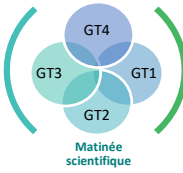




GT2 Les eaux pluviales



Évolution de la plateforme ETAGEP vers un outil dédié à la gestion intégrée et multifonctionnelle des eaux pluviales

Jamal El Khattabi, LGCgE U-Lille

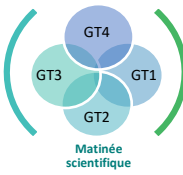
SUITE ETAGEP...

Conception, développement et
déploiement d'un site web:

<https://etagep.netlify.app/>



Principaux résultats de la thèse de Khalil LHAMIDI



Contribution à l'étude des performances hydrologiques des noues d'infiltration dans les sols limoneux par les approches expérimentales et numériques visant la résilience des territoires face aux enjeux hydro-climatiques

1. Suivi de la réponse hydrologique des noues :

- Capacité des noues à gérer les pluies courantes, sans débordement
- 1 seul débordement, noue N11 lors d'un épisode orageux de 44mm
- Noues vides sur une grande partie de l'année pour les perméabilités supérieures à 10^{-6} m/s

2. Développement d'un modèle hydrologique pour la simulation des variations des niveaux d'eau dans les noues en fonction des surfaces actives, de la perméabilité, de la teneur en eau et des précipitations :

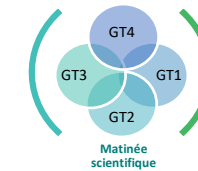
- Pour une pluie de 20 mm/h pendant une heure, on n'observe aucun débordement des noues
- L'état hydrique initial du sol affecte la réponse hydrologique, avec des abattements allant jusqu'à 82.2%

3. Amélioration de la performance hydrologique des noues par l'effet de l'activité lombricienne :

- Amélioration de la vitesse d'infiltration variant de 16.1% à 310.8% (dépend de K initial) et les temps de vidange de 13.9% à 75.7%
- Par approche numérique, l'amélioration de la perméabilité de la noue N6_2 est de 38.9%
- L'action des lombrics est fortement influencée par des perméabilités initiales faibles et par des surfaces actives importantes : conditions défavorables à la présence des lombrics
- Dans ce cas, l'action des racines joue un rôle important pour l'amélioration des conditions (action à long terme)



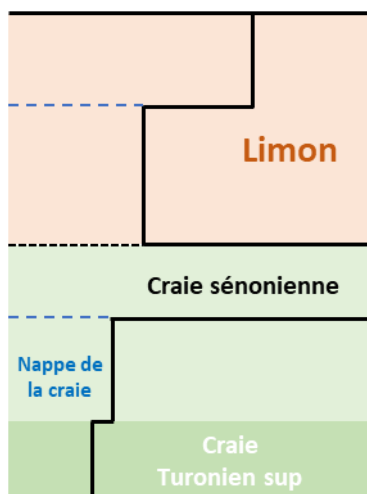
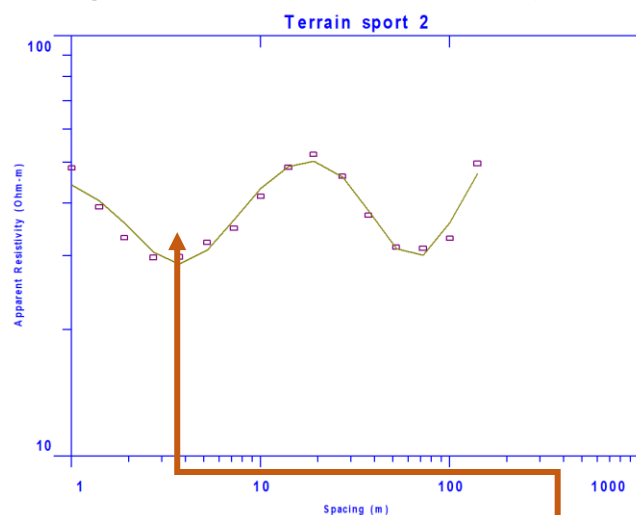
Principaux résultats de la thèse de Khalil LHAMIDI



4. Caractérisation de l'impact de la lithostratigraphie sur les flux infiltrés par des approches géophysiques :

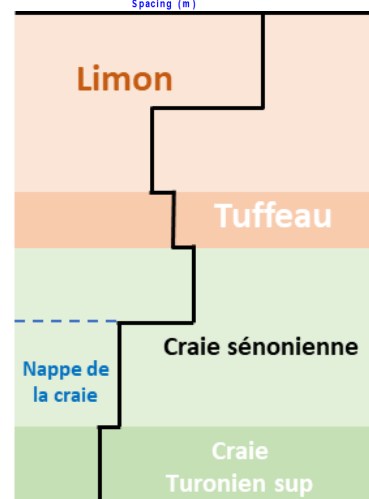
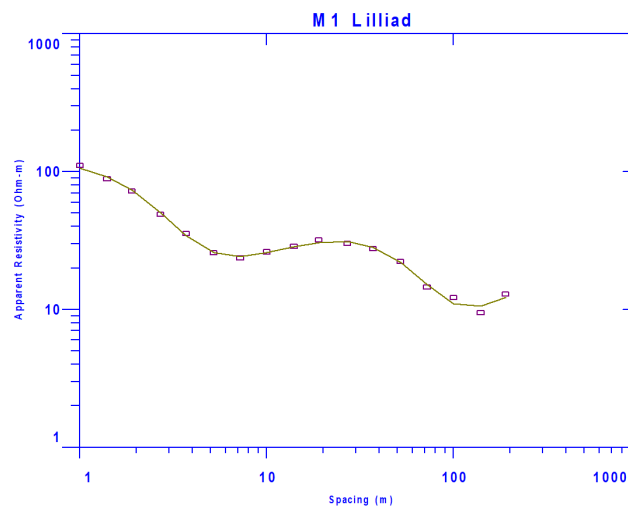
- 3 configurations lithostratigraphiques différentes (LCS, LTC, LCT) impactant les flux infiltrés ont été établies
- Mise en évidence du rôle des « Marnettes » dans la recharge des hydrosystèmes crayeux et limoneux (géophysique et perméabilité)

Signal 1 : Limon sur Sénonien (LCS)



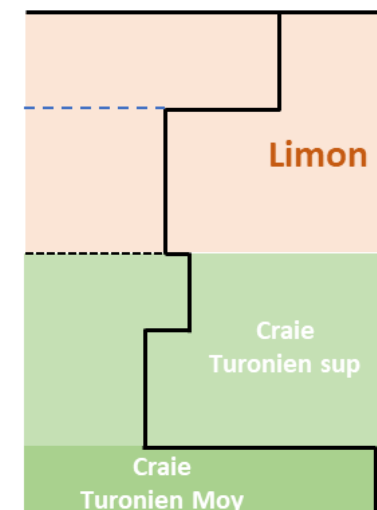
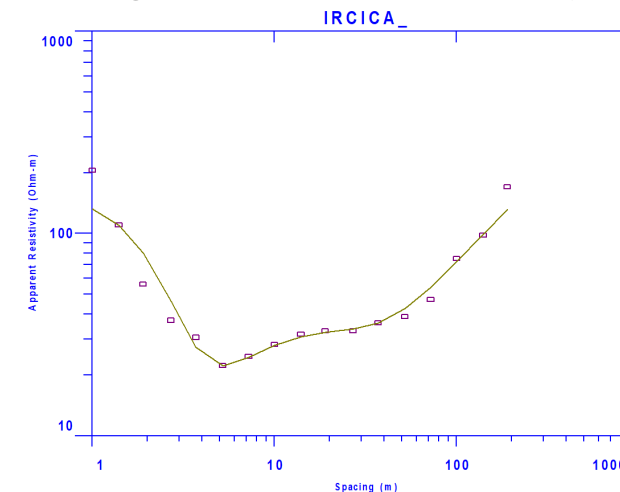
Signal craie Sénonienne $\rho > 120 \Omega m$

Signal 2 : Limon sur Tuffeau (LTC)



Signal craie Sénonienne $\rho < 80 \Omega m$

Signal 3 : Limon sur Turonien (LCT)

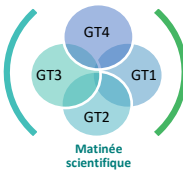


Signal craie Turonienne sup $\rho < 50 \Omega m$

Transferts vers la nappe limités

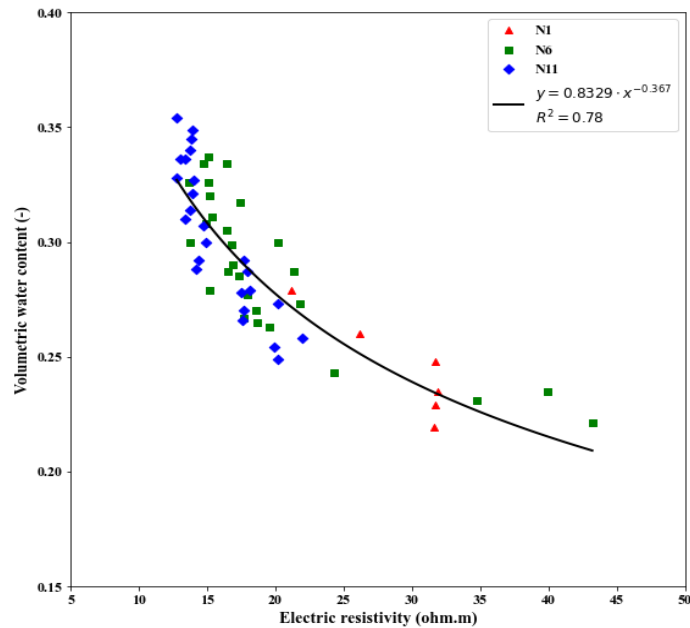


Principaux résultats de la thèse de Khalil LHAMIDI

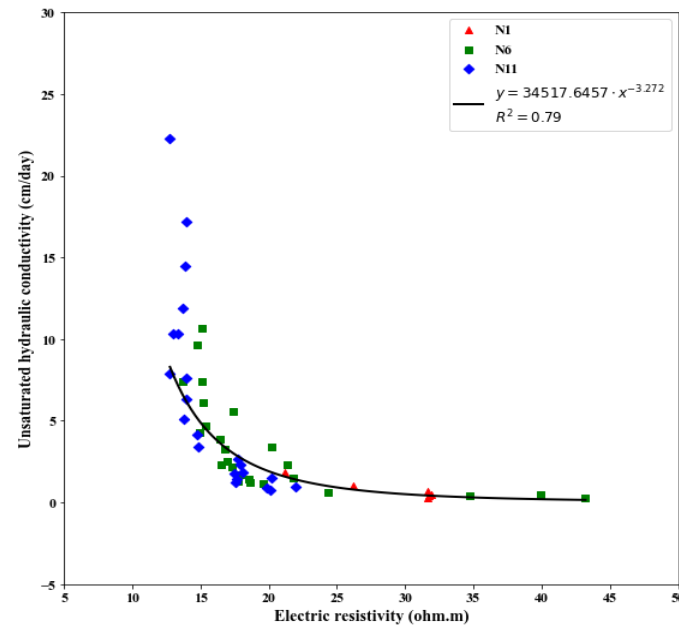


5. Développement d'un modèle hydro-géophysique pour l'évaluation de la variabilité spatio-temporelle de la teneur en eau et de la perméabilité non saturée en fonction de la résistivité électrique :

- Développement d'un modèle conceptuel pour la caractérisation hydro-géophysique des flux infiltrés en zone non saturée
- Suivi géophysique par ERT combiné à la simulation numérique des écoulements en zone non saturée
- Mise en place du modèle d'estimation de la teneur en eau et de la perméabilité non saturée au niveau des horizons limoneux

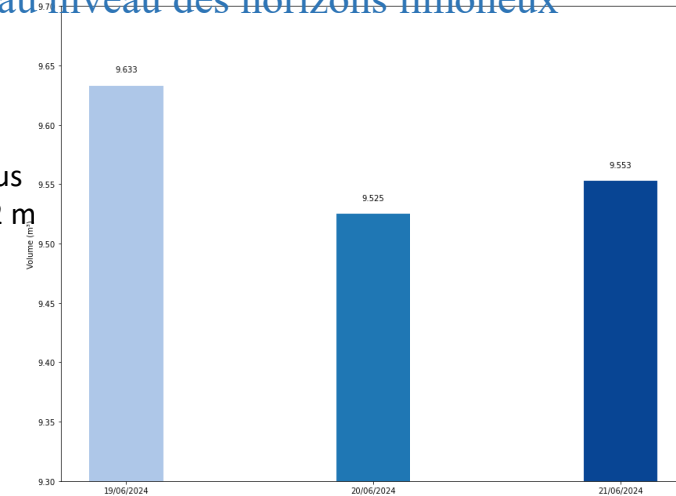


Modèle hydro-géophysique pour l'estimation de la teneur en eau volumique

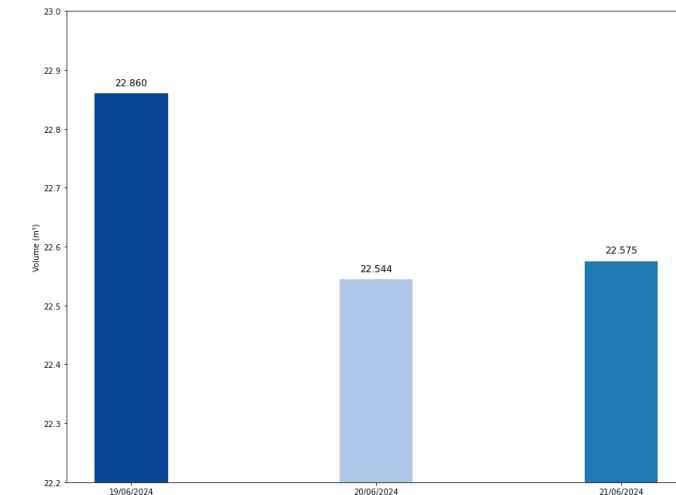


Modèle hydro-géophysique développé pour l'estimation de la perméabilité non saturée

Volume d'eau en dessous
des noues entre 1 m et 2 m
de profondeur

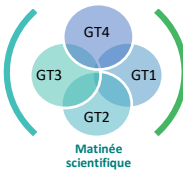


Volume d'eau en dessous
des noues entre 0 m et 2
m de profondeur





Publications



Articles dans des revues internationales

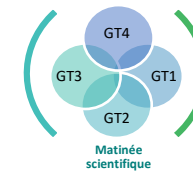
- Lhamidi, K., El Khattabi, J. **2025**. Enhancing the hydrological performance of Low Impact Development infrastructure through earthworm activity and vegetation dynamics for mitigating urban flooding. *Ecological Engineering* 221.
- Lhamidi, K., El Khattabi, J., Nguyen, H.D., and Aljer, A. **2024**. Hydrological Performance Assessment of Low-Impact Development Practices: A Vegetated Swale Case Study. *Water* 16(14).
- Nguyen, H.D., El Khattabi, J., Lhamidi, K., and Aljer, A. **2024**. Evaluation of the variation of the GPR frequency spectra created by the activities of earthworms. *Journal of Applied Geophysics* 224.
- Nguyen, H.D., El Khattabi, J., Aljer, A., and Pernin, C. **2024**. Evaluation of effects of earthworm density and species on the permeability of clay loam soils for managing stormwater in urban systems. *Environmental Earth Sciences* 83:481.
- Lhamidi, K., El Khattabi, J. **2026**. Lithostratigraphic Control of Vertical Water Fluxes in Chalk Aquifer Systems: An Integrated Geophysical and Sedimentological Approach (**Soumis à Geoderma**).
- Lhamidi, K., El Khattabi, J. **2026**. Integration of a coupled hydro-geophysical modeling and monitoring approach to assess infiltration dynamics and aquifer recharge in loess soils (**Soumis à Catena**).

Conférences et congrès

- Lhamidi, K., El Khattabi, J. **2026**. Infiltration et potentiel de recharge des nappes dans les noues d'infiltration : Analyse par approche hydro-géophysique. Conférence Internationale NOVATECH, Eaux pluviales-Sciences et gestions, Lyon, juin 2026.
- Lhamidi, K. El Khattabi, J., Nguyen, H. D., & Aljer, A. **2024**. Gestion intégrée des eaux pluviales en milieu urbain : Amélioration des performances hydrologiques des sols à faible perméabilité. Congrès-Exposition International sur les Sols, les Sédiments et l'Eau, Intersol. <https://www.webs-event.com/stock/archives/INTERSOL2024.pdf>. **Prix de l'innovation 2024**
- Lhamidi, K. et El Khattabi, J. **2025**. Renforcer la résilience des territoires par une gestion durable et intégrée des eaux pluviales et des aménagements hydrauliques. Forum national de la gestion durable des eaux pluviales -10ème édition, 27 mars 2024.
- Nguyen, H.D., EL Khattabi, J., Aljer, A. and Pernin, C. **2022**. Effects of the Earthworm (*Lumbricus Terrestris*) Density on the Permeability of Clay Loam Soils. *Social Science Research Network Electronic Journal*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4143127>.



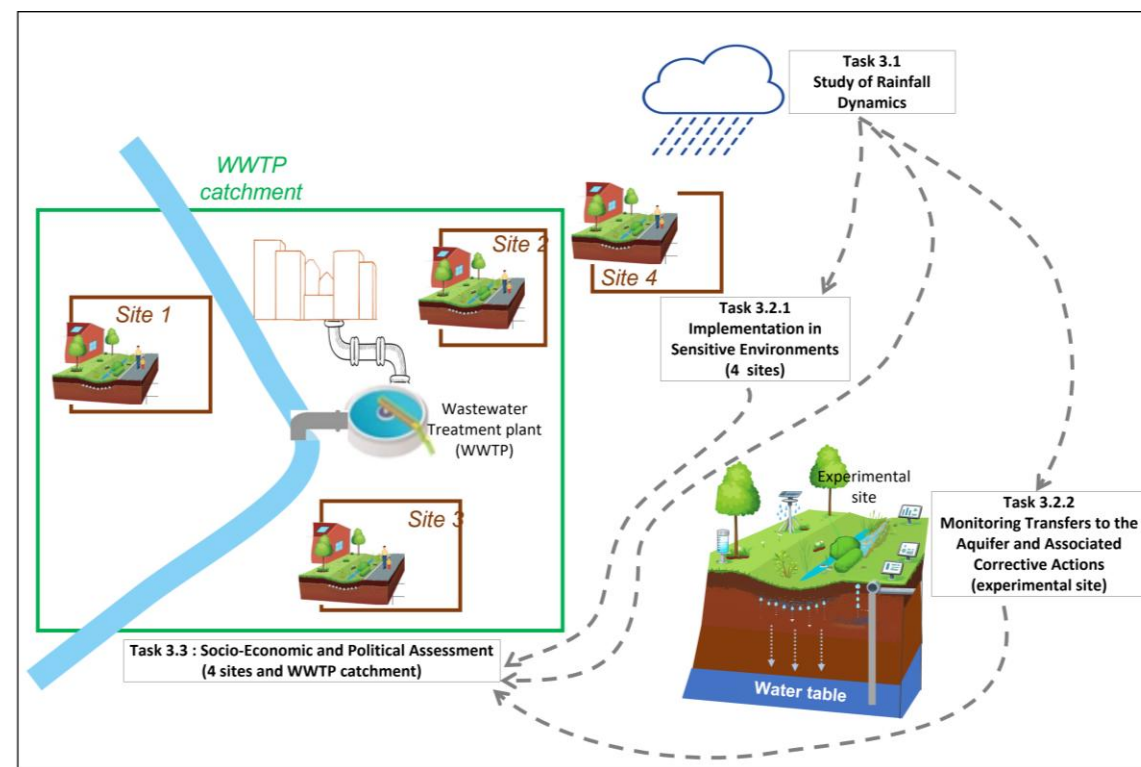
ET MAINTENANT !



- ✓ Poursuivre le traitement des données restantes et continuer les acquisitions de mesures : **Moyens humains et financiers !**
- ✓ **Nouvelles études dans le cadre des projets WATERS** (Vers une gestion efficace de la ressource en eau sur les territoires urbains dans un contexte de changements globaux) et **BONSAI** (Renforcer la résilience aux inondations des systèmes estuariens en anticipant le déplacement des zones climatiques).

- ✓ **Waters**

- Support des études expérimentales pour guider les travaux à l'échelle d'un quartier
- Étendre les travaux sur les mécanismes de contrôle de la pollution par la flore
- Suivi des transferts jusqu'à l'horizon saturé

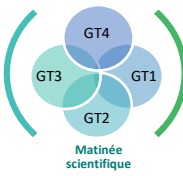




ET MAINTENANT !

✓ BONSAI

- Expérimentations à base de Géoradar pour déterminer les paramètres physiques et hydrauliques des sols
- Déterminer les signaux pour faciliter la détection des terriers animaux à l'origine de la fragilisation des digues de protection



✓ Inondations (bassin Artois Picardie)

- - Gestion des inondations résiliente au climat : Une approche hybride Physique-IA des dynamiques hydrologiques couplées de surface et de subsurface