

Description du programme de recherche

Le programme de recherche objet de la présente convention sur « les interactions entre les aménagements urbains et l'hydrologie superficielle, avec comme cas d'étude le campus urbain situé sur le périmètre de la ZAC du Moulon » est structuré autour de 2 actions pluri-annuelles. Il est issu d'échanges et propositions discutées entre les Parties mais aussi avec d'autres acteurs de l'aménagement, en particulier dans le cadre d'un séminaire d'échanges organisé en Janvier 2018. Ce nouveau programme tire bien sûr partie des conclusions et bilans des travaux de la précédente convention qui a pris fin en 2018. Il s'inscrit sur 4ans.

Il sera recherché tout au long du programme de créer des liens et d'initier des collaborations avec les formations initiales de l'université Paris-Saclay implantées sur le territoire d'étude. Cela sera particulièrement le cas pour les travaux d'observations sur le cycle de l'eau.

Action 1 : Observer l'hydrologie superficielle, en période de réalisation dense de l'aménagement de la ZAC du Moulon.

Lors de la convention précédente, les observations ont concerné les fluctuations de la nappe superficielle et des débits d'exhaure. Le constat a été fait que ces observations sont précieuses, et donc qu'elles doivent être poursuivies, mais aussi qu'il serait intéressant de les compléter par de nouvelles mesures couvrant d'autres flux et stocks :

1.1 Fluctuations des niveaux de la nappe superficielle

Le modèle géologique développé lors de la première convention sera conforté, en mettant l'accent sur l'identification de l'interface entre les Sables de Fontainebleau et les Argiles à Meulière, ainsi que sur la caractérisation des Limons des Plateaux. Pour cela, outre la collecte de données géologiques provenant d'études géotechniques, le Cerema aura recours à des mesures de radioactivité naturelle (RAN) ainsi que des essais d'identification dans les Limons des Plateaux. L'amélioration du modèle géologique sera en particulier recherchée dans les zones où peu de données sont actuellement disponibles.

Le réseau de piézomètre actuel sera complété par de nouveaux piézomètres. Ce réseau devra permettre d'assurer une bonne couverture de la ZAC, et des piézomètres seront installés proches d'ouvrages suivis dans cette nouvelle convention (bâtiments dont les débits d'exhaure sont mesurés, ouvrage de gestion des eaux pluviales). Une mutualisation des piézomètres sera recherchée avec l'université Paris Saclay qui souhaite faire installer des piézomètres à des fins pédagogiques.

Le suivi piézométrique sera poursuivi en instrumentant une douzaine de piézomètre à l'aide de sondes piézométriques autonomes (suivi en continu) et en réalisant 2 campagnes de relevés manuels par an dans les piézomètres installés par les bureaux d'études géotechniques sur la ZAC (hautes eaux et basses eaux).

La caractérisation du fonctionnement de la nappe superficielle sera complétée par la réalisation d'essais de perméabilité dans des piézomètres et d'un essai de traçage. L'essai de traçage aura pour objectif de mieux comprendre les circulations d'eau horizontales dans les formations superficielles. Il sera réalisé en injectant un traceur dans un piézomètre situé proche d'un bâtiment dont les débits d'exhaure sont instrumentés et où un fluorimètre de terrain sera placé, permettant de suivre en continu l'arrivée du traceur.

1.2 Dynamiques de débits d'exhaure

Les mesures existantes en continu sur les bâtiments Digitéo et Ips2 seront poursuivies. Il sera recherché un ou 2 autres bâtiments à instrumenter, avec un intérêt particulier pour l'Ecole CentraleSupélec bâtiment Eiffel, en lien avec le suivi prévu du jardin argenté voisin. Un bâtiment supplémentaire proche de la rigole de Corbeville pourrait aussi être intéressant.

La faisabilité d'utiliser les données opérationnelles des bâtiments existants sera aussi étudiée (fonctionnement des pompes de relevage qui doit être suivi par les exploitants des nouveaux bâtiments), avec l'aide de l'EPA Paris-Saclay. Si elle s'avère réalisable, il s'agira d'exploiter ces données pour estimer globalement un volume d'exhaure à l'échelle de la ZAC.

1.3 Comportement d'ouvrages de gestion des eaux pluviales

L'idée est de porter une attention particulière à des techniques alternatives, de surface, afin de mieux connaître leurs sollicitations et comportements. 2 types d'ouvrages sont identifiés :

+ une noue, si possible plutôt amont (surface active amont bien connue) : l'objectif est de suivre principalement l'abattement du ruissellement et sa dynamique (est-il significatif même en situation de sol peu perméable et de nappe haute ?), avec des mesures en continu de hauteurs d'eau, et si possible et nécessaire, de débits (entrant et/ou sortant) ;

+ un jardin urbain : le jardin argenté est situé entre l'IUT et l'Ecole CentraleSupélec ; il recueille les eaux pluviales et d'exhaures de l'Ecole CentraleSupélec dans un parc paysagé et aménagé pour la promenade et la détente. Son mode de suivi reste à préciser mais il comprendra à minima une (des) hauteur(s) d'eau et le débit d'alimentation provenant de l'Ecole CentraleSupélec, la mesure du débit de fuite à l'exutoire pourrait être nécessaire.

Une collaboration avec Suez sera envisagée pour ces suivis, en particulier autour de l'usage de leurs capteurs à bas coûts de détection de seuil d'eau (projet Smart-pluvial). Une attention particulière devra être portée sur la mesure des débits, avec des dispositifs métrologiques qui devront pouvoir mesurer les faibles valeurs rencontrées en temps sec et les fortes valeurs de temps de pluie. Des capteurs caractérisant l'état hydrique du sol en place dans les ouvrages pourraient aussi être implantés. Le Cerema et l'Ifsttar ont une expertise reconnue sur ces sujets d'instrumentation, avec des travaux importants dans de récents projets de recherche sur les micropolluants dans les eaux pluviales.

Un zoom sera réalisé sur le lien entre la capacité d'infiltration des ouvrages suivis et la biodiversité lombricienne. Cette biodiversité est favorisée sur certains sols reconstitués de la ZAC et pourrait être un facteur explicatif de l'infiltration, surtout dans les sols fins et argileux rencontrés sur le territoire. Il s'agira de caractériser les communautés via des prélèvements dans les ouvrages suivis (nombre, biomasse, richesse spécifique, structure) et d'examiner si possible la bioturbation à l'aide de fosses pédologiques (travaux en partenariat avec le bureau d'études SolPaysage). La physico-chimie des sols au droit des ouvrages sera aussi caractérisée. Des sondages géologiques et mesures de RAN pourront compléter ces caractérisations.

1.4 Débits à un des exutoires de la ZAC

Les travaux lors des conventions précédentes ont fait ressortir le besoin de mesures sur les débits évacués en surface par l'aménagement, par temps de pluie mais aussi par temps sec (importance des débits d'exhaure et de drainage). Il sera identifié un exutoire important, instrumentable, et si possible couvrant un sous-bassin versant déjà en grande partie aménagé ; les mesures seront effectuées en continu pendant toute la durée de la convention.

1.5 Mutualisation et exploitations d'autres observations

Le territoire étudié et son aménagement en cours est l'objet d'autres travaux sur le cycle de l'eau ; il y a donc un intérêt évident à partager ces travaux et à mutualiser les données et connaissances. Une attention particulière sera donc portée à ce sujet tout au long de la convention. Il est possible de citer, entre autres :

- les données de débit acquises à la sortie de la rigole de Corbeville, par le Cea sur son centre de Saclay
- les données de bilan hydrologique d'une parcelle agricole en mutation, acquises dans le cadre du projet Asset du labex Basc ;
- l'état de stress hydrique de certaines jeunes plantations (en particulier des arbres), surveillé par le bureau d'études SolPaysage pour le compte de l'EPA Paris-Saclay ;
- les collaborations avec le département des Sciences de la Terre de l'Université Paris Saclay, qui organise un stage de terrain en hydrogéologie sur le plateau de Saclay avec le Master Génie Géologique, ainsi qu'une étude de cas avec le Master Hydrogéologie (perméabilités et données physico-chimiques) ;
- les données acquises par la Société du Grand Paris dans le cadre des travaux de la ligne 18.

Un travail serait envisagé sur le campus urbain situé sur le périmètre de la ZAC du Moulon pour partager des données numériques de différentes natures (implication de l'entreprise Nokia). Si c'est confirmé et si le besoin est exprimé, les données acquises dans le cadre de cette convention pourraient être partagées, dans des conditions à préciser.

Les questions de qualité des eaux autour de l'aménagement seront abordées de façon exploratoire : par exemple en analysant quelques prélèvements autour des ouvrages suivis, analyses qui pourraient permettre d'identifier leurs origines.

Action 2 : Modéliser l'impact de l'aménagement en situation future.

2.1 Poursuite du développement et de l'usage du modèle URBS

Le modèle intégré URBS, co-développé par l'Ifsttar et le Cerema, permet de simuler en détail les interactions entre l'hydrologie superficielle et des aménagements de surface et du proche sous-sol. Ce modèle a déjà été appliqué sur le projet du quartier de Moulon, en situation initiale (état en 2011) et en situation future (à échéance 2025 selon le projet en 2011). Les travaux lors de la convention précédente ont montré les intérêts d'une approche de modélisation intégrée mais ont aussi fait ressortir des points à améliorer, en particulier dans le cadre de son application au cas d'étude du quartier de Moulon : représentation du sol, schémas de simulation des eaux de drainage et d'exhaure, introduction de la possibilité de régulation de débit en aval, modélisation (développement/évaluation) des techniques alternatives, Cette poursuite du développement et de l'usage de URBS se fera avec des contributions d'un travail de thèse financé par le ministère du Développement Durable.

2.2 Complémentarité avec une modélisation hydrogéologique de la nappe

L'objectif est de comparer sur les écoulements en milieu saturé l'approche de recherche de URBS avec une modélisation hydrogéologique utilisant un logiciel du commerce (à priori Modflow ou Feflow). Le modèle hydrogéologique conceptuel ainsi que la géométrie du modèle s'appuieront sur les travaux de caractérisation de la géologie et du fonctionnement hydrogéologique de la zone d'étude. La modélisation hydrogéologique à réaliser devra intégrer le plus précisément possible le bâti

souterrain (sous-sols et leurs systèmes de drainage). Un travail préalable sera donc nécessaire pour préciser les caractéristiques de ces aménagements (en situations initiale et future). La prise en compte des réseaux intégrés dans URBS sera également étudiée. Les termes de recharge imposées à la surface du modèle seront soit estimés traditionnellement en fonction de l'occupation de surface et des conditions météorologiques, soit repris des résultats de URBS. Les simulations devront être réalisées en régime transitoire sur plusieurs années ; elles pourront être calées et évaluées à partir des chroniques piézométriques mesurées et du suivi de débits d'exhaure. Ce travail se fera en synergie entre plusieurs entités du Cerema.

2.3 Evaluation de l'impact des aménagements.

A partir des travaux de modélisations précédents et des observations passées et nouvelles qui seront acquises lors de cette convention, des simulations finales de l'impact de l'aménagement seront réalisées. Ces simulations devront être en continu sur plusieurs années ; elles devront porter sur l'état initial (défini comme la situation en 2011) et sur l'état aménagé en considérant la situation en 2022 (et éventuellement une situation plus tardive si besoin). Les résultats issus du modèle URBS et du modèle d'hydrogéologie seront confrontés. Les questions d'incertitudes seront aussi abordées, avec des estimations de ces incertitudes (au moins avec URBS). Ces simulations nécessiteront de conforter la description de l'état initial et de mettre à jour celle de l'état aménagé. Les résultats de URBS mettront aussi en avant distinctement le rôle sur les bilans hydrologiques des modifications de l'occupation de surface et des réseaux d'évacuation des eaux (voire de l'aménagement des sous-sols). Une application particulière sera menée avec l'étude du rôle de la palette végétale sur le bilan hydrologique de la ZAC et sur l'état hydrique des végétaux, en valorisant les améliorations du schéma d'évapotranspiration dans URBS (lien avec le projet ModelET porté par le Cerema et l'Ifsttar) et les éventuelles observations sur le stress hydrique des plantations.

Enfin, et de façon exploratoire, il sera étudié l'intérêt de modèles statistiques pour évaluer l'impact de l'aménagement (détection de tendances sur des observations comme les niveaux de nappe) et/ou pour mieux comprendre les écoulements (modèle de type Intelligence Artificielle). Ces approches de modélisations nécessitent bien sûr des chroniques d'observations longues et diverses.