

HYDRUS 2014

Une école de terrain sur l'HYDRologie des zones soUdaniennes de Socle Haute vallée de l'Ouémé (Bénin)



Fort de l'expérience de la première édition l'an passé, l'école de terrain HYDRUS 2014 s'est déroulée cette année du 20 au 27 juillet, c'est-à-dire un peu plus tardivement dans la saison des pluies afin de bénéficier d'un réseau hydrographique pleinement en eau.

Organisée par le Laboratoire Mixte International PICASS'EAU et destinée à des étudiants de niveau M1 et M2, l'école vise à faire découvrir les techniques d'observation, de quantification et suivi des différents termes du bilan hydrologique en zone soudanienne. Basé à Djougou, HYDRUS prend appui sur la riche instrumentation hydrologique déployée par l'Observatoire hydrométéorologique long terme [Amma-Catch](#) sur la haute vallée de l'Ouémé.

L'école a bénéficié du soutien financier du LMI PICASS'EAU, du Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement (LTHE, Grenoble) et du SCAC Niger. Un appui logistique (mise à disposition de véhicules et chauffeurs) a été fourni par la représentation de l'IRD au Bénin et par l'Université d'Abomey Calavi (UAC).

Les stagiaires étaient au nombre de 17 dont 13 issus de l'UAC. L'ouverture cette année de l'école à la sous-région s'est marquée par la participation de 4 étudiants des Universités Nangui Abrogoua (UNA) d'Abidjan et Abdou Moumouni (UAM) de Niamey, toutes deux associées au LMI.

Ainsi, l'école a constitué une offre de formation conjointes au master d'Hydrologie Appliquée (FAculté des Sciences et Techniques Sciences Agronomique, FAST/UAC), au master « Génie rural, eau, pêche et aquaculture » (Faculté des Sciences Agronomique, FSA/UAC), , au master « Prospection et Gestion des Ressources en Eau souterraine » (UAM) et au master des Sciences et Techniques de l'Eau (Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua) (UNA).

L'école de terrain était organisée en ateliers centrés sur les différentes composantes du bilan hydrologique. Chaque atelier se composait d'une partie pratique en matinée sur le terrain (découverte et manipulation des instruments) et de travaux dirigés en salle l'après-midi (traitement et analyse des données collectées) au Centre St. Ambroise où étaient logés

encadrants et stagiaires. La soirée était réservée à une partie plus théorique pour introduire les ateliers du lendemain. La dernière journée a permis de faire une synthèse des activités réalisées et à une mise en perspective historique des différents termes du bilan hydrologique sur l'Ouémé supérieure en relation avec la variabilité climatique et la déforestation. Enfin, les stagiaires ont été sollicités pour une évaluation orale de l'école. Le format du stage est très apprécié pour sa découverte du milieu et la panoplie d'instruments présentés et manipulés mais il est jugé trop dense du fait de sa brièveté (6j).

La répartition de l'équipe pédagogique par atelier était la suivante :

- atelier Télédétection : Vincent OREKAN, Simon ALLAGBÉ, Djafarou ABDOULAYE (FLASH/UAC)
- atelier Hydrogéophysique : Nicaise YALO (FAST/UAC), Marie BOUCHER (LTHE, IRD), Christian ALLE (LTHE, IRD et FAST/UAC)
- atelier Hydrogéologie et caractérisation géochimique: Marie BOUCHER (LTHE, IRD), Bamory KAMAGATÉ (UNA), Christian ALLÉ (LTHE, IRD et FAST/UAC), Luc SÉGUI (HSM/IRD)
- atelier Précipitation: Emmanuel LAWIN (FAST/UAC), Simon AFOUDA (LTHE, IRD), Christophe Peugeot
- atelier Écoulement : Christophe PEUGEOT, Simon AFOUDA
- atelier Évapotranspiration : Ossnatou MAMADOU (UAC), Sylvie GALLE (LTHE, IRD)
- atelier Végétation : Bil-Assanou ISSOUFOU (Université de Maradi), Josiane SEGHIÉRI (HSM, IRD), Christophe PEUGEOT (HSM/IRD)

Le contenu de chacun de ces ateliers est succinctement décrit ci-dessous :

Atelier Télédétection

L'atelier a été construit autour de notions théoriques et pratiques permettant de mieux explorer le Paysage et ses utilisations dans la région périphérique de Djougou. Après une exposition des techniques d'acquisition et de traitement de l'information spatiale aux moyens de la télédétection et du système d'information géographique (SIG), une vérité terrain a été organisée pour les stagiaires afin de prendre connaissance des outils de travail et d'expérimenter la vérification, la validation des résultats bruts de classification d'images satellitaires par l'usage du GPS et enfin de reconnaître certaines unités d'occupation du sol dans un paysage tropical complexe



Atelier Hydrogéophysique



Les étudiants ont été initiés à la cartographie de la résistivité électrique apparente du sous-sol. Deux techniques de mesures, électrique et électromagnétique, ont été décrites. Elles ont ensuite été mises en œuvre dans une démarche de formation à la recherche par la recherche sur le parc à karité de Gnoungambi qui fait l'objet d'un suivi intensif de la végétation dans le cadre du projet [SAFSE](#). Le traitement des données a permis d'aborder les techniques d'interpolation et de se familiariser avec le logiciel Surfer©. Les résultats

obtenus ont montré aux étudiants l'intérêt de ces mesures géophysiques pour déterminer les hétérogénéités du sous-sol et pour identifier des zones plus argileuses donc moins perméables.

Atelier Hydrogéologie et caractérisation géo-chimique



Cet atelier visait à présenter quelques techniques usuelles pour quantifier le stock d'eau souterrain et pour estimer sa qualité. Un pompage d'essai courte durée a été mis en oeuvre sur un site [GRIBA](#). L'interprétation des données du pompage par une approche simplificatrice a démontré la complexité des aquifères de socles. Par ailleurs, des mesures piézométriques ont été réalisées à l'échelle d'un bassin versant élémentaire pour comprendre le sens des écoulements souterrains naturels de la nappe libre résidant dans les altérites du socle. Des mesures physico-chimiques (alcalinité totale des eaux par la méthode de titration acide et de virage de couleur, conductivité électrique) ont été réalisées en parallèle afin d'identifier les différences et ressemblances entre eaux de surface et souterraines. De retour en salle, les étudiants ont appris à reporter sur un diagramme de PIPPER des analyses d'ions majeurs anciennement réalisées sur des eaux prélevées sur l'Ouémé afin de définir leur faciès.



Atelier Précipitation



Après la découverte, sur le terrain, des appareils de mesure de la pluie au sol (pluviographes à augets basculeurs), de leur mode de fonctionnement et de l'échelle d'échantillonnage associé, l'« atelier précipitation » s'est organisé autour de l'échelle de l'événement pluvieux et des techniques de passage de l'échelle ponctuelle à l'échelle régionale. Ainsi, les stagiaires ont dépouillé un épisode pluvieux, calculé les intensités puis représenté le hyétogramme. Cet atelier a aussi donné l'opportunité aux stagiaires d'être sensibilisés sur les méthodes statistiques d'analyse fréquentielle des précipitations à l'échelle ponctuelle. Enfin, ils ont mis en oeuvre de façon pratique la méthode d'interpolation par krigeage avec le logiciel Surfer pour passer de l'échelle ponctuelle à l'échelle régionale. Ce fût le lieu pour nombre d'entre eux de se familiariser avec les contraintes opérationnelles de la méthode, notamment la modélisation du variogramme.

Atelier Écoulement

L'atelier écoulement a débuté par une présentation en salle du principe de la mesure des débits et d'une brève présentation des instruments les plus couramment utilisés. La séance de travaux pratiques du lendemain s'est déroulée à la station hydrométrique de Donga au pont, sur la rivière Donga, à 35 km à l'est de Djougou. Les participants, divisés en 2 groupes, ont tourné sur deux ateliers pratiques: jaugeage au sel et jaugeage au moulinet. Ils ont aussi manipulé et déchargé le limnigraphe automatique installé sur le pont. Les jaugeages ont été ensuite dépouillés en salle.



Atelier Évapotranspiration



L'évapotranspiration représente plus de 80% du bilan hydrologique en Afrique de l'Ouest. Les moyens à mettre en œuvre pour la mesurer sont de deux types. La mesure d'un terme de référence (ET_0) qui peut se faire avec une station météorologique classique, mais qui nécessite ensuite une modélisation pour estimer l'évapotranspiration réelle, où la mesure directe par eddy covariance, qui est plus délicate à mettre en œuvre. Les deux dispositifs, présents sur le site AMMA-CATCH ont été présentés aux stagiaires qui ont ensuite fait une critique des données, une estimation de l' ET_0 et calculé le bilan d'énergie.

Atelier Végétation

L'atelier était centré sur la consommation en eau de la végétation, avec l'exemple de la mesure de la transpiration ligneuse. En salle, il a été rappelé que 1) pour leur survie, les végétaux sont le siège d'échanges de gaz (eau et carbone) à travers la photosynthèse et la respiration, 2) l'extraction de l'eau du sol et sa circulation dans la plante sous forme de sève brute est possible grâce à l'appel transpiratoire de la plante et la tension de sève le long du continuum sol-plante-atmosphère. Enfin, une présentation des différents appareils de mesure de la transpiration et du potentiel hydrique aux échelles de la feuille et de l'arbre a été réalisée. Sur le terrain, les étudiants ont mesuré le potentiel hydrique foliaire (presse hydraulique) et la conductance stomatique (poromètre AP4) de karité. Ils ont aussi pu découvrir le dispositif expérimental de mesure de transpiration par flux de sève. Les exercices effectués ensuite consistaient à 1) calculer et rendre lisible sous forme de courbe les variations intra-journalières de la transpiration foliaire à partir de données météorologiques et de conductance stomatique 2) calculer la transpiration d'un arbre entier à partir des mesures de flux de sève 3) réfléchir et discuter les différences observées entre les deux échelles (feuille et arbre entier).

