

LMI REZOC - année 2022

Rapport annuel d'activité et d'exécution financière

Objectif du LMI REZOC

L'objectif du Laboratoire Mixte International "Centre d'étude des Ressources en Eau et de la Zone Critique" (LMI REZOC) est de mieux comprendre les interactions entre modifications du cycle de l'eau et changements environnementaux sur une planète en transition rapide. Ses recherches ambitionnent de contribuer à une gestion soutenable de l'eau au Bénin et plus largement en Afrique de l'Ouest. Il s'appuie sur les données de l'observatoire AMMA-CATCH pour mener ses recherches.

Membres du LMI REZOC

Le LMI REZOC est co-porté par l'Institut National de l'Eau du Bénin (INE) et l'Institut des Géosciences de l'Environnement de Grenoble (IGE). Dans une première phase de construction, il a concentré ses activités sur le Bénin et il associe 4 partenaires : l'INE, l'IGE, la Direction Générale de l'Eau du Bénin (DG-Eau) et l'UMR Hydrosiences Montpellier. Dans la deuxième phase il a choisi d'élargir ses analyses en incluant les partenaires avec lesquels des projets sont engagés sur des problématiques d'extension régionale au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire.

Les co-directeurs du LMI REZOC sont Emmanuel A. Lawin (INE) et Sylvie Galle (IGE).

En 2022 le LMI REZOC comprend 38 membres¹ (dont 8 doctorants) et 26 associés qui représentent 27 ETP.

Animation du LMI REZOC

En 2022 le Comité de Direction (CoDir) du LMI REZOC s'est réuni 8 fois par visio-conférence pour coordonner les activités du LMI, organiser son animation scientifique et son appel d'offre annuel.

En 2022, Le LMI REZOC a organisé deux ateliers qui orientent sa stratégie future.

Le premier avait pour objectif la **co-construction des problématiques de recherche** afin d'orienter les activités académiques vers les besoins des acteurs du développement. Le deuxième, destiné aux membres du LMI REZOC, avait pour objectif de faire un **bilan collectif du LMI à mi-parcours**, à la fois en termes d'avancées scientifiques et de mode de fonctionnement. Il en est découlé six propositions pour le futur.

¹ Membres du LMI : personnels justifiant d'au moins 25 % d'ETP dans le projet

- **Atelier avec les acteurs du secteur de l'Eau au Bénin :**

Dans le cadre d'une réflexion sur les liens entre les préoccupations de l'état Béninois en matière de GIRE (Gestion Intégrée des Ressources en Eau) et la recherche sur le cycle hydrologique dans la zone critique, la Direction Générale de l'Eau du Bénin et le LMI REZOC ont organisé un atelier de réflexion prospective sur les impacts potentiels des grands aménagements hydroélectriques/hydroagricoles et des grandes cultures sur la trajectoire des ressources en eau de l'Ouémé et leur durabilité.

L'objectif de cet atelier était la co-construction des problématiques de recherche afin d'orienter les activités académiques vers les besoins des acteurs du développement.

L'atelier a rassemblé 26 personnes, dont quelques chercheurs de l'axe modélisation du LMI REZOC, ainsi que des praticiens de nombreux secteurs (DGEau, Direction du Génie rural, Météo-Benin, l'agence de développement des lacs, l'Agence de l'eau, la SONEB, le Partenariat National sur l'Eau, l'Union des riziculteurs de l'Ouémé, la GIZ, l'ONG BEES et le bureau d'étude IGIP). Il a été animé par la SCOP Accolades grâce aux techniques d'intelligence collective.

L'atelier a permis de mettre en lumière le potentiel d'impacts, très contrastés selon les secteurs (agriculture, protection civile, écologie, ressources en eau, ressources halieutiques), que pourraient avoir les grands projets d'aménagements de l'Ouémé, et appelle maintenant à préciser ces projections dans le cadre des travaux de recherche du LMI.



Les participants à l'atelier organisé par la DG-Eau et le LMI REZOC le 7 mars 2022

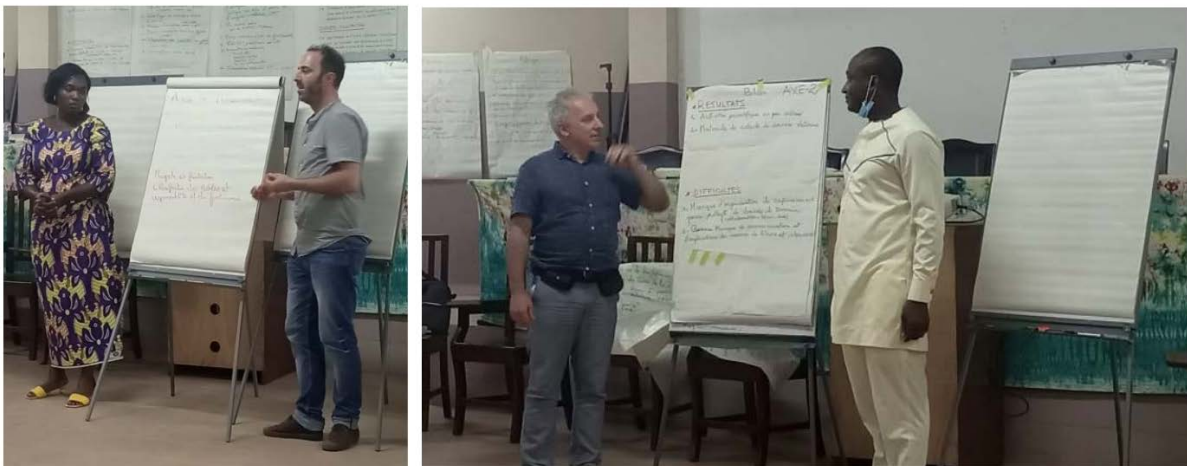
- **Atelier de travail du LMI REZOC « Bilan et perspectives à mi-parcours »**

Afin de réaliser un bilan collectif du LMI à mi-parcours, scientifique et organisationnel, le LMI a organisé un [atelier de travail](#) de 2 jours les 10-11 mars 2022. L'atelier a rassemblé 36 participants (permanents, CDD et étudiants) et a été animé avec les méthodes d'intelligence collective apportées par D. Caron (SCOP Accolades).

L'atelier a été ouvert par le Vice-Recteur chargé de la Recherche Universitaire, Professeur Aliou SAÏDOU et par le Directeur de l'Institut National de l'Eau, Professeur Daouda Mama.

Les échanges ont été riches et sincères. Ils ont permis d'identifier six propositions que les membres du LMI souhaitent pour le futur :

- Souhait de tous que le LMI continue
- En ajustant/adaptant (voir restructurant) l'organisation en axes et en encourageant le travail interdisciplinaire/transversal.
- En s'ouvrant au Sahel en valorisant les collaborations existantes
- En développant ses liens avec les acteurs opérationnels et en orientant encore davantage ses travaux vers des objectifs de développement
- En appuyant ses membres dans la création de projets par de la formation et de l'accompagnement
- En dynamisant le LMI par un fonctionnement plus collaboratif, avec des réunions périodiques, des documents et agendas partagés sur un intranet



Restitution des ateliers (Photos E. Lawin)

Compte rendu complet : <https://rezoc.osug.fr/Actu-2>

● **Evolution vers un travail en mode projet**

Suite à cet atelier, le LMI va évoluer en passant d'un mode d'animation formel et thématique (les axes) vers un fonctionnement en projets trans-disciplinaires qui peuvent évoluer dans le temps.

Ces projets ont pour objectif de valoriser et dynamiser les avancées scientifiques du LMI en les ancrant sur les besoins des acteurs et praticiens du domaine de l'eau. Ils devraient également favoriser un fonctionnement plus collaboratif et clarifier le rôle de chaque membre.

Durant l'année 2022/2023 le LMI se fixe pour objectif de faire émerger et soutenir des projets qui répondent aux critères suivants :

- Basés sur la science de la zone critique
- En lien avec les objectifs de développement
- Incluant des chercheurs du Nord et du Sud

Lors de la réunion de rentrée du LMI REZOC, en septembre 2022, trois projets potentiels ont été présentés. Ces projets illustrent la démarche que le LMI souhaite promouvoir. Le LMI est ouvert à en recevoir d'autres.

- [Plateau d'Allada](#) (F. Lawson). L'aquifère du plateau d'Allada alimente en eau potable du grand Cotonou et a fait l'objet d'études portées par l'axe 3 du LMI. Il s'agit maintenant d'étendre les perspectives dans un contexte en transition climatique et

d'occupation des sols. Ces études nécessitent la contribution de nouvelles compétences.

- ["Impacts des Changements globaux et des aménagements sur les ressources en eau du fleuve Ouémé et de son delta"](#) (Y. M'Po N'Tcha). Cette problématique a été identifiée par les membres de l'axe 4, suite à une [réunion avec les acteurs du domaine de l'Eau du Bénin](#) (mars 2022).
- "Assessment of Surface Ecosystems Exchanges in West Africa" (O. Mamadou). Le projet international Asew@ s'achève en 2022 mais de nombreuses questions demeurent concernant notamment l'impact de l'occupation des sols sur les flux d'eau et de carbone au Bénin et plus largement en Afrique de l'Ouest. Un des points forts identifiés est de travailler sur le long terme et de disposer de séries longues d'observations.

Voir Compte rendu de cette réunion : <https://rezoc.osug.fr/Seminaire-du-LMI-REZOC-travailler-sur-des-projets>

• Construction du site web du LMI

Il a été souligné la nécessité pour chacun d'avoir accès aux documents du LMI, à son planning. Un site web a été construit pour répondre à ces besoins : <https://rezoc.osug.fr/>.

Ce site est hébergé à l'OSUG et est basé sur le CMS spip. Un CMS permet à plusieurs personnes autorisées de rédiger et mettre à jour les articles qui composent le site web. Il n'y a pas besoin de connaître html pour rédiger des articles.

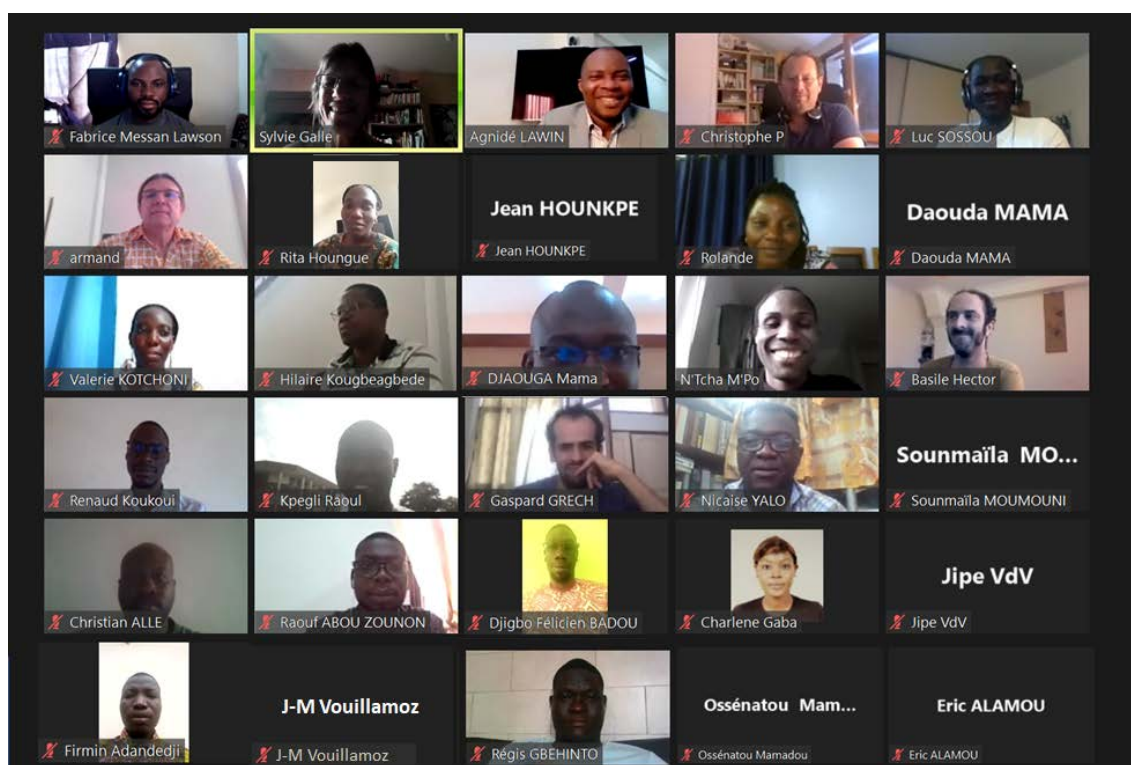
Le site web du LMI REZOC est référencé sur les sites de l'IGE et de l'IRD et le sera prochainement sur le site de l'INE.

Site web du LMI REZOC : <https://rezoc.osug.fr/>

- **Webinaires du LMI**

Des échanges réguliers se font par visio-conférence, car nous avons trouvé que ce mode de communication permet un suivi plus fréquent.

Le LMI REZOC organise des webinaires sur les résultats de ses recherches ou sur les méthodes pédagogiques. La forme est variable suivant les besoins. Les webinaires sont ouverts à tous les membres du LMI. Deux animateurs sont en charge de la programmation.



Les Webinaires du LMI REZOC rassemblent tous ses membres, permanents comme étudiants.

Le planning récapitulatif de l'ensemble des animations du LMI REZOC (tableau 1) est disponible sur le site du LMI REZOC : <https://rezoc.osug.fr/-Agenda->

Tableau 1 : Animations du LMI en 2022 et lien sur les documents produits

| Date | Animations du LMI REZOC | Intervenant(s) | Mode et lieu |
|--|--|--|--|
| 14/09/2022 9h-11h (heure Bénin) | <i>Animation</i> Réunion de rentrée du LMI REZOC : travailler en mode projet ? Présentations et échanges sur la notion de "projet" que souhaite mettre en œuvre le LMI, suite à l'atelier de travail de mars 2022. Ouvert à tous les membres du LMI REZOC (30 participants) | S. Galle, E. Lawin, B. Hector, F. Lawson, Y. M'Po N'Tcha, O. Mamadou et al. | en visio |
| 27 juin-1 juillet 2022 | <i>Formation</i> 2ème École de terrain « Bilan hydrique de la zone critique en milieu sédimentaire » Ouvert aux étudiants de Master 2 de l'INE (40 étudiants) | Ecole de terrain commune du LMI REZOC et de l' ACE C2EA | Ferme Ecole SAIN Adjohoun (40 km au nord de Porto Novo) |
| 10-11 mars 2022 9h30-17h00 | <i>Atelier de travail du LMI REZOC</i> Bilan et perspectives à mi-parcours Ouvert à tous les membres du LMI REZOC, sur inscription (35 participants) | Animé par D. Caron (Accolades) | Centre Ste Anouarite Abomey-Calavi |
| 07/03/2022 14h30-17h | <i>Réunion avec les acteurs et les praticiens du secteur de l'eau</i> Identification des besoins en termes de connaissances que posent les aménagements hydroélectriques et hydroagricoles prévus sur le bassin de l'Ouémé | co-organisation LMI REZOC et DG-Eau | en présentiel à la DG-Eau, Cotonou |
| 23/02/2022 9h30-10h30 | <i>Animation scientifique</i> Modélisation de l'aquifère du Mio-Pliocène au Sud du Bénin (plateau d'Allada) en vue d'une exploitation durable de la ressource en eau souterraine | F. Lawson, C. Allé, V. Kotchoni et col. | en visio |
| 12/01/2022 10h-11h | <i>Animation scientifique</i> Estimation quantitative de la pluie, à partir des variables simulées des radars météorologiques, par la méthode de réseau de neurones artificiels | AKPONI Fulgence P. | En visio |

Appel d'offre du LMI

En plus des dépenses programmées pour les axes, l'appel d'offre annuel du LMI REZOC finance quatre types de demandes pour laisser de la place aux initiatives et soutenir les travaux des étudiants (1) la participation à un colloque international pour présenter une communication, (2) la gratification de stage de M2 (6 mois), (3) l'environnement d'étudiants en thèse ou en master (ordinateur, mission, petit matériel, analyses, etc...), (4) des demandes d'équipement (maximum 3000 €).

Les réponses sont arbitrées par le CoDir avec les critères suivants :

- Pertinence du sujet par rapport aux livrables du LMI
- Pertinence scientifique de la proposition, adéquation des moyens et faisabilité
- Redondance avec des actions déjà démarrées
- Colloque : adéquation du colloque pour valoriser les résultats présentés (visibilité)

En 2022 nous avons financé 4 stages de Master (3500 €), 2 missions à un colloque (9000 €), des formations (2700 €) et des frais de publication (2500 €). Soit un total de 17 500 €.

Liste des stages de Masters financés : <https://rezoc.osug.fr/Stages-de-Master>

Activité scientifique des axes

Les activités scientifiques des axes du LMI REZOC ont été développées dans le cadre de la feuille de route élaborée en octobre 2019 au cours de l'atelier de travail REZOC réalisé à Cotonou (cf. rapport d'activité 2019 du LMI) : à partir d'applications pour le développement proposées par l'ensemble des parties présentes, nous avons identifiés les domaines dans lesquels de nouvelles connaissances devaient être produites et élaboré un plan d'action décliné en livrables.

En 2022, les 4 axes thématiques et l'axe transversal « formation et valorisation » ont travaillé sur les actions suivantes :

Axe 1 : « Analyse de la variabilité des pluies et des variables climatiques depuis les années 1950 »

Animateurs : Soumaila Moumouni (INE) Théo Vischel (IGE)

Dans l'axe 1 les recherches développées en 2022 ont contribué aux objectifs suivants :

| Nom du livrable | Actions | Valorisation |
|---|---|---|
| A1L1 : Analyse des tendances des variables climatiques historiques | Thèse Guillaume Chagnaud Encadrants : G. Panthou, T. Vischel | Manuscrit thèse. Thèse soutenue le 10/10/2022 2 Articles publiés en 2022 (Chagnaud et al., 2022a, 2022b) |
| A1L2 : Modélisation des intensités de pluie événementielle et spatialisation des variables climatiques | MLD à l'IGE de Hilaire Kougbegbede du 16 octobre au 16 décembre 2021. | Elaboration des IDF sur l'OHHVO (Article en cours) |
| | M2 Thomas D'Aquin ALLAGBE, Encadrant : Hilaire K. & S. Moumouni | Mémoire soutenu le 28/07/2021 |
| A1L3 : Analyse de la distribution granulométrique des pluies et estimation quantitative des pluies à partir des données des liens de télécommunication | Thèse de Loïc S. ADJIKPE (démarrée en 2016 et finalisée en 2021), Encadrant : S. Moumouni | Thèse soutenue le 16/02/2022 1 Article publié |
| | Thèse de Fulgence P. AKPONI (démarrée en Novembre 2020), Encadrant : S. Moumouni | 1 Article soumis |

Des échanges scientifiques fructueux ont eu lieu grâce aux séjours scientifiques (MLD Hilaire Kougbegbede) et aux échanges réguliers lors des comités de thèse qui regroupent plusieurs membres nord/sud du LMI.

Deux thèses ont été soutenues en 2022 :

- Thèse Loïc S. ADJIKPE

La thèse « Modélisation des distributions granulométriques des gouttes de pluie observées au Nord-Ouest du Bénin : analyse de l'impact de leur pas de temps d'intégration sur leur structuration et leur paramétrisation par le taux de pluie », soutenue le 16/2/2022 a fait l'objet d'une publication.

- Thèse Guillaume Chagnaud

La thèse « Évolutions du régime pluviométrique au Sahel Ouest-Africain : détection, éléments d'attribution et projections », soutenue le 10/10/2022 a fait l'objet d'un manuscrit qui sera disponible en ligne dans sa version finalisée en janvier 2023. Les résultats de la thèse ont permis de mettre en évidence plusieurs éléments de climatologie des précipitations à l'échelle du Sahel sur (i)

l'intensification des précipitations aux échelles infra-journalières, (ii) l'intensification des précipitations régionales aux échelles journalières, (iii) l'attribution de l'intensification des précipitations régionales aux activités humaines, (iv) des éléments de projection de l'évolution du régime des précipitation compte tenu des simulations climatiques.

En savoir plus : <https://rezoc.osug.fr/Soutenance-de-la-These-de-Guillaume-Chagnaud>

Autres éléments

Le projet AFD CECC (Cycle de l'Eau et Changement Climatique) dispose d'un axe transversal « Courbes Intensité-durée-fréquence ». Un des points clés de cet axe est de permettre aux académiques et opérationnels ouest-africains de se former aux méthodes de génération des courbes IDF. Cette action pourra capitaliser sur les résultats et l'expertise développée dans le LMI REZOC notamment en lien avec les travaux conjoints Kouguebe-Panthou-Vischel.

Remarques sur le fonctionnement de l'axe 1

Des liens qui se concrétisent avec l'opérationnel notamment avec le projet de thèse de Basile AKPOVI (Chef de service climatologie et changements climatiques au Bénin).

Des difficultés de mobilisation des acteurs académiques autour de l'axe 1 perdure. Les co-encadrements nord/sud restent aussi peu nombreux.

Axe 2 : « Impact du changement anthropique sur les processus de transferts et la qualité de l'eau »

Animateurs : Professeur Daouda Mama (INE) et Dr Ossénatou Mamadou (INE/IMSP²)

Dans l'axe 2 les recherches développées en 2022 ont contribué aux objectifs suivants :

| Nom du livrable | Actions | Production/Valorisation |
|--|--|---|
| A2L1 : Cartographie de l'évolution des grandes tendances d'occupation des sols par télédétection | | |
| A2L2 : Caractérisation de la variabilité de l'évapotranspiration sur forêt et sur culture | Début thèse de Renaud Koukoui (<i>précédemment Assistant de Recherche sur le projet ASEEW@</i>) (UAC/IMSP) : standardisation des données météorologiques sur les sites AMMA-CATCH en vue d'une comparaison inter-site. | Articles soumis : Testing the suitability of Marginal Distribution Sampling as a gap-filling method using some meteorological data from seven sites in West Africa soumis à Meteorological and Applications |

² IMSP : Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (Bénin), <http://www.imsp-benin.com>

| | | |
|---|---|--|
| | <p>Thèse Miriam Hounsinou (UAC/IMSP)</p> <p>Poursuite du traitement et la qualification des longues séries (2007-2018) de données de flux de vapeur d'eau, de CO2 et d'énergie des sites amma-catch Bénin</p> <p>Poursuite de l'analyse inter-comparative du bilan radiatif suivant le gradient avec le KNUST (Ghana).</p> | <p>Présentation aux journées SOAPHYS, Lomé (en ligne), 05-09 Dec2022</p> <p>1 article publié (Hounsinou et al., 2022), 1 article soumis : « Characteristics of the atmospheric surface layer over a heterogeneous cultivated surface in a tropical region à Boundary Layer Meteorology »</p> |
| <p>A2L3 : Mise en place d'un réseau de suivi de la qualité de l'eau de surface et souterraine sur plusieurs points au Bénin</p> | <p>Firmin Adandédji : Mission à Grenoble dans le cadre des JMSC</p> <p>Stage M2 de ENINHOUSèdomonhan Firmin : « Suivi des paramètres physico-chimiques (matières en suspension, ions majeurs, nutriments azotés et phosphorés) de la rivière Agbado, exploitée pour l'approvisionnement en eau potable de la ville de Savalou au nord du Bénin ». Mémoire de Master « Ecohydrologie », à l'UAC. Encadrants : D. Mama et J-P Vandervaere</p> | <p>Présentation aux JMSC, Grenoble, 6-8 octobre 2022</p> |

Une réalisation phare de l'axe 2 est l'installation d'un site complémentaire de mesure de flux sur un palmier à huile au Sud du Bénin (<https://www.ige-grenoble.fr/Mesure-des-emission-sequestrations-de-CO2-et-de-l-evapotranspiration-reelle-en>). Ce nouveau site installé, qui porte au total à cinq le nombre de stations de flux au Bénin vient à point nommé et permettra de renforcer l'analyse intercomparative le long du gradient Nord/Sud en cours. Ces nouvelles données issues de cet écosystème particulier alimenteront également la base de l'observatoire Amma-catch.

Remarque sur les activités de l'axe 2

Un stage de M2 a été financé en 2022 sur le suivi de la qualité de l'eau à Savalou (F. Eninhou), mais le sujet est ponctuel et aucune avancée majeure n'a été faite par rapport aux livrables A2L1 et A2L3.

Les zones d'intérêt et les variables à suivre pour faire avancer ce livrable n'ont pas été définis. La DG-Eau avec qui nous voulions travailler n'a pas défini son plan pour le suivi de la qualité de l'eau en milieu naturel.

Axe 3 : « Quantification des ressources en eau souterraine : stocks, renouvellement, évolution temporelle et exploitation durable »

Animateurs : Professeur Nicaise Yalo (INE) et Dr Jean-Michel Vouillamoz (IGE)

| Nom du livrable | Actions | Valorisation |
|--|---|--|
| A3L2: Analyser l'évolution des stocks d'eau souterraine au cours des deux dernières décennies | <ul style="list-style-type: none"> – Collecte et prétraitement de 115 chroniques piézométriques au Bénin et Burkina – Recherche de l'influence de la profondeur des nappes sur la recharge (en coordination avec l'axe 4) | Mémoire de M2 de Moussilimou Moussa en cours de rédaction |
| <p>A3L4: Définir des modalités d'exploitation durable de l'eau souterraine</p> <p>A3L1: Proposer une nouvelle méthode d'implantation des forages dans les zones de socle</p> | <ul style="list-style-type: none"> – Mise en œuvre du projet RESOB (Burkina) – Co-direction de 2 thèses (Burkina) – Diffusion et vulgarisation des résultats déjà obtenus | <ul style="list-style-type: none"> – Organisation d'une session spéciale dans le colloque IAH à Paris – Réalisation d'une émission de radio sur RFI – Rapport sur la modélisation du plateau d'Allada |

En 2022, l'axe 3 a travaillé sur deux objectifs principaux : le développement des activités de recherche au Burkina Faso, et la diffusion des résultats déjà obtenus.

Développement des activités de recherche au Burkina Faso.

Après avoir développé ses recherches dans le contexte climatique du Bénin, l'axe 3 élargit ses activités au contexte sahélien du Burkina Faso. L'objectif est de mesurer l'impact du climat sur l'évolution des stocks d'eau souterraine au cours des deux dernières décennies (A3L2) afin de définir des modalités d'exploitation durable de l'eau souterraine (A3L4) qui soient appropriées au contexte local.

Pour ce faire, l'axe 3 a obtenu le financement pour mettre en œuvre le projet RESOB (Resource en Eau Souterraine dans le Socle du Burkina, AquaForAll/200k€) avec l'Institut 2iE et le bureau d'étude GEOREVA-Afrique. En 2022, ce projet a permis de compléter la base de données des chroniques piézométriques du Bénin avec celles du Burkina. Dans le cadre du post-doc dont la demande de financement a été acceptée (AIMS/25k€) pour Valérie Kotchoni (INE-2iE), cette base de données de plus de 100 chroniques réparties suivant un continuum climatique Bénin-Burkina devrait permettre de mieux identifier les processus principaux qui expliquent les variations de stock d'eau souterraine dans le socle à l'échelle pluri-décennale.

En appui au projet RESOB, l'axe 3 co-encadre avec ses collègues du 2iE deux thèses. La première vise à évaluer la faisabilité et l'intérêt de la recharge artificielle des nappes en zone de socle (thèse de Mr. Palingba Aimé Marie DOULKOM), et la seconde dont le financement a été accepté (DAAD/5k€)

cherche à identifier les principaux facteurs qui contrôlent la productivité et la durabilité des forages en zone de socle (thèse de Mlle Younais S. Olouwachéyi ADEOTAN).

Diffusion des résultats déjà obtenus.

Les stratégies nationales mises en œuvre actuellement par de nombreux pays d'Afrique de l'ouest pour permettre l'accès universel à l'eau potable en 2030 (ODD6.1) sont questionnées par les résultats de la recherche conduite par l'axe 3. Au cours de l'année 2022, l'axe 3 a ainsi voulu partager ses résultats le plus largement possible avec les décideurs et les acteurs de terrains concernés.

Nous avons notamment organisé une session spéciale en trois temps (1h30 chacun) à la conférence de l'association internationale des hydrogéologues (IAH) qui s'est tenue à Paris en mai 2022: un premier temps pour créer les conditions du dialogue et présenter les enjeux (organisation d'un sondage sur la question suivante : "la couverture universelle en eau potable en zone de socle Africaine est-elle possible ?, 100 votants), un second temps de dialogue entre acteurs politiques, opérationnels et de la recherche (organisation d'un débat mouvant autour de propositions clivantes invitant chacun à se positionner, suivi d'une présentation de cadrage faisant le point sur les problématiques et l'état des connaissances), et enfin un troisième temps de présentations scientifiques au format plus classique (une vingtaine de contributions).



Nous avons été invité à l'émission de radio de vulgarisation scientifique "autour de la question" sur RFI en octobre 2022 pour présenter l'éclairage donné par nos résultats de recherche sur la possibilité d'atteindre un accès universel à l'eau potable en Afrique de l'ouest en 2030.

<https://rezoc.osug.fr/Sera-t-il-possible-d-assurer-l-acces-universel-a-l-eau-potable-dans-les-zones>

Remarque sur les activités de l'axe

L'axe 3 a fait preuve d'une bonne dynamique qui s'appuie sur des partenaires variés au Burkina, mais essentiellement sur des non-permanents de l'INE au Bénin.

Les 3 demandes de financements déposés par les membres de l'axe 3 en 2021 ont été retenus et financés en 2022 :

- Le projet « Ressources en eau dans le socle du Burkina-Faso » (RESOB) qui élargit au contexte climatique du Burkina le travail engagé sur la zone de socle du Bénin au (AquaForAll, 200 k€, 2021-2023).
- Le post-doc de Valérie Kotchoni (INE-Bénin) qui vise à mieux comprendre les relations entre climat et recharge des aquifères de socle sur le gradient climatique Bénin-Burkina (AIMS, African Institute for Mathematical Sciences, 25k€).
- La thèse de Mlle Younais S. Olouwachéyi ADEOTAN qui revisite le modèle conceptuel des aquifères de socle (DAAD, Service des échanges académiques allemand, 5k€).

La mise en place du projet RESOB a suscité un intérêt certain auprès des acteurs opérationnels du secteur de l'eau au Burkina, et des collaborations ont ainsi pu être initiées avec un bureau d'étude burkinabé (BERA), la société en charge de l'alimentation en eau des centres urbains (ONEA) et le ministère de l'eau (PAEA).

Axe 4 : « Analyse et modélisation du cycle de l'eau dans la Zone Critique »

Animateurs : Professeur Luc Sintondji (INE) et Dr Basile Hector (IGE)

Dans l'axe 4 les recherches développées en 2022 ont contribué aux objectifs suivants :

| Nom du livrable | Actions | Production/Valorisation |
|---|---|--|
| A4L1 : Mise en œuvre d'un modèle de zone critique couplé pour le bassin versant de l'Ouémé | 1 Missions Sud : Y. M'po N'tcha (CDD INE) | Formation au modèle intégré ParFlow-CLM : simulation BV Ara |
| | Stage M2 interaxe M. Moussa (étude de la relation entre recharge et profondeur des nappes) | Exploitation de la base de données des eaux souterraines AMMA-CATCH / mémoire en cours de rédaction |
| | Début de Thèse Mandela Houngnibo : préparation des forçages sur l'Ouémé | |
| A4L2 : Identifier le meilleur modèle pour l'alerte précoce aux inondations | Thèse de L. Sossou (UCA/CIPMA). Validation de deux méthodes de prévision (statistique et neuronale) | Présentation aux JMISC, Grenoble, 6-8 octobre 2022. |
| A4L3 : Modélisation du fonctionnement et de la valorisation des bas-fonds en zone soudanienne | Séjour Amelie HERZOG (doctorante Univ. Freiburg sur l'intermittence) : 4 mois IGE, 2 mois DG-Eau | Analyse de sensibilité de la simulation de l'intermittence sur le bassin versant de l'Ara. Etude en cours. Présentation aux JMISC, Grenoble, 6-8 octobre 2022. |
| A4L5 : Mise en œuvre d'un modèle de zone critique couplé sur Afrique de l'Ouest | Projet IRD-AFD CECC, thèse Mahamadi Tabsoba | La première simulation régionale a été présentée à l'IAH, et aux JMISC |
| A4L6 : Analyse prospective : changements de régime et points de bascule potentiels des hydro-systèmes en Afrique de l'Ouest. | Projet ANR Typhic : réunion générale à Sète (France) en mai 2022. Réunion au Bénin en novembre Recrutement d'un post-doc (IGE) qui va travailler sur les scénarios | Définition de 2 sujets de stage : Définition de scénarios réalistes d'usage des terres (→ 2030 à 2050) à partir de l'analyse de documents officiels / Exploration des rétroactions dans les relations arbres nappes souterraines. |

Modélisation intégrée des hydrosystèmes béninois

- La formation des collègues Béninois au modèle intégré ParFlow-CLM s'est poursuivie avec notamment la MLD de M'po N'tcha (3 mois, été 2022), qui lui a permis de prendre en main le modèle à haute résolution sur l'Ara (sous bassin de l'Ouémé supérieur)
- La thèse de Mandela Houngnibo a commencé, elle aura pour objectif de simuler le devenir des ressources en eau sur l'ensemble de l'Ouémé.
- Amelie Herzog, en thèse à l'Université de Freiburg, a bénéficié d'un financement allemand (DAAD) pour confronter ses questions de recherche sur l'intermittence aux hydrosystèmes des zones de mousson. Elle a passé 4 mois à l'IGE (France) et 2 mois à la DG-Eau (Bénin) afin d'étudier l'impact des activités anthropiques sur l'intermittence, en déployant le modèle ParFlow-CLM sur l'Ara. Elle a pu présenter ses travaux aux JMSC³

Ouverture aux zones sahéliennes :

- Le projet IRD-AFD CECC (Cycle de l'eau et Changements Climatiques au Sahel) a débuté fin 2021. Des membres de l'axe modélisation sont responsables de WP (B. Hector : modélisation intégrée sur le Niger moyen J.-M. Cohard : trajectoires hydroclimatiques régionales). Dans ce cadre, la thèse de Mahamadi Tabsoba (direction J.-M. Cohard, E. Lawin, co-encadrement : B. Hector, M. Malam Abdou, J.-P. Vandervaere) vise à étudier les impacts sur le cycle hydrologiques de scénarios de déploiement de techniques de conservation des eaux et des sols au Sahel (sous-solages, banquettes, demi lunes...)
- Le collectif de recherche ASAO (Aquifères de socle en Afrique de l'Ouest), émanant d'une dynamique interaxes du LMI, a été l'occasion de confronter les profondeurs de nappes issues des bases de données régionales de forages collectées par le collectif aux simulations régionales afin d'estimer le processus principal de vidange des nappes de socle : l'évapotranspiration. Ces travaux ont été présentés à l'IAH et aux JMSC, et une ébauche de publication est en cours.

Activités de valorisation:

Les activités de l'axe modélisation ont bénéficié du colloque des JMSC (<https://jmsc2022.sciencesconf.org/>) pour leur visibilité, 9 résumés y ayant été présentés.

Activités interaxe :

- L'axe Modélisation s'est mobilisé pour organiser un atelier de réflexion prospective sur les impacts potentiels des grands aménagements hydroélectriques/hydroagricoles et des grandes cultures sur la trajectoire des ressources en eau de l'Ouémé et leur durabilité. L'atelier a rassemblé 26 personnes, dont des praticiens de nombreux secteurs (DGEau, Direction du Génie rural, Météo-Benin, l'agence de développement des lacs, l'Agence de l'eau, la SONEB, le Partenariat National sur l'Eau, l'Union des riziculteurs de l'Ouémé, la GIZ, l'ONG BEES et le bureau d'étude IGIP). Il a permis de mettre en lumière le potentiel d'impacts, très contrastés selon les secteurs (agriculture, protection civile, écologie, ressources en eau, ressources halieutiques), que pourraient avoir les grands projets d'aménagements

³ JMSC : Journées de Modélisation des Surfaces Continentales : <https://jmsc2022.sciencesconf.org/> ; colloque francophone organisé par des membres de l'axe modélisation, et spécifiquement ouvert aux chercheurs Sud pour cette édition.

de l'Ouémé, et a permis de poser les bases d'un groupe de travail transverse inter-axe sur ces questions. Ce groupe de travail se mettra en place début 2023.

- L'axe modélisation et l'axe eaux souterraine encadrent un stage M2 (Moussilimou Moussa) qui vise à étudier les relations entre la recharge et la profondeur des nappes en zone de socle, afin de voir si la première peut être estimée à partir de la seconde. Ce stage interaxe se basant sur les données de l'observatoire AMMA-CATCH aidera d'une part à la connaissance des processus de recharge permettant une meilleure modélisation de ces derniers sur les zones de socle de l'Ouémé, et d'autre part précisera les résultats obtenus par l'axe 3 sur les déterminants de la recharge en zone de socle de l'Ouémé, en vue de mieux définir la durabilité de l'exploitation des eaux souterraines

Axe transversal : « Formation et valorisation »

Animateurs : Professeur Eric Alamou (INE) et Dr Jean-Pierre Vandervaere (IGE)

En 2022 l'axe formation et valorisation du LMI REZOC a agi à 3 niveaux : il a co-organisé une école de terrain au Bénin ; encouragé le renforcement des capacités de ses membres (étudiants et permanents) ; valorisé les travaux de ses membres en organisant des sessions spéciales dans des colloques internationaux.

1) Ecole de terrain

L'Ecole de terrain "Intégratrice des Savoirs" est co-organisée et co-financée par le LMI REZOC et le Centre d'Excellence Africain pour l'Eau et l'Assainissement (CEA C2EA), en coordination avec les quatre Départements de l'Institut National de l'Eau (INE/UAC). Elle entre dans le programme des quatre Masters de l'INE.

Du 27 juin au 1^{er} juillet 2022, la deuxième édition de l'Ecole de Terrain (ET) s'est tenue à la Ferme Ecole de Sain (Adjohoun). Réunissant 35 étudiant(e)s de quatre Masters, les cinq journées sur site ont permis de faire tourner l'ensemble des étudiants, répartis en groupes de cinq, sur sept ateliers, chacun destiné à la maîtrise d'un ou plusieurs instruments de mesure.

Chaque atelier était animé par un ou deux enseignant(e)s dont la mission était de laisser au maximum les étudiants manipuler eux-mêmes les instruments pour en comprendre le fonctionnement et les principes de mesure. S'appuyant sur le Guide des Bonnes Pratiques pour l'organisation d'Ecoles de Terrain établi lors du projet Erasmus+ MAREMA, l'ET dans son ensemble s'appuie sur quatre phases :

1. En salle : exposé des objectifs des ateliers et rappels des éléments théoriques nécessaires à leur pleine compréhension : quelles sont les variables mesurées et comment les appareils doivent-ils être utilisés ;
2. Sur le terrain : déroulement des ateliers proprement dits avec séances d'analyse "à chaud" le soir ;
3. En salle : analyse des mesures effectuées sous tutorat des enseignants encadreurs, calculs statistiques, élaboration des graphes pertinents, analyse des liens possibles entre les résultats des divers ateliers ;
4. En salle : restitutions formelles des résultats par les groupes sous forme de présentations suivies de questions devant un jury d'enseignants et scientifiques dont certains n'ont pas participé à l'encadrement.

L'ET 2022 a fait l'objet d'une évaluation a posteriori par les étudiants sous forme d'un questionnaire en ligne anonymisé et donnant lieu à 25 réponses (71% de taux de retour). Globalement, on note une perception très positive des étudiants vis-à-vis de l'ET, de l'autonomie qui leur a été laissée pour la manipulation des matériels et des compétences des enseignants encadreurs. Néanmoins, certaines frustrations ressortent sur l'organisation de la phase 3 d'analyse des mesures après retour en salle, certains enseignants n'ayant pas pu se rendre disponibles.

Sur la base de cette seconde édition de l'ET et de la satisfaction globale des participants, des leçons seront tirées pour l'édition prévue en 2023 :

- améliorer l'organisation de l'ensemble des quatre phases pour garantir la disponibilité des salles et des étudiants et l'engagement de tous les enseignants encadreurs du début à la fin du processus ;
- répartir les ateliers selon leur pertinence entre les différents Masters de l'INE engagés dans le projet afin de parvenir à deux ou trois ETs ayant chacune leur set d'ateliers mieux ciblés (certains ateliers pouvant être communs) et leur période idéale ;
- affiner la durée optimale des ateliers, certains pouvant, semble-t-il, être raccourcis en deçà de la demi-journée ;
- construire une édition 2023 avec une (ou des) ET(s) ouverte(s) à certains étudiants et/ou enseignants de la sous-région (Niger, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, notamment).



Crédit photos : J-P. Vandervaere et les étudiants de Masters

2) Renforcement des capacités des membres du LMI

▪ Ecole d'été sur la zone critique (OZCAR)

Cette école, organisée par l'Infrastructure de Recherche OZCAR, propose un panorama des connaissances, des hypothèses de travail et des modèles conceptuels propres à chaque champ disciplinaire utile à l'étude de la Zone Critique

Trois membres du LMI, soutenus par l'IRD, ont suivi la deuxième édition (francophone) de cette école de terrain qui s'est déroulée du 4 au 8 juillet 2022, à Soléane (France): Rita Houngué, Mandela Hounnibo, Luc Sossou; J-M. Cohard y était enseignant.

▪ Ecole d'été « Cycles du carbone et de l'azote, des processus aux échelles larges »

Cette école, organisée par l'Infrastructure de Recherche AnaEE (<https://ecoleanaee2022.sciences.conf.org/>) a pour objectif de former aux techniques expérimentales et aux modélisations pour étudier les cycles biogéochimiques dans les systèmes naturels et anthropiques, notamment la mesure des flux et les stocks d'éléments comme le carbone ou l'azote à différentes échelles expérimentales.

O. Mamadou a suivi cette école d'été qui s'est déroulée du 26 au 30 septembre au jardin du Lautaret (France). La formation a été cofinancée par le LMI et le projet UNESCO-OWSD ASEEW@ ; Jean-Martial Cohard y était en tant qu'enseignant.

3) Organisation de sessions spéciales lors de conférences internationales

▪ Conférence internationale "[Groundwater, key for the sustainable development goals](#) »

Paris 18-20 mai 2022. 520 participants de 48 pays, organisé par l'International Association of Hydrogeologists (IAH)

Organisation d'une Session « How to reach universal coverage in drinking water in Africa hard rock/basement rocks areas ? », Christian Allé (Bénin), Basile Hector (France), Jean Michel Vouillamoz (France) and Mahamadou Koita (Burkina Faso)

Les chercheurs du LMI REZOC et du réseau ASAO (Aquifères de Socle en Afrique de l'Ouest) ont organisé une session (4h30) sur l'accès universel à l'eau potable en zone de socle afin de faire le point sur les connaissances actuelles et sur les défis qui restent à relever dans le cadre de la vision intégrée qu'imposent les ODDs aux acteurs opérationnels.

Ces chercheurs ont ensuite été sollicités par RFI dans le cadre de l'émission "Autour de la Question" de RFI, le [8 novembre 2022 \(45 min\)](#).

▪ [4 èmes Journées de Modélisation des Surfaces Continentales \(JMSC\)](#)

Grenoble, 6-7 octobre 2022. 100 participants de 6 pays. Journées organisées tous les deux ans par un collectif de chercheurs francophones

Les membres du LMI qui étaient dans le comité scientifique de l'édition 2022 des JMSC (B. Hector, J-M Cohard) ont souhaité une forte présence de chercheurs du Sud et ont demandé un soutien à l'IRD (5 bourses acquises).



Les chercheurs du LMI ont présenté 9 communications aux 4^{èmes} Journées de Modélisation des Surfaces Continentales (JMSC). Grenoble, 6-7 octobre 2022

Production Scientifique du LMI REZOC

La production scientifique du LMI est visible sur son site web. On peut consulter la biblio ou la télécharger forme de fichiers (format .bib).

- **Articles dans des revues internationales à comité de lecture**

Revue référencée dans le WoS et/ou par le CAMES

<https://rezoc.osug.fr/Articles-dans-des-revues-internationales-a-comite-de-lecture>

- **Communications dans des colloques et conférences internationales**

On recense ici les communications financées par le LMI REZOC (déplacement ou mission ou inscription).

<https://rezoc.osug.fr/Conferences-internationales>

- **Thèses**

On recense ici les thèses dont le travail s'inscrit à plus de 25% dans le LMI REZOC (en moyenne 75%).

<https://rezoc.osug.fr/Memoires-de-these>

- **Master**

On recense ici les masters financés par le LMI REZOC (gratification de stage ou missions ou matériel). Au Bénin les Masters peuvent se dérouler sur 2 années.

<https://rezoc.osug.fr/Memoires-de-Master>

Rapport budgétaire 2022

En 2022 les ressources du LMI REZOC s'élèvent à 76 000 €, dont 43 000 € proviennent de la dotation IRD pour le LMI et 33 000 € d'autres financements obtenus par les membres du LMI (voir ci-dessous).

En 2022 les dépenses du LMI REZOC se sont élevées à 76 000 €. Le LMI n'a pas demandé de reprogrammation.

1) ressources du LMI REZOC

| Tutelles du LMI | |
|-------------------------------------|-----------------|
| IRD (dotation LMI 2022) | 40 000 € |
| IRD (reprogrammation dotation 2021) | 3 000 € |
| IRD (autres crédits) | 12 500 € |
| INE - Bénin | 500 € |
| UMR IGE - France | * |
| UMR HSM - France | * |
| DG-Eau - Bénin | 0 € |
| TOTAL | 56 000 € |

* : crédits intégrés dans "IRD (autres crédits)"

| Financements extérieurs | |
|---|-----------------|
| projets (Centre d'excellence C2EA, projets RESOB, CECC, ASEEW@) | 19 000 € |
| bourses de colloques | 1 000 € |
| TOTAL | 20 000 € |

| | |
|------------------------------------|-----------------|
| TOTAL Tutelles + extérieurs | 76 000 € |
|------------------------------------|-----------------|

Voir la liste des projets liés : <https://rezoc.osug.fr/-Projets-lies-68->

2) Détail des dépenses

| Rubrique | Description | 2021 | Dont LMI |
|---|--|-----------------|----------|
| Gouvernance et animation | | | |
| | Atelier de travail « bilan a mi-parcours » | 5 900 € | 4 900 € |
| Total € | | 5 900 € | 4 900 € |
| Fonctionnement et petits équipements | | | |
| | Equipement hydrologique (limnimètres, pluviomètres, piézomètres) | 20 600 € | 10 800 € |
| | Bureautique (ordinateurs, imprimantes) | 5 800 € | 5 800 € |
| | Logiciel | - | |
| | Données Météo-Bénin | - | |
| | Frais infrastructure (locaux et internet) | 2 400 € | 1 900 € |
| | Papeterie et divers | 500 € | 300 € |
| Total € | | 29 300 € | 18 800 € |
| Formation | | | |
| | Stages de master (5) | 2 900 € | 2 900 € |
| | Ecole de Terrain | 11 600 € | 2 600 € |
| | Renforcement des capacités | 2 700 € | 1 600 € |
| Total € | | 17 200 € | 7 100 € |
| Missions | | | |
| | Conférences scientifiques | 12 700 € | 6 500 € |
| | Mission Bénin -> France | - | |
| | Mission France -> Bénin | 3 500 € | |
| | Mission Bénin-Bénin (terrain) | 1 500 € | 1 500 € |
| | Mission vers les bailleurs | - | |
| Total € | | 17 700 € | 8 000 € |
| Autres activités | | | |
| | CDD Secrétariat Gestion | 4 200 € | 4 200 € |
| | CDD contrôle qualité des données | 1 700 € | - |
| Total € | | 5 900 € | 4 200 € |
| TOTAL | | 76 000 € | 43 000 € |