

Etude des ressources en eau : la rencontre entre modélisation et expérimentation en haute montagne (Vallon de Nant, VD)

Ceperley, Natalie¹, Michelon, Anthony², Schaepli, Bettina³

¹IDYST, Faculté de Géosciences et Environnement, Université de Lausanne.
natalie.ceperley@unil.ch ; anthony.michelon@unil.ch ; bettina.schaepli@unil.ch.

Mots clefs : hydrologie, neige, glacier, modélisation

Le cycle de l'eau contient des processus très difficile à observer et à modéliser en haute montagne, alors que la compréhension de ce milieu est essentielle pour gérer les ressources en eau. Nous venons de débiter un programme d'observation intensive des processus hydrologiques dominant dans le Vallon de Nant ; ce petit bassin versant des Alpes vaudoises (surface de 14 km², altitude de 1200 à 3051 m) a fait l'objet de diverses études géoscientifiques et écologiques dans le passé (p.e. Argand et al. 1991, Balin et al. 2009, Fallot 2012, Lane et al. 2011, Roth 2011, Rowley et al. 2015, Rubin 2011, Vittoz and Dessimoz 2009). Choisi pour sa valeur écologique, son statut de réserve naturelle et pour la recherche interdisciplinaire qui s'y effectue, ce site représente une opportunité unique pour étudier comment les processus hydrologiques des hautes montagnes répondent aux accumulations de neige, aux évolutions des glaciers et des pergélisols, au développement de la végétation et du sol, et aux interactions entre ces différents processus.

A l'aide de cet exemple, nous discuterons de manière succincte du défi que représentent l'étude hydrologique d'un tel milieu, les sources d'incertitude concernant l'évolution de ses ressources en eau et comment y remédier. Notre présentation soulignera l'importance des mesures in situ pour comprendre les variations spatiales et temporelles des variables météorologiques et hydrologiques clé (précipitation, débit, évaporation, etc.). Nous discuterons également des défis que représentent l'étude des paramètres isotopiques de la neige et du glacier, et présenterons nos premiers résultats.

La fermeture d'un bilan hydrique est particulièrement difficile à cause de l'évaporation, y compris celle de la terre nue, des surfaces d'eau libre, et de la transpiration de la végétation. En particulier, l'hétérogénéité du couvert végétal peut modifier l'équilibre de l'eau à l'échelle locale et du bassin versant. Nous présenterons comment l'utilisation de capteurs de flux de sève et d'isotopes stables permettent de quantifier et tracer l'eau utilisée par les plantes et donc aider à réduire cette incertitude. Répondre à cette question améliorera notre compréhension du cycle hydrologique afin de se préparer aux changements de la demande en eau, et de s'adapter aux éventuels changements climatiques.

Références :

- Argand, E., H. Badoux, and M. Lugeon. 1991. Géologie simplifiée de la région de Morcles, les Diablerets, Vallon de Nant. 2eme partie.
- Balin, D., R. Metzger, J.-M. Fallot, and E. Rode, M. Reynard. 2009. Hydrological modelling for flood risk estimation in an alpine catchment: model setting and uncertainty. General Assembly.
- Fallot, J.-M. 2012. Influence de la topographie et des accumulations d'air froid sur les températures moyennes mensuelles et annuelles en suisse. Colloque Association Internationale de Climatologie, Grenoble.
- Lane, P., S. an Vittoz and E. Verrecchia. 2011. Le Vallon de Nant (Vaud), site pédagogique pilote - une station de formation pour les géosciences et l'environnement. Technical report, Direction des ressources et du patrimoine naturels du Canton de Vaud.
- Roth, D. 2011. Analyse microclimatique du vallon de nant. Master's thesis, UNIL.
- Rowley, M. C. Grand, S. Verrecchia, E. P. 2015. Discovering controls on soil organic matter stability at the newly initiated Critical Zone Observatory in Vallon de Nant, Vaud Alps. Poster présenté au Symposium sur la recherche transdisciplinaire dans les Alpes vaudoises.
- Rubin, A. 2011. Le phénomène des inversions de température dans le vallon de nant. Master's thesis, UNIL.
- Vittoz, P. and F. Dessimoz. 2009. Flore vasculaire du Vallon de Nant (Bex, Alpes Vaudoises). Biodiversité du Vallon de Nant. Mémoires de la Société vaudoise des Sciences naturelles, 23:85–114.

L'eau à l'interface des changements climatiques et socio-économiques

Milano, Marianne¹ & Reynard, Emmanuel¹

¹IGD, Faculté de Géosciences et Environnement, Université de Lausanne.
marianne.milano@unil.ch ; emmanuel.reynard@unil.ch

Les défis de la gestion future de l'eau sont étroitement liés aux changements climatiques et aux changements sociétaux. Modéliser la gestion future de l'eau nécessite dès lors d'appréhender la ressource et sa gestion de manière systémique et de prendre en compte simultanément les modifications du système de ressource, des différentes demandes en eau et de l'organisation de la gestion. C'est ce à quoi s'attache le groupe « Eau et géopatrimoine » de l'Institut de géographie et durabilité, en travaillant sur trois champs de recherche principaux, à l'interface entre l'hydrologie et la société : la pénurie, la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) et les risques liés à l'eau.

Six projets sont en cours :

- Thème « Pénurie » : le développement d'une méthode intégrative de modélisation prospective de la gestion de l'eau à l'échelle régionale, tenant compte des facteurs climatiques et anthropiques et de leurs impacts sur la ressource en eau, tant du point de vue quantitatif que qualitatif ; étude dans canton de Vaud (post-doc de M. Milano ; projets ICCARE-Vaud et IES) ;
- Thème « Pénurie » : analyse des facteurs hydrologiques et sociaux de la crise de l'eau de Sao Paulo (Brésil) en 2013-2014 ; étude croisant une approche socio-politique (post-doc de J. Guerrin) et hydroclimatique (M. Milano, G. Muniz Miranda, E. Reynard) afin de dégager les parts respectives des facteurs climatiques et sociaux dans le développement d'une grave situation de pénurie ;
- Thème « Pénurie » : calcul du bilan hydrologique du système hydraulique traditionnel des *Jessour* (systèmes de barrage et décantation dans les ravins à écoulement sporadique) dans le Sud-Est tunisien ; projet – mené par E. Reynard, J.-M. Fallot, M. Milano et M. Calianno, avec l'Université de Tunis ;
- Thème « GIRE » : thèse de doctorat de G. Muniz Miranda sur la GIRE dans les pays fédéraux (cas de la Suisse et du Brésil), avec pour objectif de dégager les potentiels et difficultés de mise en œuvre de la GIRE dans les pays à structure fédérale ;
- Thèmes « GIRE » et « Pénurie » : thèse de doctorat de M. Calianno sur la quantification de la demande en eau dans les stations de Montana (Suisse) et Megève (France), le but étant de clarifier les principaux concepts liés à la demande (besoin, demande, prélèvement, consommation) et de mieux appréhender les composantes spatio-temporelles du cycle des usages de l'eau à l'échelle régionale ;
- Thème « Risques » : thèse de doctorat de S. Utz, mandatée par l'Office fédéral de l'environnement (projet ESPPACE) sur les processus participatifs dans les projets d'aménagement des cours d'eau en Suisse, visant à comprendre l'importance de la participation dans la mise en œuvre des objectifs de protection contre les crues.

Ces différentes recherches visent toute un objectif similaire : étudier de manière conjointe les tenants et aboutissants hydro-climatiques et socio-politiques de la gestion de l'eau à l'échelle régionale.

Traçage isotopique des eaux du Rhône dans le lac Léman

Cotte Gabriel¹ & Vennemann Torsten¹

¹IDYST, UNIL, Géopolis 1015 Lausanne, Gabriel.Cotte@unil.ch ;
Torsten.Vennemann@unil.ch

Mots clefs : Lac Léman, Rhône, Isotopes stables, Mélange des eaux

Le travail de recherche que j'effectue à l'UNIL dans le cadre de ma thèse porte sur l'écoulement des eaux du Rhône dans le lac Léman. L'objectif est de comprendre la dynamique de mélange des eaux et ainsi la dispersion des polluants solubles dans le Léman. Il a été prouvé par une étude antérieure (Halder et al., 2013) qu'en été et en automne, lorsque les eaux du lac sont bien stratifiées thermiquement, les eaux du Rhône s'écoulent jusqu'au « Petit Lac » à plus de 55 km de leur embouchure. Inversement, en hiver les eaux du Rhône vont avoir tendance à se mélanger rapidement en rencontrant les eaux homogènes et froides du Léman. L'objectif de mon étude est de caractériser spatialement et temporellement ce phénomène. En d'autres termes, comprendre quel est le trajet des eaux du Rhône dans le Léman et déterminer quelles conditions thermiques et météorologiques favorisent ce type d'écoulement

Pour cela je prélève des échantillons à différents points du lac positionnés en transect. A chaque point est effectué un profil bathymétrique au cours duquel sont récoltées des informations telles que la température, le pH, la conductivité et la concentration en oxygène de l'eau. Ces échantillonnages sont effectués à une fréquence bihebdomadaire afin d'étudier la dynamique des eaux du lac selon différentes conditions thermiques. Pour chaque échantillon prélevé, les compositions isotopiques de l'eau et des carbonates dissous dans l'eau sont mesurées ainsi que les concentrations en ions majeures. Les mesures de la composition en isotopes stables d'hydrogène et d'oxygène permettent un traçage précis de l'origine des molécules d'eau dans le cycle de l'eau. Tout cela repose sur le principe du fractionnement isotopique selon lequel les isotopes les plus légers sont transportés plus loin que les lourds lors du déplacement d'une perturbation. L'altitude augmente également ce fractionnement. Il est ainsi possible de différencier les eaux plus isotopiquement lourdes du Léman des eaux plus légères du Rhône alimentées en grande partie par de l'eau glaciaire.

Les mesures isotopiques sont un outil décisif pour la compréhension de la circulation des eaux du lac. On peut en déduire les origines des molécules d'eau dans le lac, leur temps de résidence, la distribution des nutriments et la dispersion des éventuels polluants dans le lac.

Les sédiments comme réservoirs de polluants : impact sur la qualité de l'eau

Chèvre Nathalie¹ & Borel Christophe¹

¹IDYST, Faculté des Géosciences et de l'environnement, Université de Lausanne, 1015 Lausanne, Suisse. nathalie.chevre@unil.ch

Mots clefs : sédiments, polluants organiques persistants, poissons, bioaccumulation, bioamplification

La qualité de l'eau est le plus souvent évaluée au travers d'analyses chimiques effectuées dans le compartiment « eau », comparées à des normes de qualité environnementales. Cependant, de plus en plus d'études montrent que cette évaluation est partielle et que le compartiment « sédiment » joue un rôle de réservoir pour les polluants qui peuvent avoir un impact sur les écosystèmes. C'est le cas pour les métaux lourds, mais c'est aussi le cas pour les substances chimiques hydrophobes telles que les polluants organiques persistants. Ceux-ci s'adsorbent sur les particules et restent présents pendant des décennies dans le fond des systèmes aquatiques. Un des défis pour évaluer l'écotoxicité, et donc le risque de ces substances chimiques, consiste à déterminer leur biodisponibilité, c'est-à-dire les voies et les vitesses d'entrée dans le vivant, ainsi que leur bioamplification, c'est-à-dire leur accumulation le long de la chaîne trophique. Ce dernier point est particulièrement important car ces substances engendrent souvent un effet au-delà d'un certain seuil de concentration, et donc sont toxiques pour les organismes au sommet de la chaîne trophique (et non pour les organismes des étages inférieurs).

Le but de nos études est de déterminer les « facteurs d'amplification trophiques » pour des systèmes aquatiques tels que les rivières et les lacs. Ces facteurs peuvent être très différents d'un système à l'autre, même pour des rivières plus ou moins semblables. Pour atteindre ce but, nous nous intéressons aux polybromodiphényléthers (PBDE), une famille de 209 congénères présente dans les écosystèmes aquatiques. En effet, ces composés sont largement utilisés comme substances ignifuges dans l'électronique, les plastiques, les jouets en peluche, etc. Du fait de leurs effets toxiques, et notamment de leurs effets sur le système hormonal, certains congénères sont maintenant interdits par la Convention de Stockholm.

Les résultats de ces études vont servir de base pour déterminer des critères de qualité pour les sédiments, critères qui pour l'instant ne sont définis que pour quelques substances.

Suivi de l'état de santé des cours d'eau : cas du Boiron de Morges

Milano, Marianne¹, Chèvre, Nathalie² & Reynard, Emmanuel¹

¹ Université de Lausanne, Institut de géographie et durabilité, Bât. Géopolis, CH-1015 Lausanne, Suisse. marianne.milano@unil.ch, emmanuel.reynard@unil.ch

² Université de Lausanne, Institut des dynamiques de la surface terrestre, Bât. Géopolis, CH-1015 Lausanne, Suisse. Nathalie.chevre@unil.ch

Mots clefs : qualité des eaux ; indicateurs ; système modulaire gradué

D'ici à 2050, les bassins versants de l'arc lémanique et du plateau suisse pourraient être davantage confrontés à des situations de pénurie d'eau pendant la saison estivale suite aux variations hydro-climatiques et la hausse des besoins en eau pour l'irrigation et l'usage domestique (Milano et al., 2015). Ces changements pourraient également avoir des répercussions sur la qualité des cours d'eau. La capacité des cours d'eau à diluer les polluants pourrait en effet être modifiée et le temps de résidence des polluants dans l'eau s'accroître affectant la faune et la flore aquatique ainsi que la disponibilité des ressources en eau pour les différents usagers. Ceci interroge sur l'évolution de l'état écologique des cours d'eau et de leur capacité à continuer à satisfaire les différents besoins en eau. La présente étude vise à analyser les systèmes et indicateurs existants en Suisse permettant d'intégrer la dimension quantitative et qualitative des cours d'eau dans l'appréhension de leur état.

Le système modulaire gradué (SMG ; OFEFP, 1998) est appliqué sur le Boiron de Morges. Ce bassin, d'environ 30km², s'étend du pied du Jura jusqu'au lac Léman en traversant une zone agricole très diversifiée. Ceci entraîne une dégradation de la qualité chimique et biologique des eaux d'amont en aval. Depuis 1998, ce cours d'eau fait l'objet d'un suivi régulier de la faune piscicole pour, notamment, en assurer le développement naturel (ATL, 2009), puis, depuis 2005, d'un programme de réduction d'émissions d'herbicides (DGE, 2016) pour restaurer une bonne qualité du cours d'eau. Une amélioration notable de la qualité des eaux est ainsi observée depuis 2011. Toutefois, les années chaudes et sèches, les pollutions agricoles ponctuelles et la forte concentration en insecticides n'assurent pas une stabilité du bon état écologique du cours d'eau. Par ailleurs, bien que le SMG soit un outil performant qui permette d'offrir une vision globale de l'état des cours d'eau, celui-ci a du être adapté à plusieurs reprises par un manque de directive sur les analyses, de normes standardisées et d'évaluation globale.

Cette étude pose alors un diagnostic sur l'état actuel et passé du Boiron mais dresse aussi une évaluation objective et scientifique du SMG.

Références :

- ATL – Association Truite-Léman (2009) Monitoring Truite : Projet pilote « Boiron de Morges ». Guide pratique méthodologique. 71 pp. <http://www.maisondelariviere.ch/index.php/fr/activites/recherche/monitoring-du-boiron-de-morges>
- DGE – Direction générale de l'environnement du Canton de Vaud (2016) La Lettre du Boiron 16, 2 pp. http://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/eau/fichiers_pdf/La_lettre_du_Boiron-11.pdf
- Milano, M., Reynard, E., Köplin, N. & Weingartner, R. (2015) Climatic and anthropogenic changes in Western Switzerland: Impacts on water stress. *Sci. Total Environ.* 536, 12–24.
- OFEFP – Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (1998) Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Système modulaire gradué. L'environnement pratique. Informations concernant la protection des eaux 26, 43 p.

Régimes de demande en eau potable dans la station touristique de Megève

Calianno, Martin¹ & Reynard, Emmanuel¹

¹IGD, Faculté de Géosciences et Environnement, Université de Lausanne.

Martin.calianno@unil.ch ; emmanuel.reynard@unil.ch

La gestion intégrée des eaux nécessite de prendre en compte à la fois l'estimation des ressources disponibles (en particulier, leur variabilité saisonnière) et l'évaluation des demandes en eau, c'est-à-dire les quantités d'eau requises par divers groupes d'usagers. Puisque ces quantités varient en espace et en temps, la combinaison de la dynamique des ressources et demandes en eau peut mener à des situations de stress hydrique. C'est particulièrement le cas pour les stations touristiques de montagne, qui sont tributaires des fortes variations saisonnières des écoulements de surface (régimes hydrologiques nivaux et glaciaires) et des usages de l'eau influencés par la population touristique et les besoins spécifiques liés au tourisme (eau potable, neige artificielle, thermalisme, irrigation des golfs).

Dans ce contexte, mon travail de thèse s'intéresse à l'aspect demande de la gestion des eaux. Le but est de décrire et quantifier les demandes en eau caractéristiques des territoires de montagne, pour produire une image temporelle et spatiale plus fine de leur dynamique et des facteurs déterminant leur variabilité.

Je présenterai ici une partie des résultats concernant les usages de l'eau potable dans les stations touristiques alpines. Les données de demande en eau potable disponibles pour ces territoires étant la plupart du temps à échelle annuelle (via les factures d'eau) et ne permettent pas d'identifier les variations saisonnières au cours d'une même année, la station de Megève a été choisie pour effectuer un monitoring en continu sur un échantillon de compteurs d'eau potable. Divers usagers ont été choisis pour leurs caractéristiques distinctes (hôtels, résidences secondaires, habitats permanents, copropriétés, bureaux) afin de faire ressortir différents comportements d'usage de l'eau à l'échelle journalière, pour l'année 2015. La méthode du coefficient de Pardé, permettant de caractériser les régimes hydrologiques, a été appliquée sur ces demandes en eau en divisant chaque valeur journalière par la moyenne annuelle de la série de données. Cela produit une valeur normalisée, qui traduit l'écart à la moyenne des demandes au cours de l'année. Différents régimes de demande ont ainsi été définis à partir de l'échantillon et mettent en évidence les variations saisonnières caractéristiques suivant le type d'usage de l'eau potable.

Cette typologie des régimes de demande en eau a pour but de venir compléter les modèles de prévision de la demande en eau. A partir de ces régimes, il pourrait être possible de reconstruire la variabilité intra-annuelle des besoins en eau potable dans les stations touristiques de montagne, en connaissant les proportions de ces catégories d'usagers dans un territoire donné et leur demande en eau annuelle moyenne.

L'essor de la petite irrigation paysanne en Afrique sahélienne : un défi dans la lutte contre les inégalités au Niger

Cantoreggi Nicola¹, Jaubert Ronald¹, Schlatter Joanne¹, Amadou Soufiyane¹ & Dambo Lawali²

¹Institut de géographie et durabilité, Université de Lausanne. nicola.cantoreggi@unil.ch ; ronald.jaubert@unil.ch ; joanne.schlatter@unil.ch ; soufiyane.amadou@unil.ch

²Département de géographie, Université Abdou Moumouni. lawali.dambo@gmail.com

Mots clefs : petite irrigation paysanne, Afrique de l'Ouest, Niger

La croissance démographique très soutenue en Afrique sahélienne pose d'importants défis de sécurité alimentaire. Les rendements des cultures pluviales qui couvrent les besoins alimentaires stagnent ou montrent une tendance baissière. La recherche d'alternatives à cette situation s'est matérialisée par le développement de l'irrigation. Promue dans les années 1980 à travers des petits périmètres collectifs, elle est depuis les années 2000 de plus en plus le fruit d'initiatives individuelles. Cette petite irrigation paysanne (PIP) se pratique sur des petites surfaces (inférieures à 1 ha), avec un faible niveau de technicité pour la mobilisation de l'eau. Ses faibles coûts de production et son retour sur investissement (1 à 2 campagnes agricoles) la rendent très attractive.

Le Niger représente un cas d'école. Importée des plaines humides du nord Nigéria, la PIP y a bénéficié d'importants programmes des acteurs multilatéraux (Banque mondiale, Fida) et des coopérations au développement. Au regard de ses résultats économiques, son développement s'apparente à une *success story*. Toutefois, de nombreuses interrogations demeurent sur sa capacité à représenter une option accessible pour la majorité des producteurs.

La présente communication a pour objectif de restituer les résultats de recherches initiées il y a une dizaine d'années au Niger, en questionnant plus spécifiquement les défis que la PIP pose dans la lutte contre les inégalités en milieu rural.

Ses recherches ont permis de relever que :

- la disponibilité d'eau ne constitue pour l'heure pas une contrainte. Même si les connaissances sur le potentiel irrigable demeurent incomplètes, le constat d'une sous-exploitation est largement partagé;
- la réussite économique de la PIP se fait principalement au bénéfice des acteurs ruraux les plus nantis et des acteurs extra-ruraux (fonctionnaires, commerçants), à même de mobiliser leurs propres fonds et/ou d'accéder aux financements internationaux;
- l'engouement qu'elle suscite est un facteur qui favorise la vente des terres. Cette dernière se fait au détriment des producteurs qui ne disposent pas de droits fonciers stables;
- la frilosité des structures de financement à appuyer des acteurs qui ne peuvent pas produire un titre de propriété et la faiblesse des structures d'encadrement du domaine foncier compliquent l'accès du plus grand nombre à la PIP.

En conclusion, les défis actuels et futurs de la recherche portent principalement sur un affinement des connaissances au niveau de:

- la typologie des producteurs, leurs besoins en moyens techniques et financiers, afin d'identifier les leviers pour favoriser l'accès à la petite irrigation aux populations les plus pauvres;
- les mesures à prendre pour gérer la pérennisation de l'activité à travers une connaissance plus fine de la structuration des filières assurant l'écoulement de la production;
- l'estimation du potentiel irrigable et des ressources en eau mobilisables, nécessaires pour apprécier et gérer les risques liés à un éventuel essor accéléré de la PIP.

Développement du maraichage au Burkina Faso : la voie du milieu

Gross Basile¹

¹ Institut de Géographie et Durabilité de l'Université de Lausanne, Géopolis 3612, 1015 Lausanne, e-mail: basile.gross@unil.ch

Mots clefs : Petite irrigation, maraichage, modèles de développement, agroécologie, goutte-à-goutte, nature, artifice

Ma recherche vise à comprendre les enjeux du développement du maraichage au Burkina Faso. Quels sont donc les défis liés à l'eau ?

Le paysage maraicher est composé de reliefs résiduels et de bas-fonds dans lesquels s'accumule l'eau d'une abondante mais courte saison des pluies. Des aménagements hydro-agricoles sont nécessaires pour prolonger la disponibilité de l'eau d'irrigation : il existe de nombreux petits barrages, et les maraichers accèdent le plus souvent aux nappes par des puits.

L'histoire du développement de la petite irrigation au Sahel est marquée par les projets de la Banque mondiale menés dès la fin des années 1970 au nord du Nigeria. Ces projets ont été répliqués au Niger (sur lesquels ont travaillé le prof. Jaubert et d'autres collègues), au Mali, au Burkina Faso. Une affaire technique, impliquant motopompe, intrants chimiques et semences améliorées, dans l'esprit de la Révolution Verte, mais à plus petite échelle (Small is beautiful). Le goutte-à-goutte s'inscrit dans cette lignée : on en fait la promotion dans le dernier programme financé par la Bm, mais aussi dans les projets de la coopération suisse. C'est un des deux principaux types de projet de développement du maraichage aujourd'hui au Burkina Faso. Ces projets sont fondés sur le discours de la rareté de l'eau : la désertification sévit au Sahel, il faut donc économiser les ressources en eau. Mais la diffusion se heurte à un obstacle de poids : le coût et la durée de vie limitée en font un investissement très risqué, et donc inopportun pour le maraicher lambda.

Dans le paysage des projets d'aide au développement du maraichage, il y a un autre profil, dont l'idéologie est fondée sur une critique de l'agrochimie industrielle et plus généralement du modèle de développement occidental, techniciste, moderniste. En agroécologie, l'eau n'est pas abordée sous l'angle de la rareté, mais sous celui de son rôle dans l'écosystème jardin (ou terroir) : interactions avec le sol, la végétation, etc. Des projets ont montré qu'en renaturant l'écosystème, le cultivateur peut créer une société de relative abondance. Mais ces projets appuyés par des ONG agissent dans le même cadre de l'aide publique au développement : mêmes bailleurs – exemple de la DDC, qui finance une association genevoise par l'intermédiaire de la FGC, mais aussi le BUCO et son projet de goutte-à-goutte, de même que la division globale 'eau' qui mène un projet concurrent (!) –, mêmes modalités de gestion (le cadre logique du projet), mêmes difficultés lorsque le flux financier est stoppé.

Ces deux discours sont représentatifs des enjeux du développement du maraichage liés à l'eau. Après déconstruction, il reste deux nécessités : durabiliser les pratiques ; gérer et financer les infrastructures. La voie du milieu, entre nature et artifice.

Une étude hydro-climatique sur le système hydraulique des *Jessour* dans le Sud-est tunisien

Reynard Emmanuel¹, Ben Fraj Tarek², Ben Oueddou Hédi², Calianno Martin¹, Milano Marianne¹, Fallot Jean-Michel¹,

¹IGD, Géopolis, UNIL-Mouline. emmanuel.reynard@unil.ch, martin.calianno@unil.ch, marianne.milano@unil.ch, jean-michel.fallot@unil.ch

²CGMED, Université de Tunis, tarekbfracj@yahoo.fr, hbenouezdou@gmail.com

Mots clefs : jessour, hydraulique agricole, climat aride, bilan hydrique

Le Sud-est tunisien est une zone de transition entre le domaine méditerranéen semi-aride et le domaine saharien. C'est une région aride où la moyenne pluviométrique annuelle est inférieure à 150 mm et le climat est caractérisé par une forte variabilité pluviométrique temporelle et spatiale et par une évaporation intense. De ce fait, cette région accuse fréquemment un bilan hydrique annuel largement déficitaire. Dans ce contexte climatique peu favorable, la technique empirique des *Jessour* (pluriel de *Jesr*) a permis de pratiquer l'agriculture, notamment l'oléiculture, dans ce domaine aride. Les *Jessour* sont des ouvrages hydro-agricoles (petite hydraulique) élaborés dans les fonds des oueds pour piéger des sédiments fins, essentiellement limoneux, susceptibles d'être cultivés et pour capter une partie des eaux de ruissellement. Ils permettent ainsi d'améliorer le bilan hydrique des parcelles agricoles formées par le piégeage de ces alluvions. L'oléiculture est ainsi pratiquée bien au delà de ses limites écologiques. Si la valeur agronomique de ces ouvrages a été largement reconnue suite, notamment, aux travaux réalisés par Jacques Bonvalot et Hédi Ben Oueddou, aucune quantification du bilan hydrique n'a été faite à ce jour. En outre, ce patrimoine hydraulique est actuellement soumis à différents enjeux liés autant aux changements climatiques que socio-économiques, notamment la déprise agricole, qui réduit les possibilités d'entretien des ouvrages.

Dans le cadre d'une collaboration entre les universités de Tunis et de Lausanne, le projet *Jessour* vise à mener une étude intégrée sur ce système hydro-agricole. Le projet est divisé en deux parties : la première – sous la forme d'une thèse de doctorat en co-tutelle entre les deux universités – vise à établir un état des lieux de ces ouvrages (typologie, inventaire) (volet patrimonial) ; la deuxième vise à quantifier le bilan hydrique de ces ouvrages à l'échelle de la parcelle (volet hydrologique). Il s'agit d'installer une station météorologique (enregistrant la pluviométrie, température et humidité de l'air, rayonnement solaire) et des séries de capteurs d'humidité du sol. Ces mesures intéresseront deux sites situés dans deux contextes géomorphologiques différents: un site dans un oued pentu à caractère torrentiel et un autre dans un oued à pente plus faible. Au moins deux années complètes de mesure sont prévues, de l'automne 2016 à l'automne 2018. Cette communication est divisée en trois parties : la première caractérise le climat régional, sur la base des relevés de mesures de stations officielles de la région ; la deuxième donne un aperçu du système des *Jessour* comme technique d'adaptation aux conditions agro-climatiques défavorables ; la troisième présente le protocole de recherche développé pour établir le bilan hydrique des parcelles étudiées.

Water in the Syrian Conflict: In- and Post-Conflict Challenges in the Orontes River Basin

Ahmed Haj Asaad^{1,2}, Myriam Saadé-Sbeih², Ronald Jaubert¹

¹IGD, Faculté de Géosciences et Environnement, Université de Lausanne

²Graduate Institute of International and Development Studies

Access to safe water is a critical issue in most parts of Syria. Beyond emergency relief, the restoration of water infrastructure and the management of water resources will be key elements in the post-conflict reconstruction-recovery transition period. Water infrastructure was severely damaged by the fighting and looting. In addition, springs, wells and hydraulic networks are strategic elements in terms of territorial control and have been deliberately targeted to interrupt water supply in certain sectors. Access to water is with the fighting and bombing one of the main causes of population displacement. More than 4 million have fled the country and 7 million are internally displaced. Destruction of irrigation networks, water diversion and the lack of energy have led to a drastic decline in agricultural production.

With regard to emergency relief, access to safe water is undergoing continuous degradation as shown by the assessments conducted in February 2014 and December 2015. Humanitarian aid has so far had a limited effect in restoring safe water in both regime controlled and rebel held areas. In the latter areas security threats are a main constraint for INGOs and in regime controlled areas access is restricted by authorities and pro-government militias. The only way to improve access to safe water on a larger scale is to rely on local organizations (Syrian NGOs and local councils). Since 2014, the need to integrate Syrian NGOs in humanitarian assistance programs is increasingly recognized but remains limited.

Water is a strategic element in its capacity to link emergency relief, population resilience efforts and peacebuilding.

The presentation draws on the results of the “Water Security – Orontes River Basin” program funded the Swiss development and cooperation agency. The Orontes River basin is one of the most conflict affected areas in Syria. It is a key region in the ongoing conflict and will remain so in the post-conflict reconstruction and recovery transition period. Massive population displacements and widespread destruction are linked to the highly strategic nature of the basin due to the ethnic and sectarian diversity of the population, the borders areas with Lebanon and Turkey, the access to the coastal areas and large water and agricultural resources.

Gestion intégrée des ressources en eau dans les pays fédéraux : le cas suisse et brésilien

Graziele Muniz Miranda¹ & Emmanuel Reynard¹

¹Université de Lausanne, Institut de Géographie et Durabilité.

Graziele.munizmiranda@unil.ch ; emmanuel.reynard@unil.ch

Mots clefs : Gouvernance de l'eau, bassin versant, fédéralisme.

Cette présentation vise à communiquer les principaux résultats d'une thèse de doctorat à l'Institut de géographie et durabilité sous la direction du prof. Emmanuel Reynard. La recherche a été entamée en septembre 2012 à travers le financement de la Confédération Suisse et depuis août 2014 continue sous le financement du Programme Sciences sans frontière, du Ministère de l'éducation brésilien. L'objectif principal de la thèse est de comprendre si les systèmes fédéraux peuvent freiner ou, au contraire, faciliter la mise en œuvre de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE). À l'heure actuelle, les gouvernements et les institutions internationales considèrent la GIRE à l'échelle des bassins versants comme la façon la plus durable pour la gestion de l'eau. Les premiers cas de GIRE par bassin versant ont eu lieu dans des pays fédéraux (Allemagne et Etats-Unis) au début du XX^e siècle. Néanmoins, elle n'est mise en œuvre de manière systématique et relativement homogène que dans les pays centralisés, dans le but de décentraliser la gouvernance de l'eau. Différemment, dans les pays fédéraux, l'autorité est déjà plus décentralisée en raison de l'autonomie locale et de la part du pouvoir administratif et politique. Toutefois, cette situation est différente dans les pays fédéraux latino-américains, comme au Brésil, où la mise en œuvre de la GIRE est liée à une volonté de décentralisation et participation après une période dictatoriale et très centralisée. En Suisse, pays fédéral assez décentralisé, sa mise en œuvre est encouragée au niveau fédéral tandis qu'au niveau local elle existe de façon hétérogène selon chaque cas. Nous utilisons deux études de cas dans des pays fédéraux assez distincts : le Brésil, où le concept de GIRE est présent dans la législation fédérale, et la Suisse, où le concept n'existe pas dans la législation, mais sa mise en œuvre est encouragée au niveau fédéral. Pour ce faire, des entretiens semi-structurés ont été réalisés auprès des acteurs (des secteurs public, privé et associatifs) concernant les bassins versants PCJ (Brésil) et Mèbre-Sorge (Suisse). Les principes clés de la GIRE (intégration, décentralisation et participation), n'ont pas trouvé la même acceptation dans les deux cas, puisqu'en Suisse la décentralisation est déjà accentuée, il existe plusieurs outils de participation par la population et les conflits sont moins prononcés, en diminuant l'importance de l'intégration de la gestion.

Processus participatifs dans les projets d'aménagement des cours d'eau en Suisse

Utz Stephan¹, Clivaz Mélanie¹, Reynard Emmanuel¹, & Lane Stuart²

¹ Université de Lausanne, Institut de géographie et durabilité (IGD), Mouline – Géopolis, CH-1015 Lausanne. stephan.utz@unil.ch

² Université de Lausanne, Institut des dynamiques de la surface terrestre (IDYST), Mouline – Géopolis, CH-1015 Lausanne

Mots clefs : Aménagement des cours d'eau, processus participatifs, 3^{ème} correction du Rhône

La réalisation de projets d'aménagement des cours d'eau ne dépend pas uniquement de contingences techniques ou légales, mais doit également prendre en compte des enjeux sociaux et économiques. En effet, il ne s'agit pas uniquement de maîtriser l'écoulement d'un cours d'eau par des mesures d'aménagement, mais également de satisfaire les attentes des différents acteurs concernés par le cours d'eau et les espaces avoisinants. La modification de ces espaces s'avère particulièrement sensible et génère fréquemment des conflits qui entravent la réalisation des projets. Il est donc essentiel d'associer la population et les milieux concernés à l'élaboration d'un projet à travers des processus participatifs, permettant d'inclure différentes visions du projet liées à des objectifs divergents, et ainsi développer des solutions alternatives.

L'implication des acteurs dans les processus décisionnels est particulièrement intéressante à analyser dans le contexte suisse car le système fédéral suppose que les différents niveaux politiques (la Confédération, les cantons, les communes) sont tous impliqués à différents degrés. De plus, le système de démocratie directe accorde au peuple le pouvoir de s'opposer à certaines décisions par voie de référendum. L'acceptation des projets par la population est donc une composante essentielle pour permettre leur mise en œuvre.

Dans ce contexte le projet de recherche ESPPACE – *Evaluation et suivis des processus participatifs dans l'aménagement des cours d'eau en Suisse* – (2013-2016) a été lancé par les universités de Fribourg et de Lausanne, et est financé par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). L'objectif est d'évaluer l'efficacité de la participation dans le cadre de la planification de projets de protection contre les crues pour déterminer dans quels contextes elle se révèle être un instrument favorisant leur réalisation selon les objectifs légaux. Afin d'analyser concrètement l'implication des acteurs dans le contexte spécifique de différents projets d'aménagement et de cerner les facteurs influençant les processus participatifs, différentes études de cas sont menées dans le cadre de ce projet de recherche.

Cette présentation reprend des éléments d'une de ces études de cas. Le projet de 3^{ème} correction du Rhône en Suisse constitue un exemple intéressant de la multiplicité des enjeux qui peuvent être liés à un projet d'aménagement des cours d'eau et de la difficulté d'impliquer les nombreux acteurs concernés dans leur planification. En se basant sur les constats faits dans le cadre du projet ESPPACE, l'analyse de l'implication des acteurs dans la planification de la 3^{ème} correction du Rhône a permis de déterminer

dans quelle mesure certains facteurs influencent les processus participatifs pour les projets d'aménagement des cours d'eau en Suisse.

Urban water governance in transitional Myanmar: the case of Mandalay

Sanchez Jérémie

FGSE - IGD, Géopolis 3536, UNIL-Mouline, 1015 Lausanne.

Keywords: water and sanitation, urban governance, urban political ecology, Myanmar

Myanmar is currently emerging from decades of military rule and is undergoing a profound political and economic transition: from authoritarianism to democracy, from civil ethnic warfare to national peace, and from a closed to a market-based economy. The country is today under the spotlight of the international community and academics worldwide, whose aim it is to assess and positively impact the country's development. However, some crucial socio-environmental challenges such as basic access to safe drinking water and sanitation facilities in urban contexts and the environmental impact of poor urban water governance remain understudied, and rarely appear on the agendas of both national and international development actors. The research aims to contribute to draw attention onto these challenges by providing insights about water and sanitation governance in a major urban center of the country: the city of Mandalay.

So far, what has been found is a critical gap between what is publicly and internationally known about urban water and sanitation governance and especially the reassuring figures of the UN on the one hand, and ground reality which is alarming on the other. Whilst the latest reports of the World Health Organization and UNICEF indeed put the access rate to improved drinking water sources at 93% and to improved sanitation facilities at 84% for urban dwellers in Myanmar, this does not mean the situation on the ground is socially just and environmentally sustainable. Especially, in the city of Mandalay, urban waterbodies pollution from both industrial and domestic sources has turned out to be a prominent issue.

In order to tackle the social and environmental impacts of the current situation, further examination of the existing policies, local governance settings, legal framework, civil society undertakings, international interventions, and more generally power relationships between humans and between humans and non-human components of the hydro-social cycle need to be carried out in order to identify to exact causes of the issue, and potential levers of action. Such examination could furthermore both benefit from and contribute to consolidate the theoretical and methodological tools of the fast-growing field of Urban Political Ecology, and especially of one of its emerging subfields - namely environmental governmentality analysis.

Paiements pour Services Hydriques : Nouveaux marchés, institutions, ou bricolages ?

Bétrisey Florence¹, Mager Christophe¹

¹IGD, Geopolis, UNIL-Mouline. florence.betrisey@unil.ch ; christophe.mager@unil.ch

Mots clefs : Paiements pour Services Hydriques, gouvernance, institutions, marchés, Bolivie

7,3 milliards de dollars. C'est le montant qui a transité en 2013 au sein de mécanisme de Paiements pour Services Hydriques au niveau mondial, selon l'ONG Forest Trends (Bennett & Caroll, 2014). Lorsqu'on s'intéresse à la gestion de l'eau et des bassins versants, les Paiements pour Services Hydriques, constituent donc un objet d'étude incontournable. Ils consistent en la mise en place de transactions économiques entre les acteurs des zones amont et aval de bassins versants, sur la base de relation hydrologique, au demeurant considérée comme universelle, voulant que la conservation de forêts en amont de bassins versants, engendre une amélioration quantitative et qualitative de l'eau à disposition des acteurs en aval. Cette amélioration est considérée comme un service rendu par la forêt et par analogie par les acteurs qui la conservent.

Les PSE/PSH sont nés d'une vision théorique, voire idéologique néolibérale avec le marché comme site de véridiction, postulant des transactions libres entre acheteurs et vendeurs de services et une valeur des services déterminée par l'échange. Ils sont promus, évalués ou au contraire critiqué sur la base de cette identité marchande, certains y voyant une promesse d'efficacité d'autre le cheval de Troie du capitalisme et de l'aliénation. Cependant des auteurs montrent que dans la pratique, peu de PSE/PSH correspondent réellement au caractéristiques d'un marché libre (Fletcher & Breitling, 2012 ; McAfee & Shapiro, 2010 ; Shapiro-Garza, 2013b ; Van Hecken, Bastiaensen & Huybrechs, 2015). S'ils ne répondent pas aux caractéristiques attendues, il devient nécessaire de comprendre les PSH à partir de ce qu'ils sont empiriquement et non théoriquement.

Notre thèse porte sur une initiative de PSH en Bolivie orientale, initiée en 2013 par une ONG locale et à laquelle participent des acteurs privés et publics. Au moyen d'une étude ethnographique de ce dispositif, nous avons montré comment ce PSH constitue un « bricolage institutionnel », articulant des logiques socio-économiques « traditionnelles » et « nouvelles », marchandes et non-marchandes, lesquelles permettent/contrainent le fonctionnement des PSH (notamment en incitant la participation des acteurs). Mais elles permettent et contraignent également leur potentiel de justice sociale et réduction de la pauvreté, en ce qu'elles tendent à reproduire ou transformer les relations de pouvoir.

Il paraît donc essentiel de comprendre les dynamiques institutionnelles des PSE/PSH « from the ground » et de les interpréter au moyen de cadres analytiques qui dépassent (tout en l'incluant) la lunette marchande, si l'on veut comprendre leur potentiel écologique et social ainsi que les mécanismes de leurs succès/échecs.

Qui gouverne les risques liés à l'eau dans les métropoles ? Analyse de la gouvernance de la crise hydrique 2013-2015 à Sao Paulo, Brésil

Guerrin Joana¹, Grazielle Miranda¹, Marianne Milano¹, Emmanuel Reynard¹

¹Université de Lausanne, Institut de Géographie et Durabilité. joana.guerrin@unil.ch

Mots clefs : Sécheresse, gouvernance, Sao Paulo, risques, développement urbain, recherche pluridisciplinaire.

Cette communication vise à présenter les premiers résultats d'un projet pluridisciplinaire mené dans le cadre d'une recherche sur la gouvernance de la sécheresse à Sao Paulo. L'objectif du projet est d'analyser les causes et les conséquences de la sécheresse que Sao Paulo a connue entre 2013 et 2015 d'un point de vue hydro-climatique, sociologique et politique. Les premiers résultats indiquent que contrairement à ce qui apparaît souvent dans la littérature, la crise hydrique ne peut s'expliquer seulement par un phénomène climatique. Dès lors, la deuxième étape de ce projet questionne la façon dont la gouvernance de l'eau et les politiques de prévention de la pénurie s'organisent au sein de la métropole. Ce projet propose de retracer la crise hydrique qu'a connue la métropole et de la réinsérer dans le contexte historique de développement de Sao Paulo. Par ailleurs, il tente de questionner différentes modalités de gouvernance de la sécheresse, à plusieurs échelles, et de mettre en lumière les défis posés par ces dernières. Ce projet combine différentes méthodes : des analyses statistiques hydro-climatiques, et des méthodes d'enquête qualitatives (analyse documentaire et entretiens). La présente communication propose de rendre compte des résultats préliminaires du projet de recherche, qui seront produits à l'issue d'un travail de terrain à Sao Paulo entre juin et août 2016.