

Proposition de stage M2 (2026) : Amélioration de la compréhension des processus de recharge d'un aquifère alluvial en contextes méditerranéen et agricole.

LA STRUCTURE D'ACCUEIL	
Laboratoire	UMR 1114 EMMAH : Environnement Méditerranéen et Modélisation des Agro-Hydrosystèmes (équipes DREAM, HYDRO, SWIFT) : https://www6.paca.inrae.fr/emmah
Le laboratoire EMMAH	L'UMR EMMAH développe des recherches sur les interactions entre cultures et ressources en eau sous influence du changement climatique, en particulier le déficit hydrique. Dans ce cadre les équipes DREAM, HYDRO et SWIFT s'attachent à caractériser les transferts d'eau dans le sol et les aquifères. L'équipe DREAM (Dynamique des territoires, fonctionnement des Espaces Agricoles et Modélisation) vise à comprendre le fonctionnement des espaces agricoles et de la production végétale avec un focus sur la problématique des ressources hydriques et les changements globaux. Les travaux de l'équipe HYDRO visent à évaluer qualitativement et quantitativement le fonctionnement des aquifères karstiques (âge des eaux, cheminements d'écoulement, interactions eaux – roches, etc.) et la compréhension des phénomènes de recharge de ces aquifères en étudiant les échanges entre surface et milieu souterrain. En complément, l'équipe SWIFT apporte des connaissances sur les sols, leurs propriétés et les transferts dans la zone non-saturée. La compréhension des processus de transferts dans la zone non saturée et de recharge naturelle des aquifères constitue une thématique scientifique commune aux trois équipes.
LE STAGE	
Contexte	La compréhension des processus de recharge des aquifères représente un enjeu majeur pour améliorer la gestion de l'eau, notamment en contexte méditerranéen. Dans ce contexte climatique et en région agricole, les processus de transferts d'eau liés à la recharge sont néanmoins complexes, car en lien avec les régimes pluviométrique et, souvent, d'irrigation. Les modalités de transferts peuvent ainsi être multiples : verticaux au sein de la zone non saturée et/ou latéraux dans la zone saturée. La diversité des sources de recharge et des chemins d'écoulements augmente l'incertitude des estimations de la recharge des aquifères. Depuis plusieurs années, l'UMR EMMAH mène des recherches pour mieux comprendre le fonctionnement hydrodynamique des aquifères, notamment alluviaux. Ces travaux s'appuient en particulier sur des suivis hydrodynamiques, hydrochimiques et isotopiques, et ponctuellement sur des expériences de terrain, qui permettent de caractériser les transferts au sein des zones saturée et non saturée. Les observations réalisées depuis plusieurs années sur l'aquifère alluvial de la plaine d'Avignon révèlent une multiplicité des chemins d'écoulement et de la recharge de l'aquifère. Les variations piézométriques dans cette plaine montrent l'impact majeur de l'irrigation (mise en fonctionnement des canaux, tours d'irrigation) avec des hausses de niveaux en période estivale. Une meilleure caractérisation des écoulements des modalités d'écoulements dans la zone saturée permettrait de réduire les incertitudes liées aux différentes sources de recharge (pluviométrie/irrigation). L'aquifère de la plaine d'Avignon constitue un site d'étude idéal pour le développement d'outils permettant la compréhension des processus de recharge des aquifères alluviaux en contextes méditerranéen et agricole.

Objectifs du stage	L'objectif poursuivi dans ce stage est de caractériser les modalités d'écoulements et les propriétés hydrodynamiques de la zone saturée dans un aquifère alluvial en contextes méditerranéen et agricole afin d'améliorer la compréhension des processus de recharge. Le travail sera réalisé en adoptant une démarche principalement expérimentale. Le travail attendu portera sur : 1. La mise en œuvre et l'interprétation de mesures directes de flux d'eau souterraine par une technique de dilution dans les ouvrages atteignant la zone saturée, dans différents contextes hydrogéologiques et d'usage du sol : p. ex. parcelle agricole irriguée et non irriguée, proximité de cours d'eau. 2. La mise en place d'un suivi isotopique (isotopes stables de l'eau) à haute fréquence sur plusieurs points de prélèvements (eau de surface et eau souterraine) et la réalisation de jaugeages sur des canaux, pour améliorer les connaissances des relations eau de surface et eau souterraine. 3. L'interprétation et la synthèse des manipulations de dilution, des résultats d'analyses isotopiques et des jaugeages. 4. L'utilisation du jeu de données pour l'estimation de la recharge, en s'appuyant sur une modélisation des écoulements. Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'amélioration des connaissances de l'aquifère de la plaine d'Avignon. Il s'appuiera sur des données issues du site expérimental INRAE de l'UMR EMMAH Avignon (Site atelier Lysimètre), de sites de l'Université d'Avignon et sur des travaux de recherche menés dans le cadre de la Chaire GÉEAUDE, qui portent sur la dynamique de l'eau au sein des hydrosystèmes souterrains et leurs interactions avec les eaux de surfaces ainsi qu'avec les écosystèmes associés.
Date et durée du stage	Démarrage : fev/avril 2025 Durée : 4 -6 mois
Lieu/modalités	• INRAE Avignon. UMR EMMAH – Web : https://www6.paca.inrae.fr/emmah
Activités attendues	– Réalisation et interprétation d'expérience de dilution en zone saturée, pour la détermination des vitesses d'écoulements dans l'aquifère alluvial. – Suivi haute résolution de la composition isotopique des eaux souterraines, de la pluie et des eaux de surface (canaux notamment), pour la détermination des modalités de recharge de l'aquifère. – Réalisation de jaugeages différentiels sur les canaux, pour la détermination de flux s'infiltrant vers l'aquifère. – Analyses et interprétation des résultats, permettant une estimation de la recharge et des incertitudes associées. – Rédaction de comptes rendus hebdomadaires et du rapport final. – Réalisation d'une présentation orale des travaux et participation aux réunions de travail de l'équipe et du projet. Le/la stagiaire travaillera avec les équipes DREAM, HYDRO et SWIFT de l'UMR EMMAH, et pourra être amené.e à se déplacer (accompagné.e) sur le terrain. Il/elle aura l'occasion de découvrir et de contribuer aux autres activités de l'unité.

Conditions pratiques	• Gratification : 4.35€/h de présence (soit environ 634€/mois) • Participation INRAE aux frais de repas de midi (restaurant inter-entreprises à proximité) et aux transports en commun. • Comité d'Entreprise (ADAS) pour un accès aux activités sportives et culturelles • Le domaine de l'INRAE est situé à 8 km du centre-ville d'Avignon (ligne de bus, location de vélo à l'INRAE à bas coût). • Lieu de stage : INRAE avec réunions prévues à Avignon Université.
INFORMATIONS GENERALES	
Profil recherché	– M2 en cours en hydrogéologie ou formation en Sciences de la Terre – Intérêt pour l'analyse des processus de recharge de nappe – Intérêt pour les expériences de terrain et modélisation – Goût pour le travail en équipe (autres stagiaires, thésards, techniciens et chercheurs) – Maîtrise des outils bureautique et utilisation de R (ou RStudio) souhaitée – Organisation, rigueur, autonomie – Aptitudes rédactionnelle et relationnelle
Contacts et responsables du stage	Pour plus d'informations et candidater : envoyer un CV ainsi qu'une lettre de motivation aux adresses mails suivantes : Vivien HAKOUN : vivien.hakoun@inrae.fr Vincent MARC : vincent.marc@univ-avignon.fr