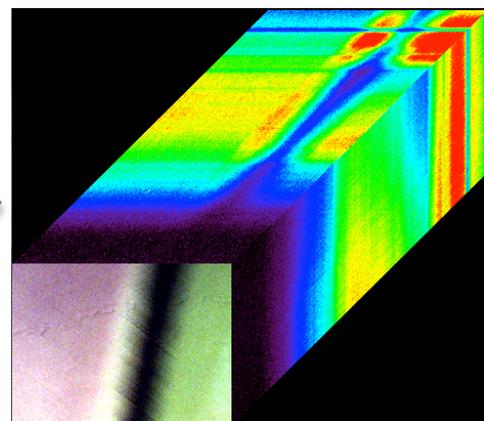
Le drone HyperSpectral (Fig 1) est un drone imageurs multi rotors électrique octocoptère mettant en œuvre un système camera multi-capteurs. Le segment aérien comprend une camera hyperspectrale pushbroom (VNIR 400nm – 1000nm), une centrale inertielle, un dGPS intégré, et une camera RGB. Le segment sol est constitué d'une station de contrôle et de navigation.

Le système embarqué est intégré dans un boîtier étanche permettant le survol de zones humides et maritimes (lagons, rivières). Il a une autonomie maximale de 10 minutes en maximum de charge. Trois jeux de batterie disponibles permettent de couvrir un site de 10 hectares environ en 3 vols distincts. Le drone est conforme à la réglementation DGAC pour des scénarios en vol à vue type S1 et S2.

Le système a été testé et validé sur différents sites (champ agricole d'orge, terre mise à nu et en culture, forêt, plage de sable et son estran). Un logiciel de mise en forme des données (correction géométrique) permettant de générer des cubes hyperspectraux est en cours de finalisation (Fig 2).



(figure n°1 drone hyperspectrale en vol)



(figure n°2 Cube hyperspectral sur une zone d'environ 100m x 100m)



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Avancées en télédétection des paysages cultivés au LISAH

Feurer, D.⁽¹⁾, Gomez, C.⁽²⁾, Bailly, J.-S.⁽³⁾, Coulouma, G.⁽⁴⁾, Lagacherie, P.⁽⁴⁾,
Jacob, F.⁽¹⁾, Prévot, L.⁽⁴⁾, Raclot D.⁽⁵⁾

(1) IRD – UMR LISAH, Tunis (France)

(2) IRD – UMR LISAH, Montpellier (France)

(3) AgroParisTech – UMR LISAH, Montpellier (France)

(4) INRA – UMR LISAH, Montpellier (France)

(5) IRD – UMR LISAH, Rabat (Maroc)

Sites concernés : ORE OMERE Roujan (France) et Kamech (Tunisie)

Instruments Critex concernés : instruments financés par différents programmes de recherche et par l'ORE OMERE, et pouvant contribuer aux WP1 et WP5 de CRITEX

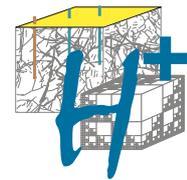
Résumé :

Pour proposer de nouveaux mode de gestion durable des milieux cultivés, le Laboratoire d'étude des Interactions entre Sol-Agrosystème-Hydrosystème (LISAH) développe des outils de modélisation et de simulation des flux (eau, sols, solutés) basés sur une observation et une caractérisation fine de la mosaïque paysagère et de sa dynamique (parcellaire, réseaux, structures, végétation, pratiques agricoles, relief fin, etc.). L'obtention de ces observations implique le développement de méthodes d'acquisition et de traitement spécifiques et innovantes. Ce poster présente ces méthodes au travers des différentes échelles (du centimétrique au global) et techniques appréhendées par le laboratoire.

Keywords: télédétection, modélisation spatiale, mosaïques paysagères, sol, végétation



**Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016**



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Spatialisation des déchets de métallurgie enfouis au moyen de la Polarisation Provoquée

Florsch Nicolas^(1,2), Abdulsamad Feras^(1,3), Camerlynck Christian^(1,2)

⁽¹⁾ Université Pierre et Marie Curie, Paris

⁽²⁾ UMI IRD-UPMC 209 « UMMISCO »

⁽³⁾ UMR UPMC-CNRS 7619 « METIS »

Sites concernés : Saint-Vincent sur l'Isle, Dordogne

Emetteur polarisation provoquée VIP 5000 (Iris Instruments)

Enregistrement FullWave implémenté sur Syscal Pro (Iris Instruments)

Résumé :

La méthode de Polarisation Provoquée, ou PP (Induced Polarization=IP) est déjà ancienne : elle fut inventée par les frères Schlumberger vers 1912. Une première période d'or de la méthode, des années 50 à aujourd'hui, concerne la recherche et la délimitation des gisements de sulfures et de porphyres cuprifères. Un deuxième champ d'application a vu le jour dans les années 2000 (pour fixer les idées) et concerne la caractérisation de paramètres hydrogéologiques (comme la perméabilité) et de sites pollués (hydrocarbures, déchets organiques divers).

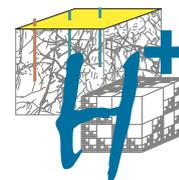
La méthode, qui consiste à mesurer comme les éléments constituant le sous-sol se « chargent » suite à l'injection d'un courant, relève de la polarisation au sens maxwellien. Le déplacement électrique s'écrit : $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} = (1 + \chi) \epsilon_0 \vec{E} = \epsilon_r \epsilon_0 \vec{E}$, où \vec{P} est le vecteur polarisation et χ la susceptibilité électrique. Pour l'eau, on sait que $\epsilon_r \approx 80$, en deçà des fréquences « micro-ondes ».

La Polarisation Provoquée, en tant que méthode géophysique, s'intéresse à la polarisation du mHz au kHz. Là, ϵ_r peut atteindre des valeurs de plusieurs milliers ! C'est que la PP relève d'un déséquilibre provoqué de l'électroneutralité des porteurs de charges électriques –surtout des ions en solution– au voisinage et dans les matériaux du sous-sol. La polarisation affecte aussi bien les couches de Stern et de Gouy-Chapman (double couche électrique) que la répartition des porteurs de charges au sein de particules à conductivité électronique. Mésoscopiquement, la taille des particules détermine les temps de redistribution des charges qui les habitent ou qui les contournent. La PP est ainsi à la fois un outil de détermination des tailles granulaires que de spatialisation des sources du signal, voire pouvant servir à déterminer leur nature.

Nous utilisons des anciens sites métallurgiques pour montrer la pertinence de cet outil d'investigation.



**Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016**



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

CRITEX Chemical House : Mise en œuvre et tests

PAUL FLOURY^{1,2*}, JEROME GAILLARDET¹, GAËLLE TALLEC², ARNAUD BLANCHOUIN,² PATRICK ANSART², ERIC GAYER¹, CAROLINE GORGE¹

¹Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS, Université Paris Diderot, Sorbonne Paris-Cité, Paris, France

²HBAN, IRSTEA, Antony, France

* Corresponding author : floury@ipgp.fr

Sites concernés : Orgeval

Instruments Critex concernés : Chemical House

Résumé :

Notre connaissance de l'évolution de la chimie des eaux continentales est limitée par la fréquence des prélèvements. L'automatisation des prélèvements et la mesure en temps réel à haute fréquence est un défi importants qui a des implications fondamentales tant pour la compréhension des écosystèmes que pour les temps de transfert au sein des bassins versants mais également pour la surveillance de la qualité de l'eau.

Dans le programme Critical Zone CRITEX français, nous avons effectué la mise en œuvre du prototype appelé Chemical House sur la rivière de l'Orgeval.

Le bassin versant de Orgeval (45 km²) fait partie de la zone critique RBV ("Réseau des bassins versants") réseau. Deux principaux aquifères sont présents dans le bassin versant: la nappe de Brie, une nappe libre et la nappe de Champigny plus en profondeur, alimente la rivière continuellement. Le taux de précipitation moyen est de 780 mm/an. L'Orgeval est une rivière idéale pour tester la réponse de la zone critique à l'agriculture intensive [1] dans le cas d'un bassin sédimentaire calcaire.

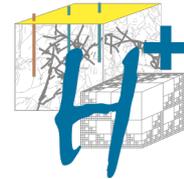
La Chemical House est un laboratoire entièrement automatisé et installé directement le long de la rivière, qui effectue la mesure de 11 espèces dissoutes chaque demi-heure. Elle enregistre également tous les paramètres physiques (température, pH, conductivité, O₂ dissous, turbidité) de l'eau à chaque minute. L'acquisition a débuté le 12 Juin 2015 et a maintenant enregistré avec succès plusieurs mois de données. Nous allons présenter l'architecture de la maison chimique et les tests de reproductibilité et de précision faites au cours de la période sécheresse estivale à 2015. Les résultats préliminaires montrent que la Chemical House atteint un niveau de précision bien meilleur que ne permet une analyse au laboratoire par les méthodes conventionnelles de prélèvement. Elle enregistre parfaitement les évolutions nycthémerales (jour / nuit) pour chaque élément. De plus nous observons que chaque élément a son propre comportement au cours d'une journée.

[1] J. Garnier et al. (2014) Journal of Environmental Management. 144, 125- 134.

Keywords: Critex, Chemical House, Haute Fréquence, Phase dissoute



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

AMMA-CATCH un observatoire hydrologique, météorologique et écologique en Afrique de l'Ouest : principaux résultats récents

Galle^{1*} S., C. Peugeot², M. Grippa³, I. Bouzou Moussa⁴, B. Cappelaere², J. Demarty², E. Mougin³, and the AMMA-CATCH team¹²³⁴⁵⁶⁷

1 : LTHE, Grenoble; 2 : HSM, Montpellier; 3 : GET, Toulouse; 4 : Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger ; 5 : Université d'Abomey Calavi, Cotonou, Bénin ; 6 : Direction Générale de l'Eau, Cotonou, Bénin ; 7 : Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako, Mali

Sites concernés : AMMA-CATCH

Instruments Critex concernés : flux turbulents

Résumé :

AMMA-CATCH est un système d'observation multi-échelles dédié à la surveillance à long terme du cycle de l'eau, de la dynamique de la végétation et de leurs interactions avec les ressources climatiques et hydrologiques en Afrique de l'Ouest. Dans le contexte du changement climatique, des observations de long terme sont nécessaires pour i) acquérir la compréhension des processus éco-hydrologique sur cette région très contrastée, ii) aider à leur représentation dans les modèles du système terrestre, et iii) détecter les tendances et déduire leurs impacts sur les ressources en eau et végétales.

Il est composé de trois sites de méso-échelle ($\sim 1^\circ \times 1^\circ$) au Mali, au Niger et au Bénin, qui échantillonnent le gradient éco-climatique de l'Afrique de l'Ouest. Les composantes du bilan hydrologique et les évolutions des conditions de surface sont documentées : pluie, météo, bilan radiatif, hauteur de nappe, débit des rivières, profils d'humidité et de température du sol, flux turbulents, LAI, suivi de la biomasse. Les mesures sont publiques et distribuées via un portail web (www.amma-catch.org). Les premières mesures datent de 1990.

Ce système d'observation est exploité conjointement par des institutions de recherche françaises et africaines. AMMA-CATCH est membre du réseau français d'observation de la zone critique "Réseau des Bassins Versants" (RBV).

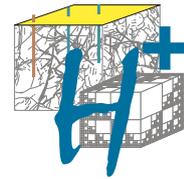
Des résultats récents sur l'évolution régionale du couvert végétal, l'intensité des précipitations et de leurs conséquences sur les processus et les éco-hydrosystèmes seront présentés.

Keywords: Critex, Afrique de l'Ouest, bilan hydrique, dynamique de la végétation

* Corresponding author.
Courriel: sylvie.galle@ird.fr



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Identification of weathered structures from resistivity observations in the Strengbach catchment (Vosges, France).

J. Gance ⁽¹⁾, P. Sailhac ⁽¹⁾, J.-P. Malet ⁽¹⁾, P. Pézard ⁽²⁾,
D. Viville ⁽³⁾, F. Chabaux ⁽³⁾, M.-C. Pierret ⁽³⁾.

(1) Institut de Physique du Globe de Strasbourg / IPGS – CNRS UMR 7516 / Université de Strasbourg

(2) Géosciences Montpellier / GM – CNRS UMR 5243 / Université de Montpellier

(3) Laboratoire d'HYdrologie et de GEochimie de Strasbourg / LHYGES – CNRS UMR 7517 / Université de Strasbourg

() Maintenant à : IRIS-Instruments / Orléans*

Sites concernés : Strengbach / OHGE

Instruments Critex concernés : Tomographie de résistivité électrique
Audio-MagnétoTellurique / AMT

Résumé :

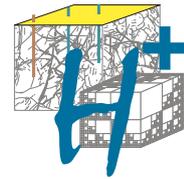
The structure of the critical zone includes the identification of the thickness, distribution and physical properties of weathering products (saprolite, weathered bedrock) and slope deposits observed in a catchment. Obtaining an accurate and 3D image of the structure is necessary for understanding the hydrological, biological, chemical and geomorphological processes controlling the evolution of the landforms and the storage/circulation of water and nutrients.

The Strengbach catchment (Vosges, North East France) is a Critical Zone Observatory monitored for more than 25 years. Previous geological and hydro-geochemical studies have highlighted the presence of various lithological units corresponding to several types of weathered granite.

We have used electrical resistivity tomography in combination with audio-magnetotellurics (AMT) soundings to map the subsurface and deeper electrical resistivity differences in the watershed. 21 electrical resistivity tomography profiles (corresponding to ca. 7 km of observations) have been acquired on the south and north-facing slopes of the catchment. The profiles have been inverted separately in 2D with BERT, and compared to information from cores in boreholes at some locations.



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

The resistivity values measured in the sub-surface (0-20 m) allowed identifying various weathered granitic products characterized by different porosity. The combined analysis of soil resistivity with groundwater conductivity and temperature measurements in boreholes allowed proposing a map of the spatial extension and thickness of the weathered units. 5 AMT soundings, which were used to investigate the resistivity of the bedrock at depths > 100 m, showed no spatial variation all over the catchment.

Keywords: Critical Zone structure, Electrical resistivity tomography, Audio-magnetotelluric, Geomorphology; Weathered granite, Strengbach Observatory



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Suivi de la teneur en eau et des flux d'énergies dans la zone non-saturée à partir de mesures spatialisées passives et actives des températures du sol par fibre optique

J. Gance^(1,*), J.-P. Malet⁽¹⁾, V. Marc⁽²⁾, X. Chavanne⁽³⁾, F. Mallet⁽²⁾,
J.-P. Frangi⁽³⁾, C. Le Bouteiller⁽⁴⁾, S. Klotz⁽⁴⁾

(1) Institut de Physique du Globe de Strasbourg / IPGS – CNRS UMR 7516 / Université de Strasbourg

(2) EMMAH – INRA / Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse

(3) Institut de Physique du Globe de Paris / IPGP – CNRS UMR 7154 / Université Paris Diderot

(4) IRSTEA – ETNA / Grenoble

() Maintenant à : IRIS-Instruments / Orléans*

Sites concernés : Draix

Instruments Critex concernés : Mesure distribuée de température par fibre optique
Mesure de teneur en eau par sonde Hymenet

Résumé :

Les phénomènes hydrologiques extrêmes observés en milieu montagnard (crues rapides) sont délicats à prévoir en particulier du fait d'une estimation incertaine des stocks d'eau en sub-surface. Dans un sol, la mesure directe de l'humidité (et de l'infiltration à l'échelle de l'évènement pluvieux) est très difficile. La complexité du phénomène à l'échelle des pores, sa grande variabilité spatiale et temporelle, rend aussi la modélisation difficile. Seul des moyens lourds et coûteux (lysimètre) permettent des mesures. Ces obstacles à une approche directe incitent à déduire l'humidité à partir d'autres grandeurs physiques (température, permittivité) et à utiliser des techniques d'imagerie pour extrapoler l'information locale, ce qui pose également plusieurs difficultés :

- (1) les paramètres de contrôle (états de surface, paramètres pétrophysiques, géométrie et structure du sol) sont rarement mesurés à une échelle fonctionnelle. On dispose souvent de mesures ponctuelles (dm^3) supposées représentatives à l'échelle d'une parcelle mais leur extrapolation à l'échelle d'un versant peut très vite s'avérer erronée ;
- (2) les méthodes hydrogéophysiques in-situ (imagerie par fibre optique, réflectométrie/capacimétrie) se fondent sur la mesure d'autres paramètres pétrophysiques (température, permittivité diélectrique) et sur l'utilisation de



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

modèles pour estimer l'humidité du sol ; ces modèles sont dépendants des caractéristiques intrinsèques des sols (diffusivité thermique, conductivité électrique, porosité) et du fluide infiltré (conductivité, qualité chimique).

Une installation permanente mise en place pour le suivi à haute fréquence spatiale et temporelle des flux d'eau et d'énergie par mesures actives et passives des températures du sol par fibre optique est présentée. Le site atelier est un interfluve de colluvions et de marnes noires représentative des versants de l'observatoire de Draix/Bléone (Alpes-de-Haute-Provence). En utilisant des mesures distribuées des gradients de température en combinaison avec des instruments classiques d'estimation des teneurs en eau par méthode réflectométrique et capacitive, nous espérons pouvoir quantifier la réponse hydrologique du versant (stock, flux) aux conditions hydroclimatiques à différentes échelles temporelles (événement pluvieux, saison) et pour trois types de faciès (texture, végétation).

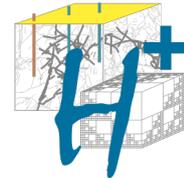
La stratégie de mesure, l'installation des profils de fibre optique, le déploiement de bacs de calibration permanents, et l'installation du réseau de référence de sondes ponctuelles d'humidité (Hymenet, Decagon EC-5, Delta-T PR2) est décrit. Les températures sont mesurées par approche passive et active fondée sur le chauffage contrôlé (2 x 30 min / jour) par effet joule de la gaine métallique de la fibre optique.

La stratégie de traitement des observations fondée sur l'assimilation de données est ensuite discutée. Nous présentons l'état de l'art sur ces travaux et les pistes de développement envisagées pour le traitement combiné des mesures actives et passives des températures.

Keywords: Fibre optique, Mesure distribuée de température, Teneur en eau, Zone non-saturée, Draix



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Passive acoustic monitoring of bedload discharge in large gravel bed rivers

Thomas Geay^{1,2}, Philippe Belleudy¹, Jonathan B. Laronne³ and Cédric Gervaise²

¹ *Université Grenoble-Alpes/CNRS, IRD, LTHE, Grenoble*

² *Université Grenoble-Alpes, GIPSA-lab, Grenoble*

³ *Dept. of Geography and Environmental Development, Ben Gurion University of the Negev, Israel*

Sites concernés (potentiellement) : Draix-Bléone, OHMCV, OMERE, MSEC, HYBAM, Erorun, ObsErA

Instruments Critex concernés : plateforme de suivi hydrosédimentaire

Résumé :

Our research deals with passive acoustic monitoring of bedload discharge using a continuously monitoring hydrophone in a river. This passive technology senses acoustic waves propagating in the water and emitted due to inter-particle collisions during bedload movement. The sensor is also sensitive to any noise propagating in the river (the soundscape), including hydrodynamic noise present in the environment.

Experiments were performed in small and large gravel-bed rivers where signal properties were compared with other measurements of bedload discharge. They have supplied some answers to basic questions addressed concerning the capability for this surrogate method for the monitoring of bedload: (1) At low flow conditions in the large River Rhine, the method allows the detection of intermittent gravel transport. (2) During a flood event on the alpine River Arc-en-Maurienne the amount of energy emitted by bedload transport is correlative with physical bedload sampler measurements. (3) During the same flood event, the frequency of the signal was lower at peak flow, interpreted to result due to transport of coarser particles. (4) The signals of a hydrophone installed in the Drau River in Austria correlates with the output of a series of geophone plates deployed across the river; it demonstrates that hydrophone signals are integrative of bedload activity over a large riverbed area.

The river soundscape is a combination of different sources of noise and of propagation properties. Adapted methods of signal analysis were developed for interpretation of the hydrophone signals. In the present state of development the method is solely capable of bedload discharge quantification with prior calibration. The hydrophone technique allows continuous and integrative monitoring of riverbed activity; it is easy to deploy and relatively cheap. It is especially adapted to large rivers and to floods, and is already in use for the monitoring of bedload transport through mobile dams.

Keywords: Bedload; Acoustic passive monitoring; Hydrophone; Signal analysis; Large gravel-bed River



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Contrasted distribution of colloidal and true dissolved phosphorus in shallow groundwaters from a small, lowland agricultural catchment

S. Gu¹, G. Gruau¹, R. Dupas², C. Rivard³, C. Gascuel² and J-M. Dorioz⁴

1-UMR CNRS Univ-Rennes 1 Géosciences Rennes, Rennes

2- Agrocampus Ouest - INRA - UMR Sol Agro et hydrosystèmes Spatialisation, Rennes

3-ESRF-The European Synchrotron, Grenoble

4-INRA, UMR CARTEL, Thonon les Bains

Sites concernés : ORE Aghrys

Instruments Critex (potentiellement) concernés : Chemical House

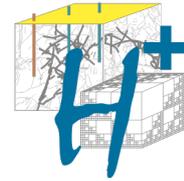
Résumé :

Colloids (1~1000 nm) are major phosphorus (P) carrier phases in agricultural soils. Most studies developed so far on the role of colloids in P transport have however focused on laboratory extracted colloids with only little attention being paid to natural soil solutions. Here, we monitored P speciation in natural soil solutions along two transects (G and K) in a small, agricultural catchment located in Western France, during one hydrological year. We compared the P speciation in these solutions (<0.45 μm) with that of P in lab solutions (NaCl 0,01 M) obtained from the same soil samples, using different speciation techniques, including ultrafiltration combined with inductively coupled plasma mass spectrometry (UF-ICP-MS) and XANES spectroscopy. XANES data revealed a strong enrichment of the colloids in P, thereby confirming the role of colloids as a major P carrier phase in agricultural soils. In natural soil solutions, total dissolved P concentrations (TDP) were similar in transect K and G, while molybdate reactive dissolved P (MRDP) was nearly 10 times higher in transect G than in Transect K. UF-ICP-MS data showed that the natural and lab extracted colloids consisted of a homogeneous mixture of Fe(Al)-oxides and organic matter. Overall, transect G waters showed high proportions of truly-dissolved MRDP (up to 65%), waters in Transect K being richer in colloidal P and truly-dissolved organic P (OP). Though confirming the important role of colloids as a major P carrier phase in agricultural catchments, this study indicates that natural soil solutions and lab extracts may yield different results regarding P speciation, and that the role of colloids in P transport in agricultural soils seems dependent of local conditions whose nature remains to be elucidated.

Keywords: Bassin versant, phosphore, spéciation, transfert sol-eau



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

**Periodic hydraulic tests as an innovative tool for
hydraulic tomography of the critical zone**

N. Guihéneuf¹, O. Bour¹, M. W. Becker², M. Cole², N. Lavenant¹, T. Le Borgne¹, J. Schuite¹, L. Longuevergne¹, M. Fauchoux³, O. Fovet³

¹ Géosciences Rennes-OSUR, CNRS - Université Rennes 1, Rennes, France

² Department of Geological Sciences, California State University, Long Beach, USA

³ INRA - Agrocampus Ouest, UMR1069 SAS, Rennes, France

Sites concernés : Sites Observatoires de Ploemeur (H+) et de Kerrien (AgrHys).

Instruments Critex concernés : WP 7.2 (mesure des flux)

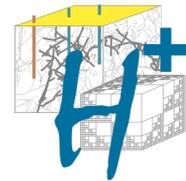
Résumé : To characterize the hydraulic properties of heterogeneous reservoirs, classical methods such as pumping tests or slug tests are sometimes limited, either by the low permeability of the media or by the small response in observation wells. In such cases, periodic hydraulic tests appear as a complementary approach to those well-known methods. The main advantages of the method are i) a scale of investigation that may vary depending on the period considered and ii) a periodic signal that is easy to identify in observation wells. To evaluate the feasibility of this novel method in highly and poorly permeable reservoirs, we performed oscillatory slug tests in both fractured and weathered hard-rock formations. The first test site was the Ploemeur site where a multi-packer system was installed to achieve this tomographic approach. The second test site was the Kerrien site, which is much less permeable but where the large number of boreholes screened at different depths allowed an easy implementation of the method.

Several periods have been tested at different depths and responses have been recorded at different observation points and different depths in both formations. To complete the analysis based on a simple analytical model derived from Theis assumption, we have also compared results from several pumping tests solutions. We show here that periodic slug tests can be applied in highly and poorly permeable formations but an appropriate model has to be defined to get better estimates of hydraulic properties. Indeed, borehole geometry (wellbore storage, partial penetrating borehole etc.) or aquifer characteristics (confined, unconfined, anisotropy etc.) can greatly impact the amplitude and phase lag responses of the signal. Consequently, defining an appropriate solution from a specific data set may be sometimes challenging. Nevertheless, analyzing the response for different periods allow overcoming these difficulties. Thus, periodic hydraulic tests appear as a promising method to characterize the spatial distribution of the hydraulic properties in the critical zone.

Keywords: Periodic hydraulic tests, Groundwater flux, transmissivity, storativity, wellbore storage, fractured media.



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Spatialisation des données de teneurs en eau à l'échelle de la parcelle agricole, par tomographie de résistivité électrique et méthodes géostatistiques

Hocine HENINE, Rémi Clément, Matthieu Dorel, Sylvain Moreau, Julien Tournebize

Irstea, unité HBAN, 1 rue Pierre-Gilles de Gennes, 92761 ANTONY cedex...

Sites concernés : Bassin versant de l'ORGEVALE

Instruments Critex concernés : ERT (SYSCAL PRO 72)

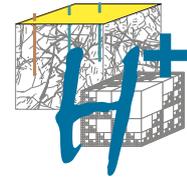
Résumé

En science du sol, la connaissance de la distribution de teneur en eau dans le sol dans les premiers mètres du sol est un paramètre important mais compliqué à acquérir car les techniques de mesures directes ne fournissent que des informations ponctuelles difficilement extrapolables pour un sol hétérogène. L'essor des outils de mesure, dont la géophysique, permet aujourd'hui de mesurer des variables physiques avec une haute résolution spatio-temporelle. Cette étude, vise à déterminer une méthodologie permettant la spatialisation de données ponctuelles de teneur en eau, en assimilant les informations de mesures de tomographie de résistivité électrique (ERT) grâce à une méthode géostatistique, nommée « Bayesian Maximum Entropy » (BME). Cette méthode permet d'assimiler plusieurs jeux de données différents avec des degrés d'incertitudes propres en prenant compte de plusieurs variables pour spatialiser la teneur en eau dans le sol. Cette méthode a été testée sur différents modèles hydrodynamiques synthétiques. Les résultats ont été comparés à ceux utilisant la méthode de la simple transformation des données géophysiques en teneur en eau par une loi d'Archie. L'analyse des résultats montre une spatialisation plus fidèle au modèle initial de teneur en eau grâce à l'assimilation rigoureuse des données ERT et TDR par la méthode BME, montrant ainsi que la BME permet d'améliorer les techniques de spatialisation standards. Les résultats de cette étude seront ensuite appliqués sur un jeu de données réelles. Un suivi temporel journalier de la résistivité électrique sur une saison hydrologique est en cours de réalisation sur le site de Boissy le Châtel (Observatoire GIS ORACLE, BDOH©, <http://bdoracle.irstea.fr>) bénéficiant de l'appui de Critex (avec la mise à disposition d'un Syscal pro 72 électrodes).

Keywords: teneur en eau, géophysique, géostatistique, BME, Critex....



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

MONITORING OF WATER STORAGE CHANGES IN THE CRITICAL ZONE USING HYBRID GRAVIMETRY

Hinderer¹, J., Hector², B., Séguis³, L., Pfeffer⁴, J., Calvo¹, M., Boy¹, J.-P., Masson¹, F., Ferhat¹, G., Bernard¹, J.-D., Viville⁵, D., & Pierret⁵, M.-C.

¹ IPGS-EOST 5 rue Descartes 67084 Strasbourg

² LTHE Grenoble

³ HSM Montpellier

⁴ ENS Lyon

⁵ LHYGES Strasbourg

Sites concernés: West Africa + Strengbach (Vosges)

Instruments Critex concernés : Superconducting gravimeters iGrav (GWR Instruments) + spring gravimeter CG5 (Scintrex)

Résumé :

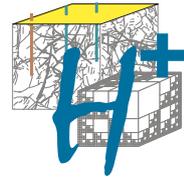
Time-lapse gravimetry is known to be a powerful tool to monitor mass redistributions near the Earth's surface and hence is of interest in hydrology when water moves within the critical zone. Hybrid gravimetry relies on the combined use in a specific study of different types of instruments measuring the earth's gravity changes i.e. relative spring gravimeters (RG) and superconducting gravimeters (SG), as well as ballistic absolute gravimeters (AG). Hybrid gravimetry is able to provide new constraints on underground water storage changes and we will focus here on several cases to illustrate the interest of the technique. First we report on results on two catchments in West Africa which were investigated in the frame of the GHYRAF (Gravity and Hydrology in Africa) project: one is located in the semi-arid Sahelian zone in Wankama (Niger) and another one in Djougou (Benin) in the humid, hard-rock basement zone.

In Wankama, both time-lapse AG and RG are available. We show that most of the gravity variations originate from heterogeneities in the vadose zone highlighting the potential of time lapse microgravity surveys for detecting intra-seasonal water storage variations in the critical zone. For instance, the method helped to identify areas of preferential recharge.

In Djougou, the hybrid gravimetry dataset consists of a GWR SG, FG5 AG episodic measurements and repeated micro-gravimetric measurements with a Scintrex CG5 RG on a dense network around the base station. The time variable gravity (and hence water storage changes) in the investigated zone is retrieved by EOF (Empirical orthogonal function) decomposition of the gravity field and shows the same space-time pattern as classical hydrological measurements (i.e. neutron probes). The results provided



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

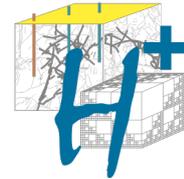
significant inputs into a conceptual model of streamflow generation processes for the site.

A final part will be dedicated to the application of hybrid gravimetry in the CRITEX project. We will especially focus on the Strengbach catchment in the Vosges which has been selected among the first semi-permanent CRITEX sites to be instrumented in gravimetry.

Keywords: gravity, water storage changes



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

**Groundwater dynamics of a karst aquifer through active
and passive Fiber Optic DTS methods**

H. Le Lay¹, O. Bour¹, N. Lavenant¹, N. Simon¹, J. Bodin², N. Guihéneuf¹,
B. Nauleau², G. Porel², and T. Le Borgne¹

¹Géosciences Rennes-OSUR, CNRS - Université Rennes 1, Rennes, France

²IC2MP, CNRS - Université de Poitiers, Poitiers Cedex, France

Sites concernés : *Hydrogeological Experimental Site (HES) of Poitiers (H+), France.*

Instruments Critex concernés : **WP 3 (fibre optique)**

Résumé : Temperature has been proposed as an excellent tracer for monitoring groundwater flows, especially in karstic aquifers which are characterized by rapid and localized flows. Here, we present some experiments that demonstrate the interest of passive and active Fiber-Optic Distributed Temperature Sensing (FO-DTS) for characterizing heterogeneities and groundwater dynamics in a karstic aquifer. The experimental tests were achieved at the Poitiers Experimental Hydrogeological Site (SEH) where groundwater flows are mainly associated with sub-horizontal karstic structures and sub-vertical fractures. The site consists in 35 boreholes drilled within a regular 210 x 210 m grid, and having an average depth of about 125 m (<http://hplus.ore.fr>).

The simplest experiments consist in monitoring temperature changes simultaneously in 3 to 4 boreholes during a pumping test. The duration of each pumping test was about 3 to 4 h, a duration that allowed obtaining a clear hydraulic response on most boreholes. Temperature was monitored every 30 seconds with a temperature resolution varying between 0.02°C to 0.05°C for a spatial resolution equal either to 29 cm or 50 centimeters depending on the DTS unit. As expected, the changes in temperature are highly variable from well to well. In most boreholes, one clearly observes some changes of borehole temperature that may be used either to locate precisely the main permeable levels or to estimate borehole flow velocities through the monitoring of the temperature front evolution. When no temperature changes are observed, active DTS methods may still allow monitoring groundwater flows. Active-DTS methods are considered when the cable or borehole fluid is heated. For instance, it is possible to heat a thermal resistance within a borehole and monitor fluid movement through temperature evolution with time. Thus, passive and active DTS methods are found very complementary for providing spatial and temporal monitoring of groundwater dynamics in karstic aquifers.

Keywords: Fiber-Optic DTS, Temperature, groundwater flows, karstic aquifers, fractured media, flow velocity



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Long-term variations of phosphorus fluxes and phosphorus sources in small to medium scale catchments: what can we learn from low frequency data?

P-L. Legeay^{1,2}, F. Moatar³, C. Gascuel-Oudou², and G. Gruau¹

1-UMR CNRS Univ-Rennes 1 Géosciences Rennes, Rennes

2-Université François Rabelais, EA Géo-Hydrosystèmes Continentaux, Tours

2- Agrocampus Ouest - INRA - UMR Sol Agro et hydrosystèmes Spatialisation, Rennes

Sites concernés : ORE Aghrys, Réseaux de suivi des cours d'eau bretons

Instruments Critex (potentiellement) concernés : Chemical House

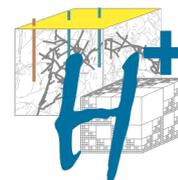
Résumé :

Although pollution of rivers by phosphorus (P) is of major environmental concern, few studies have been carried out to assess the spatiotemporal variability of P loads in rivers and the apportionment of point and nonpoint source in total loads. A major obstacle to such study is the low frequency of available data base. Here we focus on Brittany (Western France), where the P pollution problem is particularly acute due to the large P surplus occurring in soils and the high sensibility of inland and coastal waters to eutrophication. By developing appropriate data treatment methods of low frequency data from available water quality monitoring networks, covering more than 100 measurement stations, we provide a regional-scale quantification of the spatiotemporal variability of dissolved P (DP) and total P (TP) inter-annual loads from 1992 to 2012. Build on mean P load in low flows and statistical significance tests, we developed an indicator allowing us to determine the importance of domestic and industrial P sources in total P load and assess their spatiotemporal variability compared to agricultural sources. The data show that both mean DP and TP loads have been divided by more than a factor of 2 over the last 20 years, and that a global shift in P inputs apportionment to freshwaters has occurred in Brittany since 20 years with a relative decrease of the proportion of point-source sources in annual TP and DP loads. Thus, agricultural nonpoint sources now contribute to >70% of the total annual load in most rivers showing the efficiency of the control of point source P inputs by the enhancement of water treatment plant efficiency and removal of phosphates in detergents. The spatialized P loads provided by this study give a basis for a better understanding of the factors that drives P pollution in rivers draining agricultural areas.

Keywords: Bassin versant, phosphore, flux, pollutions diffuses et ponctuelles, séries basse-fréquences, traitement de données



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Vers une meilleure caractérisation des propriétés physiques des particules en suspension dans les bassins versants

C. Legout¹, N. Gratiot¹, T. Grangeon¹, V. Wendling¹, M. Esteves¹, G. Nord¹, J. Nemery^{1,2}, P. Belleudy¹, B. Mercier¹, C. Coulaud¹

¹ Université Grenoble-Alpes/CNRS, IRD, LTHE, Grenoble

Sites concernés : Draix-Bléone, OHMCV

Instruments Critex concernés : plateforme de suivi hydrosédimentaire

Résumé :

Dans les bassins versants de petite et moyenne échelle où les problématiques environnementales associées aux particules fines peuvent être marquées (pertes en sol, envasements des retenues, dégradation de la qualité des masses d'eau, flux de nutriments adsorbés), des verrous importants subsistent quant à la prise en compte de la dynamique spatio-temporelle des flux de matières en suspension (MES) à l'intérieur des bassins versants. Avancer dans la compréhension de ces flux implique donc une analyse des mécanismes basée sur d'autres grandeurs que les débits et les concentrations mesurés classiquement aux exutoires. L'essentiel de notre approche consiste à revisiter ces mécanismes en s'intéressant principalement aux caractéristiques physiques des MES. Par caractéristiques physiques nous entendons à la fois les propriétés i) morphométriques (tailles, formes, densités, vitesses de chute) qui vont conditionner les temps de transfert et ii) physico-chimiques (résistances à la désagrégation, propensions à la floculation, signatures spectrales) qui renseignent sur l'origine spatiale.

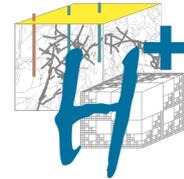
S'intéresser aux propriétés de chute des particules dans les gammes de concentrations atteignant fréquemment plusieurs dizaines de gramme par litre durant les crues a nécessité le développement d'un Système de Caractérisation des Agrégats et des Floccs (SCAF) basé sur le suivi de l'absorbance optique de suspensions immédiatement après leur collecte par préleveurs séquentiels. Des mesures du SCAF, nous déduisons à la fois des vitesses de chute et des indices de propension à floculer des MES.

Concernant l'origine spatiale des MES, nous avons développé des méthodes de traçages «low cost» basées sur de la spectrométrie de réflectance diffuse permettant d'accéder à une bonne résolution temporelle (i.e. horaire pour un grand nombre de crues). Combinées à des modélisations distribuées, ces données nous permettent d'évaluer le rôle joué par la variabilité spatiotemporelle du forçage météorologique dans les réponses hydrosédimentaires des bassins.

Keywords: Bassins versants, suspension, désagrégation, floculation, traçage low cost des sédiments fins, SCAF.



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Actualités des développements en Résonance Magnétique Protonique (RMP)

Anatoli Legtchenko*¹, Jean-Francois Girard², Jean-Michel Vouillamoz³, Naomi Mazzilli⁴.

^{1,3} IRD - LTHE, Grenoble
² IPGS – UMR 7516, Strasbourg
⁴ UMR 1114 EMMAH, Avignon

Sites concernés : système karstique de Durzon, BV de Ara (Bénin)

Instruments Critex concernés : outil géophysique non invasive (RMP)

Résumé :

Les développements récents de la méthode RMP et de la méthodologie correspondante ont été effectués suivant les axes suivants : 1) utilisation de l'appareil RMP commercial NUMIS^{POLY} sur les chantiers de CRITEX; 2) formation des utilisateurs (Bénin, Avignon) ; 3) amélioration de la performance de la méthode RMP (logiciels de traitement du signal et d'interprétation des mesures) ; 4) développement et vérification d'une sonde RMP en forage ; 5) développement d'un appareil RMP pour la quantification de la teneur en eau dans la zone non saturée et à différentes échelles.

L'appareil RMP NUMIS^{POLY} a été utilisé pour les études du BV du Strengbach (Vosges, Alsace) et du système karstique du Durzon en France (plateau du Larzac). Toute la chaîne méthodologique a été appliquée en Alsace (mesures RMP, traitement du signal et interprétation améliorée de mesures RMP, analyse conjointe des résultats RMP et hydrologiques et géochimiques). Sur le plateau du Larzac, l'ensemble des mesures RMP effectuées auparavant dans le cadre du projet ANR HYDROKARST G2 (2008) ont été réinterprétées.

Une nouvelle sonde RMP en forage a été développée par l'IRD-LTHE en collaboration avec IRIS Instruments et le BRGM. La sonde a été testée en France et au Bénin. Au Bénin les tests de l'appareillage RMP ont été effectués sur les sites expérimentaux du projet GRIBA (<http://projet-griba.com/>). Un prototype de l'appareil RMP pour l'étude de zone

*Corresponding author.

¹ anatoli.legtchenko@ird.fr

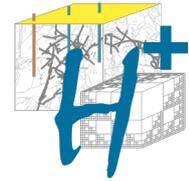
² jf.girard@unistra.fr

³ Jean-Michel.Vouillamoz@ird.fr

⁴ naomi.mazzilli@univ-avignon.fr



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

non saturée a été testé en France et sur des échantillons de différentes roches. On a confirmé la faisabilité de ces mesures mais toute la méthodologie d'application et d'interprétation reste à développer. Nos résultats ont été valorisés par 3 articles (1 publié et deux acceptés).

Une nouvelle approche de filtrage utilisant un dispositif multi-capteurs a été développée et appliquée dans diverses conditions de bruits anthropiques et naturels. Les résultats sont très probants sur les bruits anthropiques et les développements se poursuivent pour améliorer l'efficacité sur les bruits transitoires naturels.

Keywords: Critex, RMP, MRS, GRIBA, karst, Bénin, Larzac....



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Application conjointe des outils géophysique (RMP) et géochimique à l'étude de fonctionnement hydrique du BV du Strengbach

Anatoli Legtchenko*¹, Jean-Francois Girard², Marie-Claire Pierret³

¹ IRD - LTHE, Grenoble

² IPGS – UMR7516 CNRS/UdS, Strasbourg

³ LHyGeS UMR7517 CNRS/UdS, Strasbourg

Sites concernés : BV du Strengbach en Alsace

Instruments Critex concernés : outil géophysique non invasive (RMP) et modélisation hydrologique ou hydrodynamique

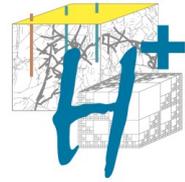
Résumé :

Les aquifères de socles possèdent une forte hétérogénéité spatiale et une faible capacité de stockage d'eau souterraine, ce qui rend difficile la gestion durable de la ressource en eau. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'apport de la méthode géophysique RMP pour contraindre la modélisation hydrogéologique en contexte de socle et plus spécifiquement sur le bassin versant granitique du Strengbach, situé dans le massif des Vosges (France), qui bénéficie d'un suivi climatique, géochimique et hydrologique depuis 25 ans. Pour cartographier les stocks d'eau et les propriétés hydrodynamiques de l'aquifère, 32 sondages RMP ont été réalisés durant deux campagnes de terrain. Ces sondages ont été complétés par des mesures hydrologiques et géochimiques. Les résultats ont permis d'estimer (1) l'épaisseur du principal réservoir que constitue l'horizon altéré (8 - 24 m), (2) la quantité d'eau dans cet horizon (une colonne d'eau de 10 - 54 cm) et (3) la transmissivité (5×10^{-6} - 8×10^{-5} m²/s). Les contrastes mis en évidence par la méthode RMP ont conduit à un schéma hydrogéologique conceptuel comprenant 5 zones avec des propriétés hydrogéologiques distinctes. Ce schéma va contribuer à établir un modèle hydrodynamique à base physique dans la perspective d'étudier l'évolution de la ressource en eau en fonction des changements climatiques et anthropiques. Une comparaison de ce schéma hydrogéologique conceptuel avec des résultats de l'étude géochimique des eaux de sources et de ruisseaux ont mis en évidence une bonne correspondance et complémentarité entre ces méthodes.

Keywords: Critex, RMP, MRS, Strengbach, géochimie



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

**Contribution de l'inclinométrie à la compréhension
du système hydrologique de la Fontaine de Vaucluse**

N. Lesparre¹, F. Boudin², J. Chéry¹, C. Danquigny³, C. Champollion², M. Cattoen⁴,
H.C. Seat⁴, L. Longuevergne⁵.

*1) Observatoire de recherche méditerranéen de l'environnement,
Géosciences Montpellier, Université Montpellier Sciences et Techniques,
Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cédex 5, France.*

*2) Laboratoire de géologie de l'ENS, UMR CNRS 8538, Ecole Normale Supérieure,
24 rue Lhomond, 75005 Paris, France*

3) UAPV, UMR1114 EMMAH, F84000 Avignon, France

*4) Ecole Nationale Supérieure Electronique Electrotechnique Informatique Hydraulique Toulouse
2 Rue Charles Camichel, 31000 Toulouse.*

5) Géosciences Rennes, UMR CNRS 6118, Université de Rennes 1, Rennes, France

Sites concernés : LSBB

Instruments Critex concernés : inclinomètres, déformation verticale

Résumé :

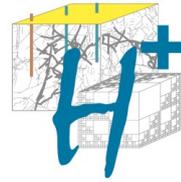
La déformation des systèmes naturels en réponse au stockage et à la redistribution d'eaux souterraines est liée aux surpressions associées à la circulation des fluides au sein de ces systèmes fortement hétérogènes. L'analyse des mesures inclinométriques offre ainsi la possibilité de mieux comprendre le rôle des failles et fractures à travers lesquelles les fluides s'écoulent de manière préférentielle (Longuevergne et al., 2009 ; Jacob et al., 2010). Depuis 2012, un inclinomètre longue base a été installé dans le laboratoire souterrain à bas bruit (LSBB) de Rustrel pour étudier la réponse du système karstique de la fontaine de Vaucluse (FDV) au cycle de l'eau. Ces données inclinométriques et la piézométrie issue d'un forage proche du LSBB montrent une forte corrélation avec les débits à l'exutoire du système observé à la FDV pourtant distante de 50 km. Durant plusieurs mois, les données inclinométriques ont été relevées sur trois lignes de base, permettant pour la première fois de suivre le gradient de l'inclinaison qui se révèle très homogène. Cette nouvelle information permet de contraindre fortement la géométrie de la source expliquant les observations. Plusieurs modèles de déformation ont donc été testés à l'aide du code ADELI (Hassani et al., 1997) pour estimer quelle structure hydro-mécanique pouvait reproduire l'inclinaison mesurée ainsi que son gradient. Ces modèles ont montré qu'une charge uniforme à la surface produisait un signal de trop faible amplitude. D'autre part, la déformation associée au remplissage d'une fracture suite à un événement pluvieux requiert une structure de dimensions peu réalistes. En revanche, la déformation du milieu produite par le chargement de

¹* Corresponding author.

Courriel:



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

nombreuses fractures à l'interface entre la zone saturée et la zone non-saturée s'avère propice pour créer une déformation conforme aux observations.

Références :

Hassani, R., Jongmans, D., & Chéry, J. (1997). Study of plate deformation and stress in subduction processes using twodimensional numerical models. *Journal Geophysical Research*, 102, 17,951-17,965.

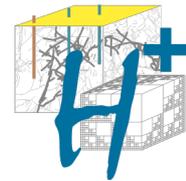
Jacob, T., Chéry, J., Boudin, F., & Bayer, R. (2010). Monitoring deformation from hydrologic processes in a karst aquifer using long-baseline tiltmeters. *Water resources research*, 46(9).

Longuevergne, L., Florsch, N., Boudin, F., Oudin, L., & Camerlynck, C. (2009). Tilt and strain deformation induced by hydrologically active natural fractures: application to the tiltmeters installed in SainteCroixauxMines observatory (France). *Geophysical Journal International*, 178(2), 667-677.

Keywords: inclinométrie, Fontaine de Vaucluse



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Développement d'une plateforme de suivi hydrosédimentaire

G. Nord¹, M. Esteves¹, C. Aubert¹, P. Belleudy¹, C. Coulaud¹, J. Bois¹, T. Geay^{1,2}, N. Gratiot¹, C. Legout¹, B. Mercier¹, J. Némery¹ and Y. Michielin¹

¹ Université Grenoble-Alpes/CNRS, IRD, LTHE, Grenoble
² Université Grenoble-Alpes, GIPSA-lab, Grenoble.

Sites concernés (potentiellement) : Draix-Bléone, OHMCV, OMERE, MSEC, HYBAM, Erorun, ObsErA

Instruments Critex concernés : plateforme de suivi hydrosédimentaire

Résumé : Le projet vise à développer une plateforme de mesures hydrosédimentaires par intégration électronique d'un ensemble de capteurs existants permettant la mesure en continu et à haute fréquence des débits liquide et solide (charriage et suspension), ainsi que des caractéristiques des matières en suspension (distribution en taille des particules, vitesse de chute des particules) et potentiellement d'autres variables sur la qualité de l'eau (couleur, concentration en nutriments). Le projet s'adresse préférentiellement aux rivières situées dans des bassins versants présentant des reliefs et drainant des surfaces de 10 à 1000 km², avec de fortes concentrations de matière en suspension (maxima compris entre 10 et 300 g/l) et des écoulements intermittents s'étalant sur une gamme de débit de plusieurs ordres de grandeur. La mesure des débits liquide et solide dans ce type de rivière demeure un challenge et, à ce jour, il n'existe pas de dispositif intégré sur le marché permettant le suivi en continu de ces variables.

Le développement de cette plateforme s'appuie sur une longue expérience de mesure des flux sédimentaires en rivière sur les sites de Draix-Bléone et OHMCV (en lien aussi avec les équipes des sites d'OMERE et de MSEC). Le choix est fait d'intégrer dans la plateforme des instruments ayant un niveau de développement permettant de les assembler facilement (radar hauteur d'eau et vitesse, turbidimètre, échantillonneur automatique, caméra) et d'inclure des instruments récemment développés au sein des équipes du RBV (SCAF, hydrophone et éventuellement spectrophotomètre et radiomètre). La priorité est donnée aux instruments non-intrusifs du fait de leur robustesse dans ce type de milieu à fort potentiel destructeur. Le travail de développement prévoit la réalisation d'un prototype de plateforme « intelligente » et configurable à distance pour une implantation en milieu isolé (absence de réseau électrique et réseau filaire de communication). Cette plateforme doit permettre l'interaction entre les différents capteurs, la gestion à distance et en temps réel des capteurs, l'envoi d'alarmes SMS et e-mails, la télétransmission des données et l'archivage des données. Un test de la plateforme est prévu courant 2016 sur un site proche du LTHE.

Keywords: rivière, débit, sédiments, suspension, charriage, SCAF, hydrophone



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Encouraging the use of seismic methods on critical zone observatories

S. Pasquet¹, L. Bodet^{1,*}, K. Chalikakis², N. Flipo³, L. Longuevergne⁴ and R. Guérin¹

¹Université Pierre et Marie Curie, ²Université d'Avignon, ³Mines ParisTech, ⁴Géosciences Rennes

Sites concernés : Ploemeur (ORE H+), Orgeval (PIREN-SEINE)

Instruments Critex concernés : Sismique (WP6.1)

Résumé :

The characterization, study and monitoring of hydrosystems mainly rely on piezometric and log data, e.g. on local information. Fortunately, hydrogeophysics provide appropriate tools to interpolate boreholes information and to image heterogeneities in the critical zone. When electrical and electromagnetic methods predominate in such context, we recently suggested the use of classical seismic methods not only to provide a characterization of the subsurface geometry, but also to estimate the mechanical properties of the critical zone influenced by its water content. We tested, on two critical zone observatories with distinct hydrogeological characteristics, the simultaneous estimation of pressure (P-) and shear (S-) wave seismic velocities (VP and VS, respectively) from P-wave travel-time tomography and surface-wave dispersion inversion respectively. On both sites, e.g. a fractured environment with strong discontinuities and a continuous multi-layered hydrosystem, we were able to image spatial and/or temporal variations of VP/VS ratio, whose evolution was strongly associated to the water content observed locally.

Keywords: Seismic, VP/VS, Poisson's ratio, surface waves, water content, hydrogeophysics, critical zone.

* Corresponding author: ludovic.bodet@upmc.fr



**Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016**



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

**Caractérisation spatiale de la zone critique par diagraphies
chimiques : Propriétés hydrauliques et processus de contamination
des eaux souterraines**

Pauwels H¹, Négrel P¹, Dewandel B^{2,3}, Perrin J^{1,2}, Mascré C², Roy S¹, Ahmed S⁴

¹ BRGM, Avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 02, France,
² CEFIRES, Indo - French Center for Ground Water Research, NGRI, Uppal Road, 500 007
Hyderabad, India

³ BRGM, 1039 rue de Pinville 34200 Montpellier, France
⁴ NGRI, Uppal Road, 500 007 Hyderabad, India

Sites concernés : Site Observatoire d'Inde (H+)

Instruments Critex concernés : WP 7.2

Résumé :

La connaissance de la variabilité spatiale, tant horizontale que verticale, de la composition chimique des eaux souterraines requiert de multiplier les points de prélèvements et reste donc difficilement accessible. Dans cette étude, une sonde Idronaut Ocean Seven 302 a été équipée pour la détermination des paramètres physico-chimiques (conductivité électrique, T°C, pH et O₂ dissous) mais également d'électrodes sélectives pour la mesure des concentrations en F et en NO₃. Elle a été utilisée à la réalisation de 23 profils diagraphiques pour caractériser sur quelques dizaines de mètres de profondeur, selon un intervalle inférieur à 0,5 m, les teneurs en NO₃ et F des eaux souterraines du petit bassin versant Indien de Maheshwaram, situé sur granite.

L'excellente corrélation avec des données acquises en laboratoire après le prélèvement d'échantillons d'eau montre que les diagraphies permettent de déterminer les concentrations avec une très bonne précision. L'effet de la force ionique sur la réponse des électrodes sélectives a toutefois été pris en compte grâce aux diagraphies de conductivité électrique. De très fortes variabilités chimiques ont été observées verticalement, mais elles restent limitées à la zone critique - couche altérée/fissurée de l'aquifère qui, sur ce bassin, s'étend jusqu'à 30-35 m de profondeur. Au sein d'un forage, la variabilité a été corrélée à la conductivité hydraulique et/ou au nombre de zones conductrices et dépend donc de la connectivité du réseau de fractures. La comparaison des profils de NO₃ et de F permet également de mettre en évidence les zones de connectivité entre différents forages.

Les profils permettent également de mettre en évidence 2 processus qui contribuent à l'accumulation du F, élément fortement toxique, dans les eaux souterraines : les processus naturels d'interaction eau-roche dans la zone critique et des apports ponctuels par les engrais.

Keywords: diagraphies chimiques, fluor, nitrates, milieu fracturé



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Monitoring électrique très haute fréquence en forage des écoulements dans un aquifère de socle.

Philippe A. Pezard¹, Gilles Henry¹, Olivier Nitsch^{1,3}, Laurent Brun¹,
Daniel Viville², Solenn Cotel², Marie-Claire Pierret².

¹ *Géosciences Montpellier, UMR 5243 du CNRS*
² *LHyGeS UMR7517 CNRS/UDS, Strasbourg*
³ *FLODIM, Manosque*

Sites concernés : BV du Strengbach (Alsace)

Instruments Critex concernés : Mesures géophysiques en forage de résistivité électrique et de température pour le monitoring haute fréquence des écoulements à l'aide de dispositifs SMD pour la résistivité et KBG-S pour la température par fibre optique (WP7.1)

Résumé :

Afin d'évaluer la pertinence d'un monitoring de résistivité électrique dans les formations granitiques et schisteuses du bassin versant du Strengbach (Alsace), une nouvelle approche par diagraphies répétées de résistivité électrique a été testée lors d'une campagne de terrain réalisée en juin 2015.

La sonde SMD ("Subsurface Monitoring Device") de monitoring électrique en forage acquise dans le cadre de CRITEX par Géosciences Montpellier fonctionnant sur un principe galvanique (dipôle-dipôle, Wenner ou autre), une sonde de type latéroglog fonctionnant sur le même principe a été déployée à très haute fréquence temporelle (de l'ordre du du mHz, soit environ toutes les 15 minutes) dans un puits test (F5) du BV de Strengbach profond de 60 m. La précision et la répétabilité des sondes de résistivité met en évidence à cette échelle de temps des variations de résistivité jusqu'à 10 % en face de certaines des fractures identifiées à l'aide de l'imagerie acoustique de paroi.

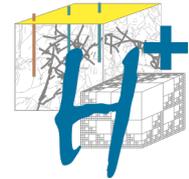
Cette stratégie est connue depuis plusieurs dizaines d'années sous le nom de "Time Lapse Logging" (ou TLL). Elle est généralement déployée en forage soit à beaucoup plus basse fréquence (à l'échelle de plusieurs mois ou de plusieurs années, soit encore à des fréquence allant environ du μ Hz au nHz) pour le suivi de l'exploitation d'un réservoir d'hydrocarbures (par bombardement de neutrons, par exemple), soit à fréquence

*Corresponding author

¹ ppezard@gulliver.fr



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

temporelle comparable à notre test (celle du mHz) dans le cadre d'une expérience de modification de la température par chauffage ou encore d'une injection d'un traceur. (*)

Notre approche se distingue par l'observation haute-fréquence passive de l'aquifère. Partout ailleurs dans le puits, les variations temporelles sont inférieures à 1%, ce qui permet d'évaluer la précision du dispositif expérimental de terrain dans un tel milieu où la résistivité varie de 500 à 10000 $\Omega.m$. A cette échelle de temps, ces variations ne peuvent être expliquées que par de petits changements de conductivité électrique du fluide poral venant d'un léger changement de température ou de charge ionique du fluide. Si on analyse ces changements en termes de température seulement, une variation de 2% correspond à un écart de température de l'ordre de 1°C du fluide poral dans ces formations cristallines. Ces variations peuvent s'expliquer par le drainage de l'aquifère lors des mesures de juin dernier, suite aux pluies des jours précédents.

En conséquence, le déploiement du SMD en 2016 doit permettre un monitoring électrique en forage pertinent de l'aquifère de socle si l'on prend soin de choisir un dispositif en forage à suffisamment haute fréquence spatiale, comparable à celle du latéolog (soit quelques dm). Le déploiement simultané d'une fibre optique de mesure de température par réseau de Bragg à la flûte de résistivité doit permettre d'identifier l'origine des variations de fluide poral entre température et charge ionique.

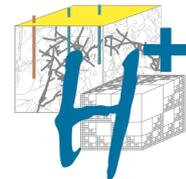
En outre, ce test basé sur des mesures latéolog haute fréquence sera répété en 2016 au Strengbach dans le puits F5, puis réalisé dans le nouveau puits dédié au monitoring hydrogéophysique qui sera foré en 2016. En sus des diagraphies de débitmétrie pour l'identification des fractures hydrauliquement actives, cette nouvelle stratégie doit également permettre un meilleur positionnement dans le puits des dispositifs de monitoring à plus long terme juste avant leur mise en place. On notera par ailleurs que le coût d'une telle approche est quasi nul lors de la réalisation de diagraphies, que ce soit en temps ou financièrement.

Enfin, cette nouvelle stratégie de monitoring à très haute fréquence par diagraphie répétée de résistivité à également été testée en 2015 en contexte d'intrusions salines dans des aquifères côtiers dans les carbonates du sites de Campos (Majorque) et les dépôts clastiques d'Argentona (Catalogne). Ces tests ont donné des résultats similaires avec la mise en évidence dans les deux cas d'horizons discrets où sont observés des petits changements de conductivité électrique du milieu en relation avec des écoulements, puisqu'un mécanisme de diffusion (en température ou charge ionique) ne pourrait expliquer de telles variations à cette échelle de temps.

** (voir par exemple : Jacob, 1940; Tsang et al., 1988, 1990; Löw et al., 1990, 1991; Pedler et al., 1990, 1992, 2001, 2003; Evans, 1995; Beauheim, 2007; Moinfar et al., 2009; Hayley et al., 2010)*



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Long-term record of open field precipitation and throughfall in a medium altitude forested environment (Strengbach watershed – NE France): Response to atmospheric pollution trend.

Pierret M.C.¹, Viville D.¹, Dambrine E.², Cotel S.¹ and Probst A.³

¹LHyGeS UMR7517 CNRS/UdS, Strasbourg

²CISM UMR 042 INRA-Université de Savoie, Chambéry

³ECOLAB Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, France

Sites concernés : OHGE – Strengbach watershed

Instruments Critex concernés : Long-term observation

Résumé :

Among the anthropogenic perturbations, acid rain and more largely atmospheric acid deposition have impacted, sometimes deeply, the biogeochemical cycles of many elements implying acidification of stream, lake, soils and forest declines. The small granitic Strengbach watershed (80ha) has been monitored for meteorological, hydrological and geochemical parameters since 1985 in order to better understand the relationships between acid atmospheric deposition and forest decline. Open field precipitation (OFP) was measured in clearings, and throughfalls under spruce (TF-S) and beech (TF-B) plots.

The annual water fluxes are different between OFP and throughfalls because of interception process, which is two times higher under spruces than under beeches. The concentrations of elements mainly or partly coming from atmospheric dry deposits (Na, Cl, Ca, Mg, SO₄, NH₄) are notably higher in TF-S than in TF-B. The long-term monitoring (3 decades) of atmospheric inputs allows us to identify some significant temporal trends (pH, conductivity, sulphate, Cl, NO₃, Ca, Mg, K), which could not be detected on shorter time periods (Probst et al., 1995).



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

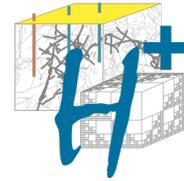
The decreases of anthropogenic SO₂ and NO_x (proton precursors) emissions observed since the 80's in the Northern hemisphere resulted in a significant decrease of acidity and sulphate concentration in OFP and throughfalls, even if a slight increase in sulphate concentrations was recorded during the period 2000-2005. This latter can be related to the worldwide emissions pattern (link with Asia emissions), underlining the influence of Long Range Transboundary Air Pollution (LRTAP). Spruce needles efficiently trap dry deposition which accentuates throughfall acidity leading to soil acidification and consequently, to nutrient leaching in soils and forest decline. On the opposite, beech leaves are able to neutralize part of the atmospheric protons deposition, which minimizes the negative effects of acid precipitation. This study underlines the importance of long-term records of both open field precipitation and throughfall in forested ecosystems to accurately evaluate the inputs of elements to soils, and among them essential nutrient elements. This is particularly true with respect to obvious changes in air quality over decades.

marie-claire.pierret@unistra.fr
dviville@unistra.fr
etienne.dambrine@univ-savoie.fr
cotel@unistra.fr
anne.probst@ensat.fr

Keywords: Long-term record, acid rain, forest decline



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

High resolution nitrogen isotope tracing during floods in a French agricultural catchment, Auradé: a way to better understand nitrate behaviour in the critical zone

Probst J.L., Paul A., Moussa I., Payre V. et Probst A.

ECOLAB, Université de Toulouse, CNRS, UPS, INPT

Sites concernés : Bassin versant agricole d'Auradé

Instruments Critex concernés : WP4- High resolution monitoring of rivers at the catchment outlet

Résumé :

Measurements of $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ were taken in a highly flood-responsive agricultural catchment in the southwest of France to trace the sources and transfer pathways of nitrates during flood events. From January to March 2013, surface water samples were collected every week at the outlet and four floods were sampled with a high resolution. Sampling was also performed in surface waters and sand lenses from the rest of the basin to trace nitrate sources and processes spatially.

Nitrate extractions were performed using a method based on the solubility difference between inorganic salts and organic solution. The $\delta^{15}\text{N}$ values were in the range of surface water contaminated by N-fertilisers. Depending on the hydroclimatic event, nitrates resulted from a combination of sources and processes. At the start of the floods, the values of $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ and nitrate concentrations were low, demonstrating the dilution of water with rainwater. During a second phase, the nitrate concentration and the $\delta^{15}\text{N}$ were higher. Deeper waters and soil solutions were the second source of nitrates. When the water level was low, both nitrate concentration and isotopic composition were high. These values reflected the denitrification processes that occurred in the soil under anaerobic conditions. An analysis of $\delta^{15}\text{N-NO}_3^-$ in stream water in a small agricultural catchment was efficient at determining the origin of nitrates during flood events using a simple method.

Reference: C.R. Geoscience 347 (2015) 328-337

Keywords: Nitrate pollution; critical zone; agricultural catchment; denitrification; fertiliser input, floods



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Etude de la variabilité spatiale et temporelle des sols et des flux d'eau par Tomographie de Résistivité Electrique.

Henri Robain^{1(a)}, Olivier Ribolzi^(b), Oloth Sengtaheuanghoung^(c),
Phabvilay Souniaphong^(a), Norbert Silvera^(a), Yann Le Troquer^(a)

(a) IRD UMR iEES-Paris, (b) IRD UMR GET (c) DALaM, Lao PDR

Sites concernés : Observatoire MSEC de Houay Pano, Laos

Instruments Critex concernés : WP2.4.2.: Geophysical imaging platform

Résumé :

L'observatoire de Houay Pano au Laos a permis le développement d'une approche combinant Tomographie de Résistivité Electrique (ERT), pédologie et hydrologie afin de comprendre les connexions entre les eaux souterraines des versants et des berges, d'une part, et les eaux de surface du ruisseau, d'autre part, dans un contexte d'exploitation agricole sur pentes fortes (>50%) où les cultures annuelles ont été récemment soit intensifiées (diminution, voire disparition, de la période de jachère), soit remplacées par des cultures de rentes pérennes (tecks)

Depuis 2006, un dispositif pérenne de suivi ERT est en place sur trois transects représentatifs de situations contrastées dans ce bassin versant : (i) un transect de haut de bassin sur substrat calcaire où le ruisseau est encaissé (ii) un transect de milieu de bassin sur substrat schisteux où le ruisseau s'écoule dans une large vallée marécageuse (iii) un transect de milieu de bassin sur substrat schisteux où le ruisseau est à nouveau encaissé. Combiné avec des méthodes pédologiques et hydrologiques classiques, cette observation sur le long terme - à un rythme hebdomadaire en saison humide et bimensuel en saison sèche - d'un proxy observable à partir de la surface du sol, de la variabilité du contenu en eau du sol permet d'identifier les horizons actifs vis à vis des flux d'eau verticaux et horizontaux. L'interprétation des données confirme le contrôle exercé par l'organisation de la couverture de sol au long du versant sur le fonctionnement hydrique de la zone critique et met en évidence l'influence du couvert végétal.

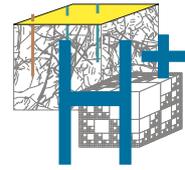
Keywords: Zone critique, géophysique, hydrologie, pédologie, Observation long terme

* Corresponding author.

Courriel: Henri.Robain@ird.fr



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Travaux en cours sur l'imagerie électromagnétique du bassin versant du Strengbach : développements en AMT et CSAMT

Pascal Sailhac¹, Julien Gance^{1*}, Hugo Larnier¹, Daniel Viville², Jean-Philippe Malet¹

¹ IPGS-UMR7516, CNRS/UdS, Strasbourg

² LHyGeS UMR7517, CNRS/UdS, Strasbourg

* Now at IRIS-Instruments, Orléans

Sites concernés : OHGE, bassin versant du Strengbach

Instruments Critex concernés : Equipement CSAMT Phoenix T3 (Task 6.5)

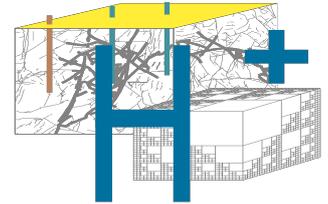
Résumé :

Il est classique en hydrogéologie d'imager la conductivité électrique pour sa sensibilité aux eaux et à la structure du milieu poreux, la méthode de prédilection est l'ERT utilisant l'injection des courants continus. L'hydrogéophysique dans CRITEX va au delà (cf. volets 6.3, 6.4, 6.5, 7.1). En particulier dans le WP 6.5 (CSAMT), nous nous intéressons aux profondeurs de réservoirs de bassins versants pouvant dépasser la centaine de mètres (ne serait-ce qu'en raison de la topographie) et nous développons l'utilisation de l'imagerie électromagnétique aux fréquences audio (AMT). La méthode AMT est une méthode passive conditionnée par l'activité magnétique naturelle et limitée par les bruits anthropiques. L'acquisition grâce à CRITEX d'une source artificielle contrôlée T3 permet de compléter le spectre dans les zones de faible activité naturelle, en particulier proche du kHz ("AMT dead band"). Au Strengbach, les hautes fréquences >5kHz correspondent à des profondeurs de pénétration semblables à celles de dispositifs ERT standards, entre 1 et 20 mètres ; explorer la "dead band" est nécessaire pour avoir une sensibilité aux zones de transfert hydrique à l'intérieur des versants. D'une part nous préciserons le contexte d'étude en présentant les premiers résultats d'imagerie électrique obtenus sur le site du Strengbach (ERT avec courant continu, et AMT sans source). D'autre part nous discuterons de nouveaux traitements des signaux permettant d'explorer la "dead band", et des premières mesures réalisées en 2015 à l'aide de la source T3 acquise grâce à CRITEX. Nous introduirons aussi le contexte des perspectives qui s'inscrivent dans le cadre de l'ANR HYDROCRIZSTO qui vient de débuter.

Keywords: Résistivité électrique (ERT), Electro-Magnétique (EM), Magnéto-Tellurique (MT et AMT), Source contrôlée (CSAMT, CSEM)



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Quand l'écoulement de l'eau déforme la surface: imagerie des structures actives de l'écoulement souterrain

Jonathan Schuite^{1*}, Laurent Longuevergne¹, Olivier Bour¹, Frédérick Boudin²,
Stéphane Durand³, Nicolas Lavenant¹

¹ Géosciences Rennes, UMR-CNRS 6118, Université de Rennes 1,

² Laboratoire de Géologie, UMR-CNRS 8538, Ecole Normale Supérieure (Paris),

³ Laboratoire Géomatique et Foncier (GeF/Cnam) Le Mans,

Sites concernés : Observatoire hydrogéologique de Ploemeur (Morbihan, France): site H+

Instruments Critex concernés : inclinomètres, déformation verticale

Résumé :

La caractérisation de la structure, du fonctionnement hydrologique et des propriétés hydrauliques des aquifères forme un enjeu essentiel pour une gestion raisonnée des ressources en eau dans la zone critique. En particulier en contexte fracturé, 80 % des flux sont concentrés dans le volume restreint d'un réseau de fractures. L'étude de ces réservoirs hétérogènes requiert des outils et méthodes adaptés à leur complexité. Les méthodes géodésiques, par leur sensibilité à la masse et aux déformations induites par les variations de pression dans un réservoir, sont aujourd'hui capables de mesurer des signaux faibles. Nous présentons ici les résultats d'un arrêt de pompage effectué à l'Observatoire hydrologique de Ploemeur au cours duquel un suivi des déformations de la surface a été réalisé par deux méthodes: l'inclinométrie et le nivellement optique. L'approche originale, couplant une méthode géodésique localisée mais transitoire (l'inclinométrie) et une méthode spatialisée mais ponctuelle (le nivellement), permet à la fois d'imager une zone de faille hydrauliquement active à l'échelle du site par des mesures de surface non-intrusives et d'en estimer ses propriétés géométriques et hydrauliques en inversant un modèle de déformation élastique simple. Ces estimations tombent en accord avec les résultats des expériences hydrauliques menées antérieurement sur le site. Nous montrons donc que les méthodes géodésiques de surface apportent des informations critiques sur la structure des écoulements à l'aide d'expériences de courte durée.

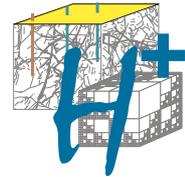
Mots clés: hydrogéodésie, inclinométrie, déformation de surface, failles, aquifère de socle...

^{1*} Jonathan Schuite

Courriel: jonathan.schuite@univ-rennes1.fr



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Dynamique de la contamination métallique d'origine anthropique dans un hydrosystème méditerranéen rural

J. L. Seidel^{1*}, G. Couloma², J. Molénat², R. Freydier¹, S. Négro²

¹ CNRS, UMR HSM, Montpellier, France, ² INRA- UMR LISAH, Montpellier, France

Sites concernés : ORE OMERE

Instruments Critex concernés : WP2 (chemical House) et observation à long terme

Résumé :

Parmi les changements globaux affectant les hydrosystèmes cultivés et naturels, les changements liés aux activités anthropiques peuvent être considérables, tant sur le régime que sur la qualité des ressources en eau et en sols.

Depuis 2005, l'analyse des mécanismes d'évolution à moyen et long terme de la qualité des eaux en réponse à un changement de pression polluante par les xénobiotiques organiques, les métaux et métalloïdes utilisés en agriculture est menée sur le bassin viticole de Roujan (Hérault), en contexte hydro-climatique méditerranéen. La détermination des métaux (principalement fer, cuivre et zinc) et des métalloïdes (arsenic) en lien avec la viticulture (application de Cu, As et autres pesticides à base de métaux) est réalisée à partir des suivis réguliers des teneurs dans les sols et des concentrations dans la phase dissoute et la phase particulaire des précipitations, des eaux de surface et souterraines du bassin.

Les résultats montrent que les eaux de ruissellement (matériel dissous et particulaire) présentent des concentrations élevées en cuivre et en arsenic, supérieures aux normes de qualité des eaux. Elles constituent une source non négligeable de métaux toxiques apportés aux sols, au réseau hydrographique et même parfois aux eaux souterraines par infiltration dans les fossés. Les observations à long terme montrent une mobilisation continue de Cu et une persistance de la présence d'arsenic dans les eaux du bassin, malgré l'arrêt de l'utilisation des produits arsénisés en 2001. La signature isotopique du cuivre (⁶⁵Cu/⁶³Cu) a été déterminée dans les précipitations, les eaux de ruissellement (dissous et particulaire), eaux souterraines, sols et intrants pour mieux contraindre l'origine du cuivre et différencier les apports anthropiques du fond géochimique naturel.

L'importante base de données météorologiques, hydrologiques et géochimiques constituée doit permettre l'observation détaillée de la dynamique des éléments toxiques, qu'elle soit saisonnière, annuelle ou à plus long terme en relation avec les conditions hydrologiques observées et des processus mis en jeu. L'influence conjoncturelle des apports agricoles vis-à-vis de la contamination chronique des sols et/ou au fond géochimique naturel devrait pouvoir être quantifiée.

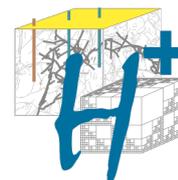
Keywords: BV viticole, géochimie, contamination anthropique, éléments traces métalliques, isotopie du cuivre

* Corresponding author

Courriel: jean-luc.seidel@umontpellier.fr



**Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016**



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Temps de résidence de l'eau au sein du bassin versant du Strengbach par l'étude couplée des teneurs en gaz CFC et SF6 et des rapports ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) et $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dans les eaux de sources et de forages.

Daniel Viville (LHyGeS- Strasbourg)

Sites concernés : OHGE- bassin versant du Strengbach

Instruments Critex concernés : Projet financé pro-parte dans le cadre d'un projet déposé à l'appel d'offre RBV 2015 (projet L. Aquilina –F. Chabaux)

Personnes impliquées dans les missions de prélèvement et dans les analyses :

LHyGeS : D. Viville, J. Ackerer, Th. Perronne, M. Granet.

Geosciences Rennes : L. Aquilina, E. Chatton, T. Labasque, V. Vergnaud

Résumé : Afin de caractériser les temps de résidence de l'eau au sein d'un bassin versant granitique, une approche couplant l'utilisation de gaz dissous (CFC, SF6) et des rapports isotopiques de l'U et du Sr a été entreprise sur le bassin versant du Strengbach (68), Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement (OHGE – resp : MC Pierret, LHyGeS- Strasbourg) depuis la fin des années 80. Deux campagnes de prélèvements ont été réalisées en commun par les deux équipes (Geosciences Rennes et LHyGeS Strasbourg) en mai et septembre 2015, c'est-à-dire à deux périodes correspondant à deux situations hydro-climatiques très contrastées. Plusieurs sources émergeant sur le bassin versant ont été échantillonnées ainsi que des eaux prélevées à différentes profondeurs de 3 forages réalisés sur le bassin. Les gaz dissous (gaz naturels et gaz anthropiques CFC et SF6) de l'ensemble des échantillons (plus de 30) ont été analysés au sein de la plate-forme Condate de l'Observatoire de Rennes. Les analyses chimiques (concentrations en éléments majeurs et en quelques éléments en trace) ainsi que les analyses isotopiques (U et Sr) d'une vingtaine de ces échantillons ont été réalisées au LHyGeS. L'ensemble de ces résultats démontre une nette distinction géochimique entre les eaux de surface alimentant les sources et les eaux plus profondes collectées dans les forages, d'une façon assez similaire mais beaucoup plus marquée que ce qui a été vu récemment sur le site du Ringelbach (Schaffhauser et al., 2014). Les données en gaz démontrent par ailleurs que les âges ou les temps de résidence de ces eaux sont très contrastées avec des valeurs faibles (<année) pour les eaux de sources et des valeurs pouvant atteindre plusieurs dizaines d'années pour les eaux plus profondes. Ce contraste d'âge est tout à fait cohérent avec le contraste des rapports $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ de ces deux types d'eau. L'utilisation d'un modèle simple de transport réactif pour interpréter les valeurs $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ de ces eaux devrait aider à préciser l'âge de ces deux types d'eau mais aussi à déterminer les vitesses moyennes d'altération des roches que ces eaux drainent.

Keywords: CFC, SF6, rapports isotopiques de l'U et du Sr, temps de résidence des eaux, Bassin versant du Strengbach

*corresponding authors : dviville@unistra.fr



*Réunion CRITEX, Rennes,
21 et 22 janvier 2016*



<http://critex.des-mondes-singuliers.coop/>

Estimation des flux surface-atmosphère en conditions de relief collinaire

Zitouna-Chebbi, R.⁽¹⁾, Prévot, L.⁽²⁾, Jacob, F.⁽³⁾, Voltz, M.⁽²⁾

(1) INRGREF – Univ. de Carthage, Tunis (France)

(2) INRA – UMR LISAH, Montpellier (France)

(3) IRD – UMR LISAH, Tunis (France)

Sites concernés : ORE OMERE Roujan (France) et Kamech (Tunisie)

Instruments Critex concernés : instruments financés par différents programmes de recherche et par l'ORE OMERE, et contribuant au WP1 de CRITEX

Résumé :

La technique des covariances turbulentes est reconnue comme une méthode de référence pour mesurer les flux échangés entre surface et atmosphère (évaporation, CO₂, quantité de mouvement). Toutefois, l'application de cette méthode en conditions de relief reste délicate, alors que les zones de reliefs collinaires, souvent fortement cultivées, sont très répandues sur Terre. Plusieurs années de campagnes de mesures, conduites sur les 2 sites de l'ORE OMERE, ont permis de mettre au point une méthode de correction des mesures d'évapotranspiration par covariances turbulentes obtenues en conditions de relief collinaire. Il est notamment montré que la direction du vent, ascendant ou descendant, a une influence notable sur la magnitude de l'évapotranspiration et des autres flux échangés entre surface et atmosphère.

Keywords: flux surface-atmosphère, évapotranspiration, relief collinaire, covariances turbulentes
