

# Ville durable

pour la résilience et l'adaptation face aux  
changements climatiques

---

**23 offres des instituts Carnot MECD,  
Eau & Environnement, Clim'adapt,  
et Ingénierie@Lyon**

pour les entreprises, les collectivités  
et les acteurs de l'aménagement  
durable

## Innover pour une ville plus durable

Face aux défis croissants liés au climat, à l'urbanisation et à la transition écologique, la ville doit se réinventer. Les instituts Carnot, au travers de leur réseau “Ville durable”, accompagnent les acteurs économiques et publics dans cette transformation.

Ce portfolio présente une sélection d'offres scientifiques et technologiques pour imaginer, tester et déployer des solutions concrètes au service des territoires urbains durables.

**Vous êtes une entreprise, une collectivité ou un acteur du territoire en quête de solutions concrètes pour construire la ville de demain : plus sobre, plus résiliente, plus inclusive ?**

Ce portfolio est fait pour vous.

Il rassemble les offres de compétences, d'expertises et de technologies des instituts Carnot engagés dans le réseau thématique “Ville durable”. Leur point commun ? Un ancrage fort dans la recherche publique et une volonté partagée de co-innover avec les acteurs économiques, de la start-up au grand groupe, en passant par les collectivités territoriales.

Dans ces pages, vous trouverez un éventail d'approches et de solutions pour répondre aux enjeux majeurs des villes durables :

- Adaptation au changement climatique.
- Transition énergétique et écologique.
- Gestion raisonnée des ressources.
- Résilience des infrastructures et des territoires.
- Qualité de vie urbaine et inclusion sociale.

Chacune des fiches présente une offre Carnot opérationnelle, prête à être activée dans le cadre d'un partenariat de R&D.

Ce portfolio a pour vocation de faciliter l'émergence de projets collaboratifs et de rapprocher les mondes de la recherche et de l'innovation au service des transitions urbaines.

Le réseau thématique **Ville durable** rassemble plusieurs instituts Carnot qui conjuguent leurs expertises pour accompagner les transitions environnementales, énergétiques, numériques et sociales des territoires urbains.

Il facilite l'accès à une **recherche publique d'excellence** et à des compétences interdisciplinaires en réponse aux besoins d'innovation des entreprises et des collectivités.

Ensemble, ils proposent des **partenariats de R&D concrets**, à fort impact, pour **accélérer le déploiement de solutions durables au cœur des villes**.

Les Carnot impliqués dans ce réseau sont :

- Le Carnot MECD (matériaux et équipements pour la construction durable).
- Le Carnot Ingénierie@Lyon.
- Le Carnot Eau & Environnement.
- Le Carnot Clim'adapt.
- Le Carnot CETIM.



## 01

### Infrastructures : adaptation aux changements climatiques & nouvelles mobilités

Modèle Urbain pour l'étude du Risque d'Inondation (MURI).....	08
Platrock : simuler les chutes de blocs pour une meilleure protection des territoires.....	09
PREMHYCE, une plateforme opérationnelle pour la prévision des étiages et des sécheresses.....	10
Modélisation de la distribution spatiale de l'îlot de chaleur urbain à l'échelle locale (Projet Ingenierie@lyon ALBUS).....	11
Grid4Mobility : Plateforme multi-site pour une transition énergétique adaptée aux bâtiments.....	12
Favoriser une gestion intégrée de l'eau en ville et dans les infrastructures de transport.....	13
Méthode d'évaluation des services écosystémiques des aménagements durables de gestion des eaux pluviales.....	14

## 02

### Gestion des eaux urbaines

ELAN, une extension QGIS d'aide à la décision pour faciliter une gestion intégrée des eaux urbaines par des solutions fondées sur la nature.....	16
UDMT - Urban Drainage Metrology Toolbox : un logiciel pour faciliter l'adoption des bonnes pratiques métrologiques en hydrologie urbaine.....	17
Évaluation des performances de solutions pour la gestion intégrée des eaux pluviales urbaines.....	18
Évaluer et améliorer la résilience des services publics d'eau et d'assainissement.....	19
Projet SysGEP : mise en œuvre de l'approche de dynamique des systèmes en aide aux choix stratégiques et de gestion des ouvrages d'eaux pluviales.....	20
Réutilisation des eaux usées traitées (REUT) : une ressource pour des territoires sobres et résilients.....	21

# 03

## Bâtiments

Laboratoire commun EDF-CETHIL BHEE (Bâtiments à Haute Efficacité Energétique).....	24
Des recherches de pointe au sein du bâtiment LUMEN : ingénierie des matériaux et des bâtiments intelligents.....	25
Laboratoire commun Thermique Énergétique du Bâtiment (TEBLab) entre le CETHIL et CSTB.....	26
Évaluation des performances hygrothermiques.....	27
Caractérisation des agressions environnementales.....	28
Conception et caractérisation de produits, de systèmes constructifs ou d'ouvrages mixte.....	29
Plateforme économie circulaire : catalyseur de solutions constructives circulaires.....	30

# 04

## Usagers et collectivités

Living Lab Anthares : Nature-based solutions in ANTHropized environments to promote Adaptation and RESilience.....	32
Construire des villes fraîches par et pour leurs usagers pour favoriser la santé des habitants dans un environnement durable.....	33
Innovations et Solutions pour lutter contre la Surchauffe Urbaine (projet national ISSU).....	34
Comment la végétation et son arrosage peuvent atténuer les phénomènes de surchauffe urbaine ?.....	35
Le traitement décentralisé des eaux non conventionnelles pour l'irrigation des espaces verts de la Ville d'Agen.....	36
Évaluation du potentiel de désimperméabilisation et mise en place d'une stratégie par les collectivités.....	37
<b>Pour aller plus loin : d'autres projets à explorer.....</b>	<b>38</b>
<b>Les Carnot du réseau Ville durable.....</b>	<b>42</b>

Sommaire



# 01



Infrastructures : adaptation  
aux changements climatiques  
& nouvelles mobilités

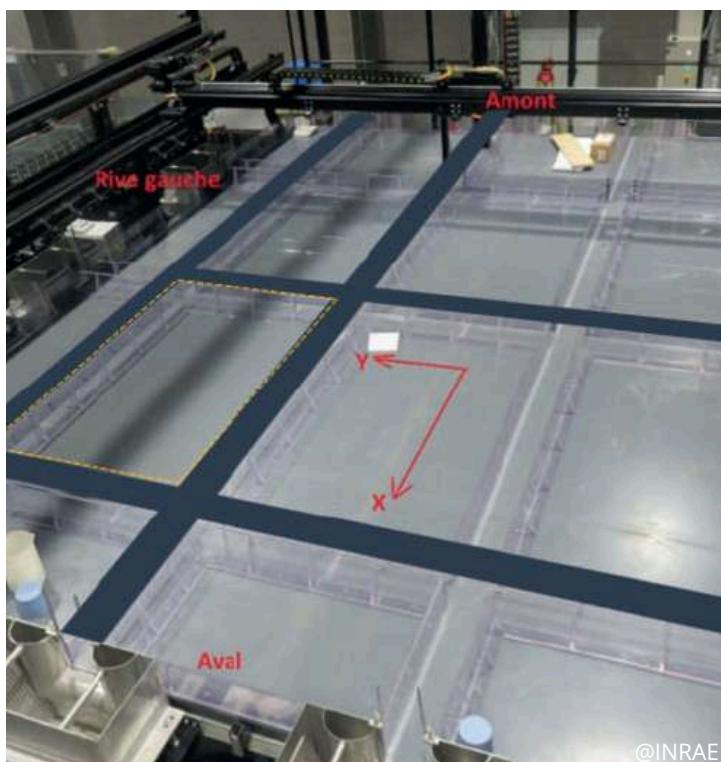
# Modèle Urbain pour l'étude du Risque d'Inondation (MURI)

## Objectifs / cible

Le Modèle Urbain pour l'étude du Risque d'Inondation (MURI) est une plateforme inclinable selon deux directions, qui permet de simuler des écoulements dans un réseau de rues (modulable, actuellement 3 rues x 3 rues). Elle permet également de simuler des échanges d'eau entre rues (étage supérieur) et réseau d'assainissement (étage inférieur) qui peuvent être connectés verticalement. MURI peut également être équipé d'un simulateur de pluie (en surplomb du réseau de rues).

Ce modèle peut être utilisé :

- Pour la compréhension des processus physiques d'inondations en ville.
- Pour la validation et le calage d'outils de simulations numériques bidimensionnels (2D), tridimensionnels (3D), ou 1D (réseau d'eau usée) - 2D (écoulements en surface) des collectivités, des aménageurs et des bureaux d'étude.



@INRAE

## Unité de recherche impliquée

RIVERLY (INRAE)

Sébastien PROUST - sebastien.proust@inrae.fr

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

L'outil permet de mesurer :

- Les vitesses de l'eau en surface (outil Fudaa Large-scale PIV développée par Inrae et EDF).
- Les vitesses à l'intérieur de la colonne d'eau (sondes ADV side-looking).
- Les hauteurs d'eau (sondes à ultra son).
- Les débits en entrée ou en sortie de rue et dans le réseau d'assainissement.

Compte tenu de ses multiples degrés de libertés (12 cuves d'alimentation/sortie en surface, pentes longitudinale et transversale modulables, connexion verticale au réseau d'eau usée par des avaloirs), MURI est un outil d'étude des inondations urbaines de premier rang au niveau mondial.

Des exemples de résultats expérimentaux comparés à des simulations numériques sont présentés dans la rubrique "en savoir plus" ci-dessous.

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités

Il peut être utilisé dans le cadre de projets partenariaux avec collectivités territoriales et d'entreprises autour de la modélisation expérimentale des inondations urbaines et des pollutions qu'elles génèrent.

### En savoir plus

<https://riverhydraulics.riverly.inrae.fr/recherche/inondation-en-ville>



# Platrock : simuler les chutes de blocs pour une meilleure protection des territoires

Unité de recherche impliquée

IGE - Institut des Géosciences de l'Environnement (INRAE)

Franck Bourrier - franck.bourrier@inrae.fr

## Objectifs / cible

Les chutes de blocs rocheux menacent les territoires de montagne, et en particulier les habitations et axes de transport. L'évaluation du risque rocheux nécessite des outils fiables pour caractériser la propagation des blocs rocheux sur le versant, jusqu'aux zones habitées ou infrastructures potentiellement exposées. Cette caractérisation s'appuie sur des outils numériques permettant de simuler la propagation des blocs et dont les résultats statistiques permettent à la fois d'identifier les zones exposées à cet aléa et de concevoir des ouvrages de protection. Platrock est une plateforme permettant aux différents acteurs concernés par le risque rocheux de réaliser de telles simulations, en mettant à leur disposition différents outils, dans un même environnement.

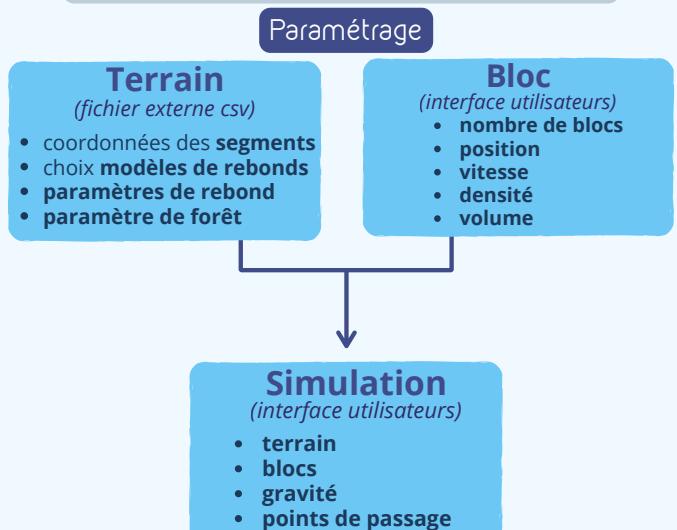
## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

La plateforme Platrock a été développée sur la base des connaissances scientifiques solides relatives à la mécanique du rebond des blocs rocheux sur terrain naturel qui ont été acquises par l'équipe depuis plus de 20 ans. Depuis le début de son développement, rendu possible grâce à l'abondement Carnot, la plateforme est régulièrement améliorée par ajout de fonctionnalités et modèles mécaniques de rebond. Outre son accès libre, Platrock a ainsi pour originalité de proposer différentes approches de modélisation et modèles de rebond et de proposer deux interfaces de travail selon le besoin et l'expertise de l'utilisateur.

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Platrock offre la possibilité de réaliser des simulations de propagation de blocs rocheux, permettant le zonage de l'aléa et le design d'ouvrages de protections. L'accès à la plateforme est gratuit sur demande mais une formation comprenant des aspects théoriques et pratiques est fortement recommandée. La plateforme est également utilisée pour la formation initiale, notamment d'étudiants de niveau master ainsi que pour la formation continue d'ingénieurs travaillant essentiellement au sein d'établissements publics mais aussi de bureaux d'études privés.

## Diagramme de fonctionnement du code



## En savoir plus

<http://doc.platrock.org/Fonctionnement.html>

# PREMHYCE, une plateforme opérationnelle pour la prévision des étiages et des sécheresses

## Objectifs / cible

En France, 80% des prélèvements sont réalisés dans les eaux de surface. Ils répondent à une large gamme de besoins : production d'énergie, alimentation des canaux, adduction en eau potable, agriculture, etc. Mieux prévoir les sécheresses est un enjeu majeur pour la protection des milieux naturels et pour ces différents secteurs d'activité, de manière à limiter les impacts des périodes de pénurie d'eau. La plateforme PREMHYCE répond à ce besoin, en fournissant en continu des prévisions de débit en rivière à l'échelle du territoire national, avec des échéances allant de quelques jours à quelques semaines. Ces prévisions permettent d'anticiper le franchissement des seuils de gestion des étiages. Elles sont destinées aux services de l'Etat et aux acteurs publics de l'eau, pour aider à une gestion prévisionnelle de la ressource.

## Unités de recherche impliquées

### HYCAR (INRAE)

Équipe Hydrologie des bassins versants :  
 François Tilmant - francois.tilmant@inrae.fr  
 François Bourgin - francois.bourgin@inrae.fr  
 Charles Perrin - charles.perrin@inrae.fr

### Consortium PREMHYCE

INRAE (coord.), BRGM, EDF, Météo-France, Université de Lorraine

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

PREMHYCE est le fruit d'une collaboration de long terme initiée par l'Office français de la biodiversité et la Direction de l'eau et de la biodiversité. Elle repose sur une approche probabiliste innovante, permettant de fournir des prévisions probabilistes de débit, dont l'efficacité et les performances sont progressivement améliorées par diverses actions de recherche. PREMHYCE met en œuvre cinq modèles hydrologiques, alimentés par des ensembles de scénarios météorologiques, afin d'estimer les risques de passer sous les seuils d'étiage.

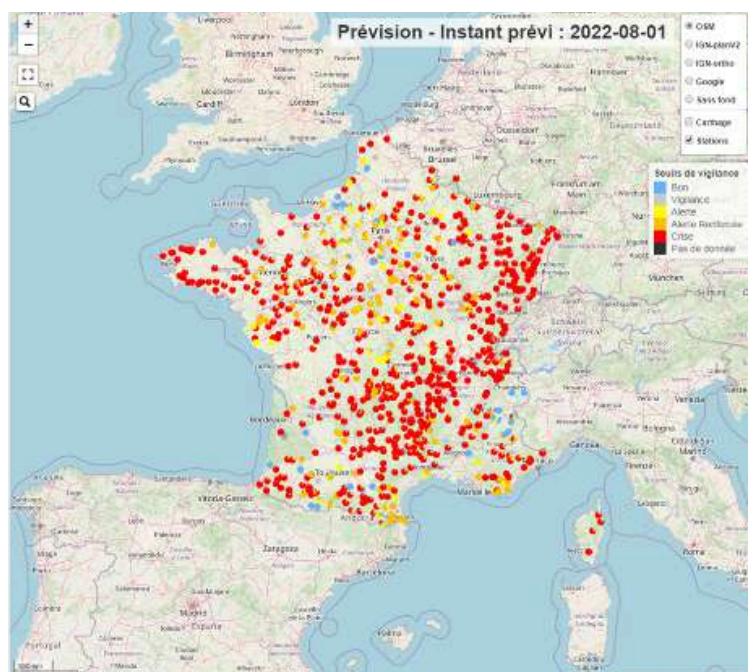
## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

PREMHYCE produit des prévisions sur près de 1300 stations pour les services de l'Etat, les collectivités et les gestionnaires de l'eau. Une ouverture de la plateforme est envisagée pour faciliter son utilisation par une gamme plus large d'acteurs.

### En savoir plus

[https://webgr.inrae.fr/  
recherches/projets/premhyce](https://webgr.inrae.fr/recherches/projets/premhyce)

<https://revue-set.fr/article/view/7297>



# Modélisation de la distribution spatiale de l'îlot de chaleur urbain à l'échelle locale (Projet Ingenierie@lyon ALBUS)

## Unités de recherche impliquées

**LMFA**  
Lionel SOUHLAC

**CETHIL**  
Lucie MERLIER, Frédéric KUZNIK,  
Damien DAVID

### Objectifs / cible

Prédiction opérationnelle de l'îlot de chaleur urbain en configuration réaliste et à échelle urbaine.

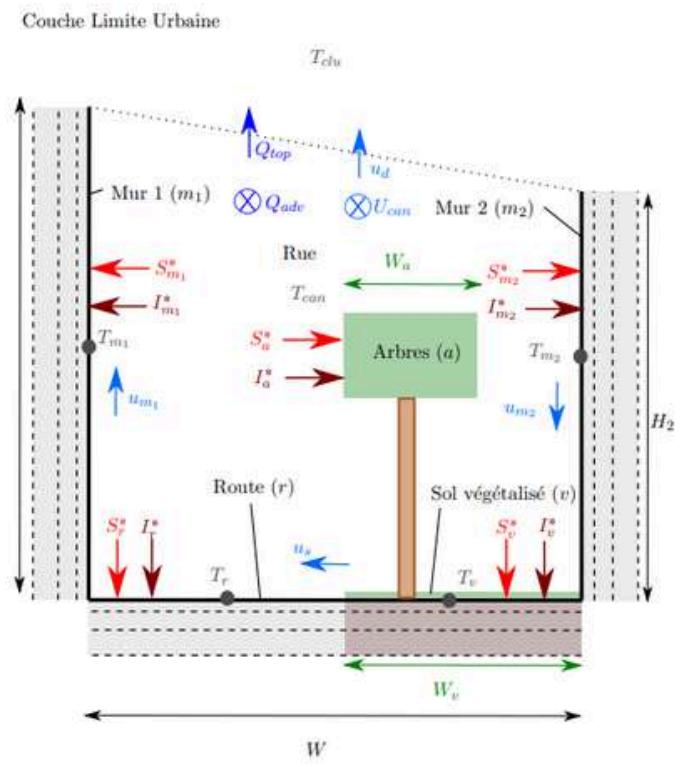
### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

- Adaptation et application de l'approche par réseau de rues (avec géométrie 3D) issue de la communauté de la dispersion de polluants pour une application de thermique urbaine.
- Calcul de la distribution de l'ICU à partir de données urbaines et de données météorologiques rurales grâce à des prétraitements météorologique et géométrique.

### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

- Partenariats courts (< 1 an) via des stages élèves-ingénieurs, des prestations directes, accès à des plateformes de caractérisation des propriétés thermo-physiques des matériaux.
- Partenariats longs entre 1 an et 3 ans (post-doc, thèses).
- Partenariats pérennes (4 à 5 ans) comme les laboratoires communs, les chaires industrielles.
- Possibilités de cartographie pour la simulation de la qualité de l'air en milieu urbain via le logiciel SIRANE : <https://www.insa-lyon.fr/es/noticias/pollution-atmospherique-mesurer-les-risques-grace-la-modellisation-cartographique>

En savoir plus



Thèse Julie Soriano, soutenue en 2023

# Grid4Mobility

## Plateforme multi-site pour une transition énergétique adaptée aux bâtiments

### Unités de recherche impliquées

**AMPERE** : Hervé MOREL, Margot GAETANI-LISEO, Eric ZAMAÏ

**CETHIL** : Hervé PABIOUT, Frédéric KUZNIK ; **LAMCOS** : Didier REMOND

**LIRIS** : Yann GRIPAY, Marian SCUTURICI ; **INL** : Mohamed AMARA

**Licit-ECO7** : Emmanuel VINOT ; **LAET** : Ouassim MANOUT

**COSIS-IMSE** : Gilney DAMM

Objectifs / cible

Le projet Grid4Mobility a pour objectif de développer une approche systémique pour analyser et optimiser la gestion de l'énergie et de l'information au sein d'un réseau énergétique intégrant des véhicules électriques, des systèmes de stockage d'énergie et des bâtiments. Il est composé de deux démonstrateurs (La Doua et Transpolis) et d'équipements de recherche dans les laboratoires.

### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Grid4Mobility est fondé sur une démarche originale de la source aux systèmes en passant par le contrôle et la gestion des réseaux. Il est réparti sur deux sites :

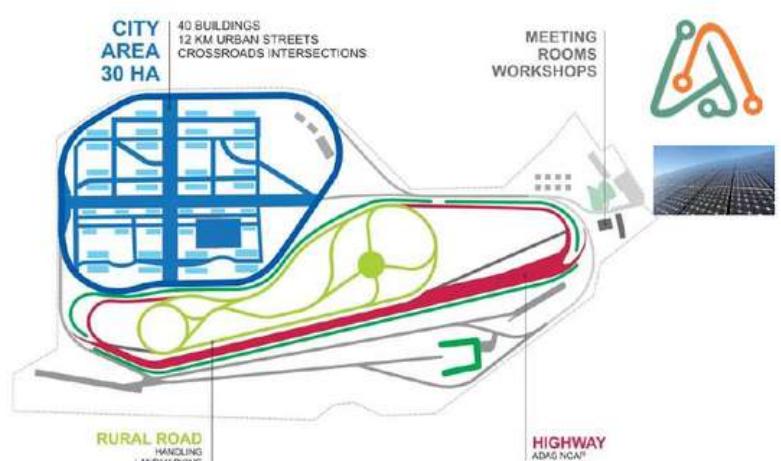
- Un site académique, situé sur le campus de la Doua à Villeurbanne, disposant de nombreux équipements installés dans les laboratoires et d'un démonstrateur bâtiment solaire – réseau – électromobilité qui sera implanté dans le bâtiment Archimède qui abrite la direction du patrimoine immobilier (DPI) de l'INSA-LYON.
- Le site de Transpolis, situé sur la commune de Saint-Maurice-de-Rémens à 40 km de Lyon, donnant accès à des pistes routières et urbaines pour faire évoluer des véhicules électriques lourds, autonomes ou non homologués dans un environnement réaliste mais protégé.

Grid4Mobility permettra de réaliser des tests, une optimisation et une évaluation dans un environnement réel intégré complet. Ce projet s'inscrit dans une démarche de science ouverte incluant le partage des données, la mutualisation des expérimentations et des équipements.

### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Financé dans le cadre du CPER 2021-2027, le budget total du projet est de 3,8 M€ financé par la Région Auvergne Rhône-Alpes, la Métropole de Lyon, l'Etat au travers de la délégation régionale académique à la recherche et à l'innovation (DRARI), les établissements et le CNRS.

### Démo Transpolis



En savoir plus

<https://www.insa-lyon.fr/fr/grid4mobility>



# Favoriser une gestion intégrée de l'eau en ville et dans les infrastructures de transport

**Unité de recherche impliquée**

Cerema, Direction technique Risques, Eaux, Mer

dtecrem.cerema@cerema.fr

## Objectifs / cible

Lorsque les villes concentrent 80 % de la population française, la gestion de l'eau en milieu urbain constitue un enjeu majeur pour les collectivités, confrontées notamment aux défis suivants :

- Alimenter et assainir les villes.
- Gérer le risque d'inondation (ruissellement et débordement).
- Assurer la gestion patrimoniale des réseaux.
- Préserver et valoriser la ressource (qualité du cadre de vie, intégration de l'eau en milieu urbain, développement de la réutilisation de l'eau).

Les impacts socio-économiques associés sont significatifs, en raison de demandes sociétales croissantes et d'un cadre réglementaire de plus en plus exigeant. Axé sur l'innovation, le Cerema développe des solutions pour une gestion intégrée de l'eau, enjeu essentiel pour les collectivités en charge de l'aménagement de leur territoire : gestion des eaux pluviales et de l'assainissement, entretien et performance des réseaux, qualité des milieux aquatiques, prévention des inondations, etc.

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

En cohérence avec les actions menées par le Cerema sur les services écosystémiques, l'intégration de la nature en ville et la renaturation des sols, l'établissement accompagne les collectivités locales dans leurs démarches en faveur d'une gestion intégrée de l'eau pour l'aménagement du territoire.

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Développement et évaluation de dispositifs innovants de maîtrise des eaux pluviales (hydrologie, polluants, biodiversité...) : conduite d'activités de recherche opérationnelle, sites pilotes, démonstrateurs physiques et numériques, planches expérimentales, outils d'aide à la conception, au dimensionnement et à la gestion des eaux pluviales urbaines et provenant d'infrastructures de transport.



© DR

## En savoir plus

[Favoriser une gestion intégrée de l'eau en ville et dans les infrastructures de transport](#)



# Méthode d'évaluation des services écosystémiques des aménagements durables de gestion des eaux pluviales

Unité de recherche impliquée

Cerema,  
Directions territoriales Sud-Ouest, Est et Île-de-France  
Muriel SAULAISS - muriel.saulais@cerema.fr

## Objectifs / cible

L'outil est composé de matrices rassemblant aménagements de gestion des eaux pluviales et indicateurs pour évaluer les services écosystémiques. Il s'agit de valoriser les solutions durables de gestion des eaux pluviales et d'inciter les collectivités et aménageurs à déployer ces aménagements.

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

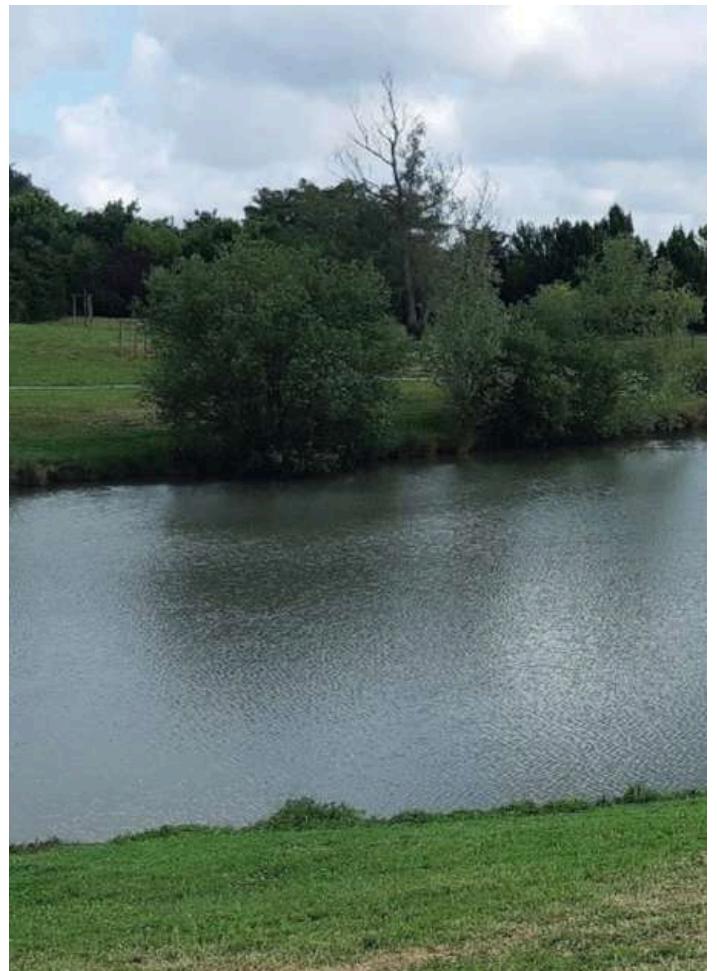
- Développement d'un outil innovant intégrant la notion de services écosystémiques liés aux aménagements de gestion des eaux pluviales (services de régulation, services culturels).
- Poursuite des travaux vers la conception d'un outil d'aide à la décision destiné à orienter le choix de solutions durables de gestion des eaux pluviales en fonction des bénéfices recherchés.

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Déploiement de l'outil d'évaluation des bénéfices écosystémiques auprès de Toulouse Métropole et de la Ville de La Rochelle.

## En savoir plus

[Fiches sur la gestion intégrée de l'eau en milieu urbain](#)



© Cerema

# 02



## Gestion des eaux urbaines

# ELAN, une extension QGIS d'aide à la décision pour faciliter une gestion intégrée des eaux urbaines par des solutions fondées sur la nature

Unité de recherche impliquée

**REVERSAAL (INRAE)**

Pascal MOLLE - pascal.molle@inrae.fr  
 Nicolas FORQUET - nicolas.forquet@inrae.fr  
 Gabrielle FAVREAU - gabrielle.favreau@inrae.fr

## Objectifs / cible

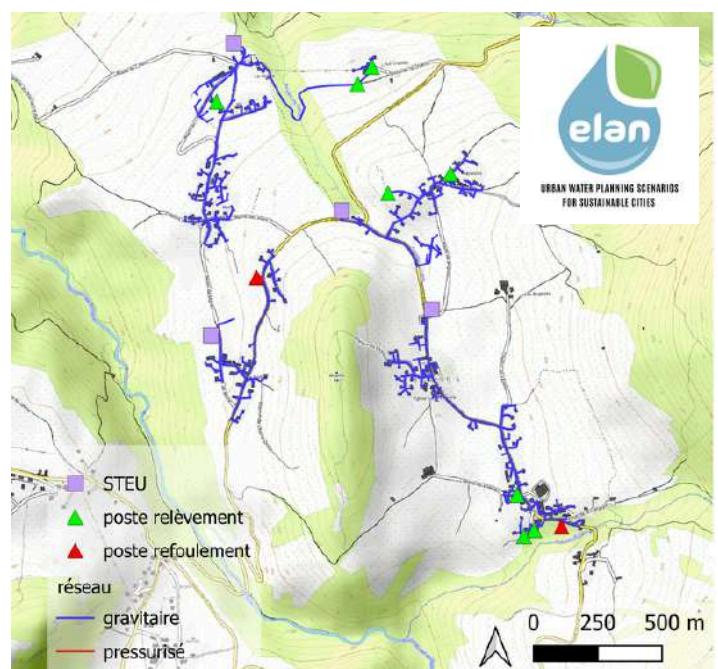
L'outil ELAN s'inscrit dans un objectif d'adaptation des villes au changement climatique. Ce défi territorial repose en partie sur la mise en œuvre d'une gestion intégrée des eaux urbaines (usées et pluviales) par des solutions fondées sur la nature en questionnant le degré optimum de décentralisation afin de réduire les risques de déversements du réseau, minimiser les coûts et les impacts, apporter des services écosystémiques et favoriser la réutilisation des eaux traitées. Adressé aux bureaux d'études, collectivités et décideurs publics, ELAN vise à optimiser, pré-dimensionner et faciliter la définition de scénario de gestion intégrée des eaux urbaines sur un territoire pour le rendre à terme plus durable et résilient. Il permet à l'utilisateur de créer et explorer différents scénarios non conventionnels en vue d'éclairer sa prise de décision.

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Pensé avec une structure modulaire, ELAN regroupe les avancées de plusieurs projets de recherche et permet ainsi à l'utilisateur d'explorer des scénarios qui envisagent la gestion intégrée des eaux urbaines dans sa globalité et sa complexité. L'utilisateur est acteur par la retranscription de sa connaissance terrain et la prise de décision finale éclairée par une analyse multicritère. ELAN a vocation à évoluer pour intégrer de nouvelles potentialités et s'inscrit dans le mouvement des logiciels libres afin d'accélérer l'adoption d'innovations et d'en permettre la diffusion rapide.

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités

Les développements d'ELAN sont en cours et ont permis l'obtention d'une beta version. La mise à l'épreuve de la beta version et la co-construction des développements futurs impliquent la collaboration avec des acteurs socio-économiques volontaires.



En savoir plus



# UDMT - Urban Drainage Metrology Toolbox :

## un logiciel pour faciliter l'adoption des bonnes pratiques métrologiques en hydrologie urbaine

### Unités de recherche impliquées

#### DEEP (INSA)

Jean-Luc BERTRAND-KRAJEWSKI  
jean-luc.bertrand-krajewski@insa-lyon.fr  
Mathieu LEPOT - mathieu.lepot@upum.fr

#### ALISON

Nicolas INVERNON - n.invernon@alison-envir.com

### Objectifs / cible

La métrologie des infrastructures d'assainissement urbain est cruciale pour leur gestion, conception et modélisation. Pourtant, la qualité des pratiques reste souvent insuffisante. Pour y remédier, l'UDMT (Urban Drainage Metrology Toolbox), développée dans le cadre du projet européen H2020 Co-UDIabs, propose un outil logiciel gratuit, en ligne et open source. Il offre des méthodes coordonnées pour l'étalonnage des capteurs, la correction, la validation et l'évaluation des incertitudes des données.

### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Le logiciel UDMT offre plusieurs originalités et fonctionnalités avancées, par exemple :

- Calculs automatisés de fonctions d'étalonnage et de corrélation pour les capteurs, et leur utilisation directe pour la correction des données brutes.
- Calcul entièrement automatisé des incertitudes, par différentes méthodes (Type A, Type B, Monte-Carlo, variogramme pour les valeurs cumulées).
- Interface très simple d'emploi : l'utilisateur travaille uniquement avec des fichiers textes, tous les calculs sont entièrement réalisés par le logiciel.

### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités

Des formations peuvent être mises en place sur le logiciel UDMT, ses méthodes, sa prise en main et son utilisation, avec des exemples d'application variés, y compris ceux apportés par les participant·e·s à la formation.

Des partenariats sont possibles avec l'INSA Lyon pour développer de nouvelles fonctionnalités.

### En savoir plus

Vers la version en ligne



Vers la version exe à installer et le manuel utilisateur

The screenshot shows the UDMT software interface. At the top, there's a menu bar with "MATLAB App", "Aide", "Langue", and "À propos de". Below the menu is a logo for "Co-UDIabs" featuring a stylized green water drop icon. The main area has several sections: "Étalonnage de capteurs / Corrélation", "Correction d'étalonnage / de corrélation", "Estimation des incertitudes", "Validation des données", and "Tracages". A central diagram illustrates the data flow: "Raw data" (import) leads to "Connected data" (correction & calibration), which leads to "Pre-validated data" (automated pre-validation tests). This then leads to "Validated data" (final validation) and finally "Completed data" (substitution filling). To the right, there's a "Manuel utilisateur et fichiers" section and a graph showing a time series plot of TDS concentration (mg/l) over time (May 10, 2018).

# Évaluation des performances de solutions pour la gestion intégrée des eaux pluviales urbaines



## Unités de recherche impliquées

### Équipe de recherche TEAM

(Transferts et interactions liés à l'eau en milieu construit)

### Cerema, Directions territoriales Île-de-France et Est

Emmanuel BERTHIER - emmanuel.berthier@cerema.fr

## Objectifs / cible

Les solutions de gestion intégrée des eaux pluviales urbaines se développent avec des conceptions très variées, dans des contextes hydroclimatiques divers, et visent des performances multiples (hydrauliques, climatiques, traitement, etc.). Les compétences du Cerema dans le domaine de l'observation et de la modélisation numérique permettent à un fabricant d'évaluer et d'optimiser sa solution, à un bureau d'études de mieux concevoir et dimensionner, et à un maître d'ouvrage d'estimer les performances in situ de solutions.

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Les protocoles expérimentaux, les modèles numériques utilisés sont définis avec le(s) partenaire(s) et déclinés pour chaque solution à évaluer. Le Cerema assure le suivi expérimental, produit un rapport final d'évaluation détaillé, et met à disposition les mesures analysées et/ou les modèles développés.



Evaluation d'un filtre planté de roseaux pour traiter les eaux pluviales  
© Ville de Paris

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Les moyens mis en œuvre tirent parti des dernières connaissances et méthodes scientifiques sur l'évaluation des performances grâce à deux types d'outils : des mesures fiables et robustes, et/ou des modèles numériques validés.

## En savoir plus

Trois plateformes du Cerema permettant l'évaluation de solutions :

- L'expertise en chimie analytique au service de l'environnement et des matériaux du génie civil
- Plateforme de caractérisation des propriétés physiques et des performances écologiques des toitures végétalisées
- Plateforme d'évaluation des phénomènes climatiques du milieu urbain

Deux exemples de travaux :

- Évaluation d'une toiture végétalisée à zéro rejet, avec la société Siplast et l'agence de l'eau Loire-Bretagne
- Projet Life Adsorb, tester une solution pour réduire les charges de polluants des eaux pluviales via des filtres plantés de roseaux



Retrouvez nos articles sur la page actualités du Cerema

# Évaluer et améliorer la résilience des services publics d'eau et d'assainissement

## Unités de recherche impliquées

Cerema – Direction technique Risques, Eaux, Mer, et Direction territoriale Centre Est, ainsi que l'ensemble des Directions territoriales  
 christine.feray@cerema.fr/dtcrem.cerema@cerema.fr

### Objectifs / cible

La méthode Score Card permet aux collectivités et EPCI exerçant les compétences eau potable et assainissement de mesurer la résilience de leurs services, dans le contexte de changement climatique. Elle met en évidence points forts et axes de progrès, valorise les actions déjà engagées et aide à définir une trajectoire d'adaptation. Les résultats, exprimés sous forme de notes (A à E), offrent une vision claire et partagée pour renforcer durablement la qualité du service public et la préservation des ressources en eau.

### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Il s'agit d'une méthode simple et pédagogique, co-développée avec Veolia, fondée sur une évaluation multicritère par indicateurs. Elle combine analyse technique, organisationnelle et territoriale, et permet de projeter l'impact d'actions futures. L'outil numérique en libre accès garantit une appropriation autonome par les collectivités.

### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Le Cerema propose un accompagnement sur mesure pour la collecte et l'analyse de données, l'évaluation Score Card et la définition d'une trajectoire de progrès pour accroître la résilience du service d'eau ou d'assainissement.



### En savoir plus

Communiqué de presse : [Score Card Résilience Eau](#)

# Projet SysGEP : mise en œuvre de l'approche de dynamique des systèmes en aide aux choix stratégiques et de gestion des ouvrages d'eaux pluviales



## Unité de recherche impliquée

Cerema,  
Direction territoriale Centre-Est  
Catherine NEEL - catherine.neel@cerema.fr  
David GOUTALAND david.goutaland@cerema.fr  
Université Gustave Eiffel  
INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture,  
l'alimentation et l'environnement).

### Objectifs / cible

L'approche systémique proposée est une démarche de recherche-action visant à aider les collectivités à définir leur stratégie de gestion des eaux pluviales.

### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Développement prévu en partenariat avec des collectivités, lors d'accompagnement de leur stratégie de gestion des eaux pluviales (TRL 4-5).



### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

- La modélisation dynamique des systèmes permet d'appréhender la complexité grâce à une analyse globale des relations entre les différents éléments du système.
- Appliquée à la gestion des eaux pluviales, cette approche favorise l'intégration de connaissances variées (données de terrain, résultats de modèles déterministes, expertise des gestionnaires), l'identification des effets de rétroaction et l'implication des nombreux acteurs concernés (services eau-assainissement, gestion des milieux aquatiques, voirie, entretien des espaces verts, etc.).
- Elle contribue ainsi à aider les collectivités à choisir le système le plus efficient à long terme ou à optimiser les opérations d'entretien et de maintenance de leur système actuel.

### En savoir plus

[Apport de la modélisation dynamique des systèmes pour l'évaluation de scénarios d'entretien des techniques alternatives](#)



# Réutilisation des eaux usées traitées (REUT) : une ressource pour des territoires sobres et résilients

**Unité de recherche impliquée**

Cerema – Direction technique Risques, Eaux, Mer et directions territoriales.

**Directions territoriales**

Une vingtaine d'agents formés mobilisés

christine.feray@cerema.fr/olivia.martin@cerema.fr

## Objectifs / cible

Face aux sécheresses récurrentes et aux tensions sur la ressource, la REUT permet d'anticiper les conflits d'usage, de préserver l'eau potable pour les besoins prioritaires et d'assurer la continuité des activités agricoles, industrielles ou touristiques. Le Cerema accompagne l'État et les collectivités (métropole et DROM) via un appui méthodologique, des études d'opportunité, des outils pratiques, ainsi qu'une communauté de partage d'expériences et des formations.

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

- Développement de méthodologies innovantes permettant de cibler l'opportunité du recours à la REUT en fonction des milieux et des usages.
- Capitalisation des retours d'expérience territoriaux et diffusion de guides pratiques et de ressources opérationnelles.
- Intégration de la REUT dans des stratégies globales d'adaptation au changement climatique et de protection des écosystèmes (littoral, nappes, zones de baignade).

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

- Appui technique, méthodologique et opérationnel pour accompagner le développement de projets de REUT.
- Formations, en partenariat avec des acteurs publics (collectivités, État, opérateurs) et privés (bureaux d'études, etc.).



© Cerema

## En savoir plus

[Economie et partage des ressources en eau : une série de fiches du Cerema](#)





# 03

## Bâtiments

# Laboratoire commun EDF-CETHIL

## BHEE (Bâtiments à Haute Efficacité Energétique)

Objectifs / cible

- EDF et le CETHIL ont associé leurs efforts de recherche dans un Laboratoire Commun sur les Bâtiments à Haute Efficacité Energétique.
- Le Laboratoire Commun permet de développer des actions innovantes dans le domaine des économies d'énergie et de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, tant pour ce qui concerne les constructions neuves que pour la rénovation des bâtiments. Son domaine d'étude s'étend de l'intégration des énergies renouvelables à l'optimisation globale des besoins énergétiques.

### Les Thèmes de recherche couvrent

- Méthodes avancées pour la modélisation de l'efficacité énergétique.
- Modélisation du bâtiment dans la ville.
- Optimisation des systèmes énergétiques et de stockage.
- Photovoltaïque et intégration des ENR.

### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

- Modélisation avancée basée sur l'IA – machine learning – pour la prédiction de la demande en puissance des bâtiments.
- Modélisation du microclimat pour l'adaptation des bâtiments au changement climatique : énergie et confort.
- Groupe frigorifique innovant au CO<sub>2</sub> transcritique.
- Optimisation du productible de centrales photovoltaïques flottantes.

**En savoir plus**



### Unités de recherche impliquées

#### Équipe THEBE

Thermique et énergétique du bâtiment et de leur environnement

#### Équipe ETHIS

Thermique et énergétique des systèmes industriels

### Brevet

Baptiste Amiot, Rémi Le Berre, Stéphanie Giroux-Julien, Hervé Pabiou.

Procédé de détermination d'une densité de flux thermique convectif en face avant d'un module.

France, n° de brevet : FR2206651. 2022.

<hal-04287302>

### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

- Partenariats courts (< 1 an) via des stages élèves-ingénieurs, des prestations directes, accès à des plateformes de caractérisation des propriétés thermo-physiques des matériaux.
- Partenariats longs entre 1 an et 3 ans (post-doc, thèses).
- Partenariats pérennes (4 à 5 ans) comme les laboratoires communs, les chaires industrielles.

## LABORATOIRE COMMUN EDF-CETHIL BHEE



# Des recherches de pointe au sein du bâtiment LUMEN : ingénierie des matériaux et des bâtiments intelligents

## Unités de recherche impliquées

<b>ENTPE</b> Laboratoire Énergie électrique, Bioingénierie, Automatique
<b>INSA</b> LTDS (Laboratoire Tribologie et Dynamique des Systèmes)

### Objectifs / cible

Déployer un espace de recherche et d'innovation dédié à la lumière, au croisement de la science, de la technologie et de l'aménagement urbain. Le bâtiment LUMEN vise à rapprocher chercheurs, industriels et acteurs publics autour des enjeux d'éclairage, de confort visuel et de performance énergétique.

### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

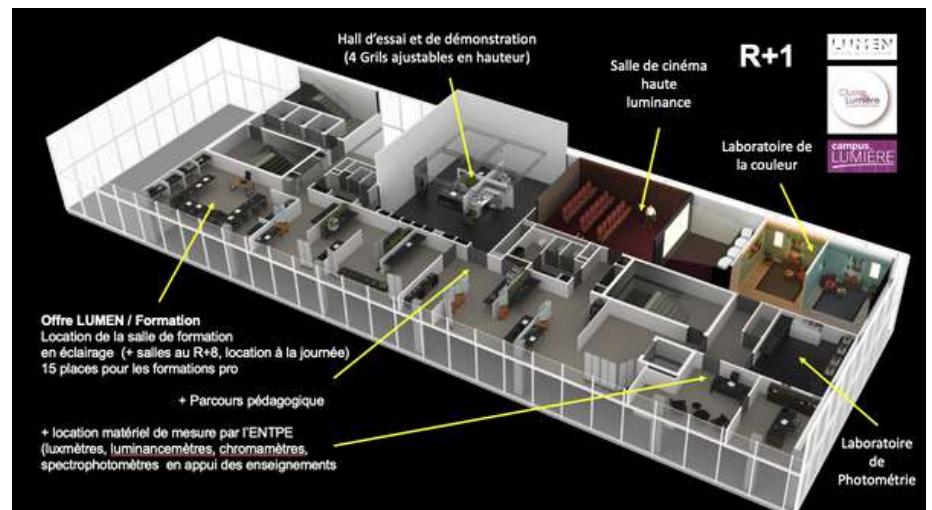
- Perception visuelle et éclairage durable : le LTDS étudie l'impact de la lumière sur le confort visuel, l'éblouissement et l'apparence des objets.
- Projet LUMIERE : le laboratoire contribue au développement de solutions d'éclairage durable, notamment via la technologie LED.
- Caractérisation optique des matériaux : il mesure les propriétés optiques des matériaux (réflectance ; transmittance ; colorimétrie) pour optimiser leur performance.
- L'analyse et la simulation spectrale : de la lumière et des matériaux, avec comme application la réduction des îlots de chaleur urbains.

### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Le bâtiment LUMEN propose une offre de collaboration souple et modulable.

Les entreprises et collectivités peuvent accéder aux équipements pour mener des tests, développer ou évaluer des prototypes, ou encore organiser des démonstrations dans un cadre scientifique. LUMEN accueille également des projets de R&D collaboratifs, avec un accompagnement technique et scientifique par les équipes de l'ENTPE.

Enfin, des espaces de coworking et un showroom permettent de valoriser les innovations et de favoriser les échanges entre acteurs publics et privés.



En savoir plus



# Laboratoire commun Thermique Énergétique du Bâtiment (TEBLab) entre le CETHIL et CSTB

**Unité de recherche impliquée**

CETHIL

Lucie MERLIER

Cédric GALIZZI

## Objectifs / cible

Le laboratoire commun TEBLab entre le CSTB et le CETHIL, adresse deux axes majeurs : les surchauffes urbaines et la sécurité incendie.

Le CETHIL travaille à la compréhension des mécanismes scientifiques via des modélisations et des mesures, à une échelle laboratoire, mais également en situations réelles.

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

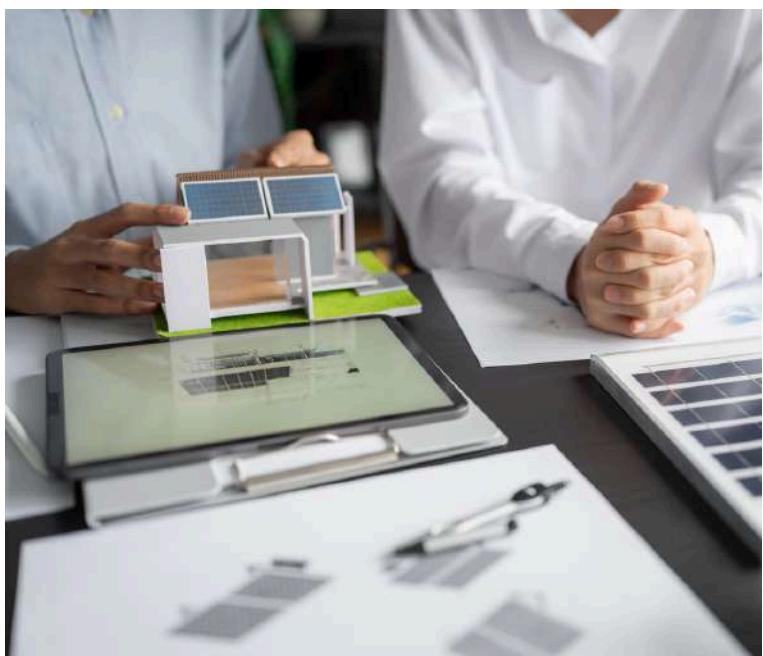
Le laboratoire commun va travailler sur l'évaluation et la maîtrise du risque sanitaire induit par les épisodes climatiques de forte chaleur.

Plus spécifiquement il s'agit de travailler sur la caractérisation des surchauffes internes ou/et externes au bâtiment, ou au contraire d'ambiances demeurant plus fraîches en période de forte chaleur, via des approches de modélisation/simulation numérique ou expérimentale, et d'étudier la vulnérabilité sanitaire et de la capacité d'adaptation des personnes durant ces épisodes climatiques, par la modélisation numérique, les enquêtes de terrain voire la participation citoyenne.

Les travaux communs et les thèses qui vont être réalisées dans le cadre du laboratoire commun TEBLab fourniront des indicateurs et outils d'aide à la décision ainsi que des guides et supports pédagogiques pour soutenir l'action publique, les pratiques des professionnelles et les comportements individuels.

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

- Partenariats courts (< 1 an) via des stages élèves-ingénieurs, des prestations directes, accès à des plateformes de caractérisation des propriétés thermo-physiques des matériaux.
- Partenariats longs entre 1 an et 3 ans (post-doc, thèses).
- Partenariats pérennes (4 à 5 ans) comme les laboratoires communs, les chaires industrielles.



**En savoir plus**  
[www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

# Évaluation des performances hygrothermiques

## Unités de recherche impliquées

**LMDC** (Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions)

**Institut Pascal**

**Cerib** (Centre d'études et recherches de l'industrie du béton)

**CTICM** (Centre industriel de la construction métallique)

**CTMNC** (centre technique des matériaux naturels de construction)

**FCBA** (Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement)

### Objectifs / cible

Notre offre « Évaluation des performances hygrothermiques » s'adresse aux maîtres d'ouvrage, architectes, bureaux d'études, fabricants de matériaux et entreprises du bâtiment souhaitant optimiser la conception de l'enveloppe de leurs projets. Elle permet, moyennant des études expérimentales et numériques multi-échelle, d'analyser en détail les dynamiques de transfert hydrique et thermique de chaque composant, d'identifier les risques de condensation et de garantir une performance durable et conforme aux exigences réglementaires et environnementales.

### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

- Approche globale et multi-échelle : analyse fine de chaque matériau et des assemblages multi-matériaux.
- Évaluation des interactions entre composants : modélisation précise des transferts hygrothermiques de l'enveloppe dans son ensemble.
- Prévention des pathologies : réduction efficace des risques liés à l'humidité et à la condensation.
- Accompagnement de l'innovation : développement de solutions constructives plus performantes, durables et adaptées aux enjeux climatiques actuels.

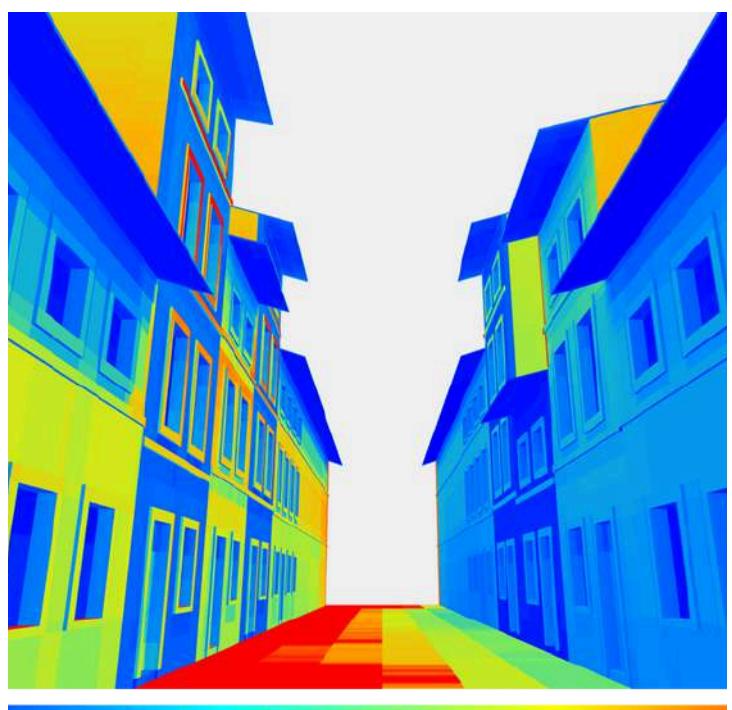
### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Collaborations avec des industriels pour accompagner l'innovation et la mise au point de nouveaux matériaux, partenariats avec des bureaux d'études et architectes pour intégrer notre expertise dès la conception, et coopérations avec des organismes de recherche pour enrichir nos méthodes et anticiper les évolutions réglementaires. Ces synergies permettent d'apporter aux acteurs du bâtiment des solutions sur mesure, adaptées à chaque projet et aux enjeux environnementaux.



En savoir plus

<https://mecd.fr/confort-et-enveloppe/>



Irradiance ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

# Caractérisation des agressions environnementales

## Unités de recherche impliquées

**LMDC** (Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions)

**Institut Pascal**

**Cerib** (Centre d'études et recherches de l'industrie du béton)

**CTICM** (Centre industriel de la construction métallique)

**CTMNC** (centre technique des matériaux naturels de construction)

**FCBA** (Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement)

### Objectifs / cible

Accompagnement sur mesure, adapté aux besoins spécifiques d'expertise et d'essais, tout en anticipant les réglementations futures. Ils analysent les phénomènes biologiques, physiques, chimiques et mécaniques liés aux dégradations, posent un diagnostic précis des pathologies d'ouvrages, mettent en place des essais de dégradation accélérée personnalisés et réalisent des calculs pour justifier la durée de vie des structures.

### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

- Expertise multi-agressions : corrosion des armatures, agression intrinsèque chimique/biologique, identification des interfaces problématiques dans les assemblages multi-matériaux.
- Diagnostic non destructif & interventions ciblées : détection in situ des défaillances (ex. corrosion dans béton armé), préconisations personnalisées.
- Méthodologie holistique : couplage essais terrain et analyses laboratoire pour formuler des scénarios d'évolution ainsi que des solutions (traitements, protection, résilience).

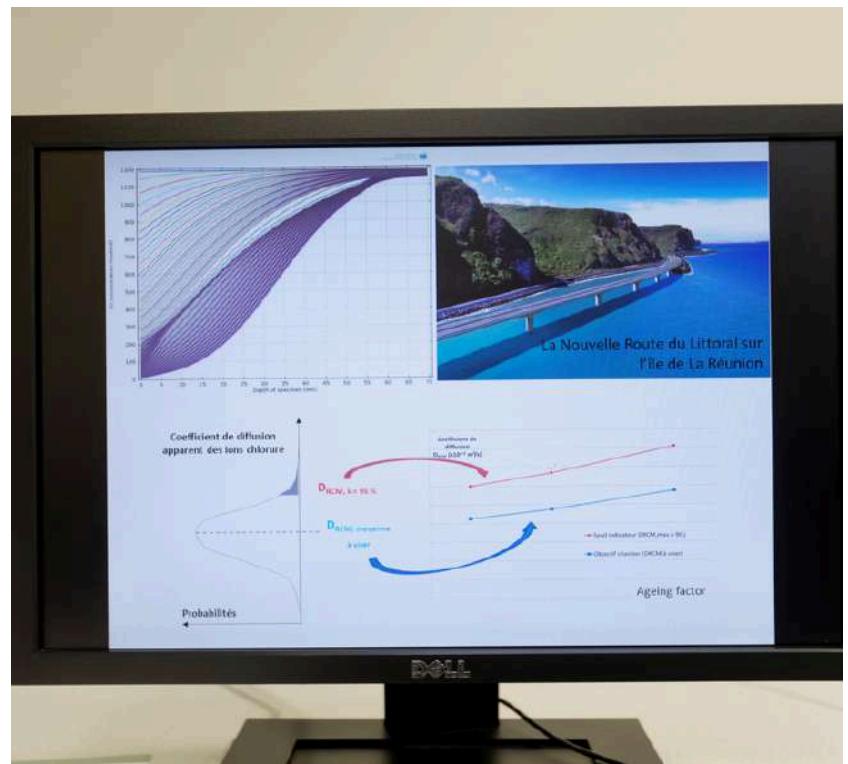
### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Partenariats avec les maîtres d'ouvrage, gestionnaires, entreprises spécialisées et fabricants pour diagnostics ciblés, plans d'action, traitements adaptés et développement de solutions innovantes de protection et réparation.



#### En savoir plus

<https://mecd.fr/durabilite/>



# Conception et caractérisation de produits, de systèmes constructifs ou d'ouvrages mixtes

## Unités de recherche impliquées

**LMDC** (Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions)  
**Institut Pascal** - Ingénierie des systèmes  
**Cerib** (Centre d'études et recherches de l'industrie du béton)  
**CTICM** (Centre industriel de la construction métallique)  
**CTMNC** (centre technique des matériaux naturels de construction)  
**FCBA** (Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement)

### Objectifs / cible

- Accompagner l'ensemble du cycle de développement produit : du matériau de base aux procédés, en passant par les tests, la modélisation, la mise en œuvre et l'accompagnement à la mise sur le marché.
- Concevoir des solutions constructives éco-performantes grâce à la mixité des matériaux (structures composites, revêtements à haut albédo, systèmes végétalisés, réhabilitation, etc.).

### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

- Approche multi-matériaux à plusieurs échelles : combinaison de matériaux naturels, industriels ou recyclés, optimisée en laboratoire puis modélisée pour validation à l'échelle produit et bâtiment.
- Méthodologies mixtes essais/modélisation mise en œuvre de protocoles expérimentaux (laboratoire & terrains-démonstrateurs) et développement d'outils numériques multi-échelles.
- Transfert R&D vers l'industrie.



### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

- Partenariats avec les maîtres d'ouvrage, gestionnaires, entreprises spécialisées et fabricants pour diagnostics ciblés, plans d'action, traitements adaptés et développement de solutions innovantes de protection et réparation.
- Accompagnement à la mise sur le marché.

En savoir plus

<https://mecd.fr/structure-et-construction/>



# Plateforme économie circulaire : catalyseur de solutions constructives circulaires

## Unités de recherche impliquées

**LMDC** (Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions)

**Institut Pascal - Ingénierie des systèmes**

**Cerib** (Centre d'études et recherches de l'industrie du béton)

**CTICM** (Centre industriel de la construction métallique)

**CTMNC** (centre technique des matériaux naturels de construction)

**FCBA** (Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement)

### Objectifs / cible

- Accompagnement global vers l'économie circulaire pour les industriels, collectivités, bailleurs, maîtres d'œuvre ou d'ouvrage.
- Appui à l'écoconception, au réemploi et à la recyclabilité des matériaux et systèmes constructifs.
- Aide au diagnostic de déconstruction, au développement d'éco-produits et à la conception d'éco-ouvrages démontables.
- Utilisation d'outils concrets : Lign2toit (weboutil d'évaluation de la faisabilité de la surélévation), Demodulor (prototype d'ouvrage démontable), et les guides pratiques MECD/Fondation Énergie Bâtiment pour la gestion circulaire en phase de conception ou de chantier.

### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

- Plateforme intégrant R&D, retours terrain, et outils métiers : Lign2toit, Demodulor, guides pratiques circulaires.
- Approche multi-matériaux, modélisation et ACV intégrée.
- Interface unique entre conception, réglementation, expérimentation et transfert opérationnel.

### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Partenariat de R&D ou prestation avec PME, ETI, collectivités ou bailleurs pour co-développer des solutions circulaires concrètes (réemploi, éco-produits, outils métiers), en s'appuyant sur nos plateformes, outils et guides pratiques.



#### En savoir plus

<https://mecd.fr/economie-circulaire/>



# 04



## Usagers et collectivités

# Living Lab Anthares : Nature-based solutions in ANTHropized environments to promote Adaptation and RESilience



Unité de recherche impliquée

CETHIL

Lucie MERLIER

Frédéric LEFEVRE

Autres partenaires :

LBBE, LEM, LEHNA, RIVERLY, REVERSAAL, DEEP, GATE,

IRPHIL, LADEC, LMFA, LAET, EVS, RS2GP, Ville de Lyon,

Métropole de Lyon,

Ville de Villeurbanne, Egis, Arthropologia, Cerema

Objectifs / cible

- Etudier la performance des solution fondées sur la nature pour répondre à différents défis sociétaux.
- Approfondir la connaissance de la performance des SfN pour améliorer l'état de la biodiversité.
- Identifier les processus clés au sein des SfN, et notamment les facteurs biophysiques, écologiques et sociaux facilitant la mise en œuvre et maximisant la performance des SfN.
- Le CETHIL participe à l'objectif 1 du living lab vis-à-vis de l'adaptation au changement climatique et à la surchauffe urbaine, en intégrant les dimensions hydrologiques, écophysiologiques et sociales liées à l'arbre en milieu urbain étudié en tant que solution face à la surchauffe des villes.

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Le potentiel de rafraîchissement et d'amélioration du bien-être des arbres et plus largement des espaces verts en ville est étudié en fonction de leur comportement écophysiologique, en lien avec le stress thermique et hydrique, et les propriétés physico chimiques du sol.

Les travaux mobilisent :

- Le développement d'une métrologie low cost du fonctionnement ecophysiologique de l'arbre, en fonction du stress hydrique.
- La réalisation de mesures et modélisations des conditions microclimatiques autour des arbres en milieu urbain.
- L'étude des liens entre microclimat, pédoclimat et biodiversité du sol.

Les services écosystémiques rendus par les espaces verts sont en parallèle évalués au travers des perceptions, représentations, pratiques et usages des personnes.

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

- Partenariat courts (< 1 an) via des stages élèves-ingénieurs, des prestations directes, accès à des plateformes de caractérisation des propriétés thermo-physiques des matériaux.
- Partenariats longs entre 1 an et 3 ans (post-doc, thèses).
- Partenariats pérennes (4 à 5 ans) comme les laboratoires communs, les chaires industrielles.



En savoir plus

<https://www.pepr-solubiod.fr>



# Innovations et Solutions pour lutter contre la Surchauffe Urbaine (projet national ISSU)



## Unités de recherche impliquées

Cerema (équipes de recherche STI (Systèmes de Transports Intelligents), BPE (Bâtiments Performants dans leur Environnement)

TEAM (Transferts et interactions liés à l'eau en milieu construit)

CETHIL impliqué via une thèse commune CETHIL-Cerema pour le démonstrateur de Lyon (dans le cadre du PEPR SOLUBIOD)

MECD via un collectif comprenant CERIB, FCBA, CTMNC, CCTM, Institut Pascal, LMDC

...

### Objectifs / cible

Le PN ISSU vise à fournir aux collectivités, aménageurs, bureaux d'études et entreprises du bâtiment et de matériaux un cadre fiable pour évaluer et comparer les solutions de rafraîchissement urbain. Il répond aux enjeux d'adaptation au changement climatique, de confort thermique, de santé publique et de résilience des territoires. Les outils développés (référentiel, bases de données, modèles microclimatiques, démonstrateurs) sont directement mobilisables pour orienter les choix d'aménagement, favoriser l'innovation industrielle, appuyer la conception de projets urbains durables et objectiver les décisions d'investissement ou de réglementation.

### Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Le projet ISSU développe un référentiel et une méthodologie multicritère pour évaluer et comparer les solutions de rafraîchissement urbain (végétales, matérielles, architecturales) selon leur efficacité thermique, hydrique, carbone, confort, paysage et entretien, avec modélisation microclimatique et démonstrateurs sur sites (Lyon, Dijon, Cachan), favorisant un transfert opérationnel et une dynamique filière.

### Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

Co-conception de démonstrateurs, modélisation microclimatique, instrumentation in situ, évaluation multicritère des solutions, transfert méthodologique, accompagnement à la décision et co-développement d'innovations urbaines.

### En savoir plus

<https://www.pn-issu.fr/>



# Construire des villes fraîches par et pour leurs usagers pour favoriser la santé des habitants dans un environnement durable



Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre de France 2030 portant la référence 24-PEVD-0004

Objectifs / cible

Face au défi croissant de la surchauffe urbaine, VF++ s'intéresse à des stratégies d'adaptation intégratrices, combinant solutions douces, vertes et grises de manière synergique. L'objectif : au-delà de rafraîchir la ville, améliorer durablement la santé des citadins, en particulier les plus vulnérables, selon la définition de l'OMS.

Du point de vue de la recherche, cela implique :

- De comprendre les interactions entre les environnements physiques et les réactions psychologiques et physiologiques des individus ainsi que leurs expériences des ambiances et leurs pratiques, ceci en fonction des spécificités socio-spatiales.
- D'analyser les effets de ces interactions sur la santé, dans un contexte de surchauffe.
- Et d'évaluer la pertinence et la robustesse des stratégies d'adaptation à la surchauffe vis-à-vis de la santé.

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

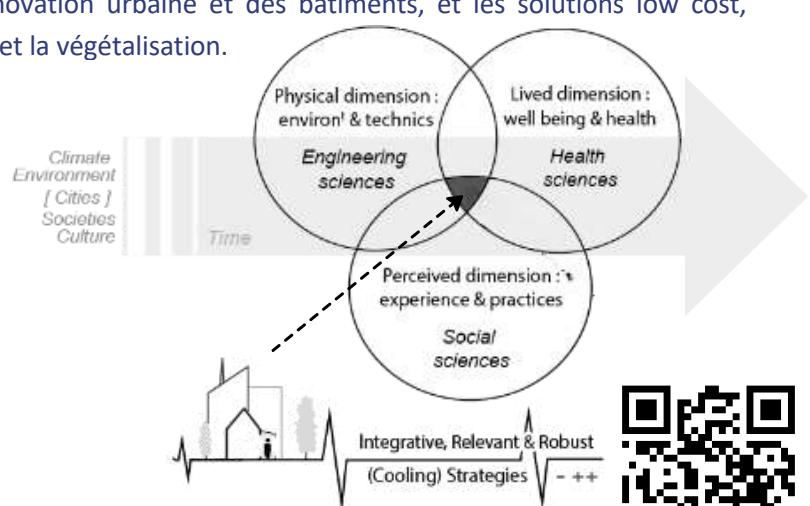
En interdisciplinarité et interprofessionnalité réelles, ainsi qu'en mobilisant la participation citoyenne, VF++ développe une approche bottom-up, tirée par l'aval, et basée sur une identification détaillée des facteurs de vulnérabilité spécifiques au contexte. VF++ se positionne tel que présenté dans l'illustration ci-dessous.

VF++ développe des approches intégrées mêlant modélisation et expérimentations afin d'analyser l'impact des formes et aménagements bâtis et urbains sur le confort thermique, évaluer l'exposition à la chaleur et l'efficacité des stratégies d'adaptation, étudier les réponses physiologiques et sensorielles des individus, et croiser ces données avec les inégalités socio-spatiales.

Le projet se focalise plus particulièrement sur la rénovation urbaine et des bâtiments, et les solutions low cost, mobilisant un travail des interfaces intérieur/extérieur et la végétalisation.

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

- Partenariats courts (< 1 an) via des stages élèves-ingénieurs, des prestations directes, accès à des plateformes de caractérisation des propriétés thermo-physiques des matériaux.
- Partenariats longs entre 1 an et 3 ans (post-doc, thèses).
- Partenariats pérennes (4 à 5 ans) comme les laboratoires communs, les chaires industrielles.



En savoir plus  
<https://pepr-vdbi.fr>



Unité de recherche impliquée

CETHIL

Lucie MERLIER, Etienne VERGNAULT, Damien DAVID

Autres partenaires

BPE, M2P2, LASIE, LIED, I2M, IPLeSp, ESO, EVS, RESHAPE, CSTB, Cerema, Ville de Villeurbanne, Ville de Lyon, Métropole de Lyon, Est métropole habitat, Grand Lyon habitat, ALEC Lyon, HCL, TRIBU

# Comment la végétation et son arrosage peuvent atténuer les phénomènes de surchauffe urbaine ?

## Objectifs / cible

Ce projet vise à comprendre et atténuer les phénomènes de surchauffe urbaine via l'arrosage optimisé de la végétation urbaine. Il vise à fournir des outils scientifiques et opérationnels pour guider les collectivités dans l'aménagement de rues plus confortables, même en période de canicule. En s'appuyant sur un dispositif expérimental unique et des modèles numériques avancés, il identifie les conditions dans lesquelles la végétation irriguée peut influencer le confort thermique. Les résultats (guides, données ouvertes, modèles d'aide à la décision) prévoient d'être directement utilisables par les collectivités, urbanistes, gestionnaires de l'eau, bureaux d'études et acteurs du climat urbain pour concevoir, évaluer et améliorer leurs stratégies d'adaptation au changement climatique.

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Le projet combine mesures de terrain, stratégie d'irrigation pilotée et modélisation des écoulements en tenant compte des flux de chaleur et d'humidité, dans un canyon urbain expérimental inédit. Il explore l'impact microclimatique de la végétation irriguée en mettant au point des capteurs et des protocoles d'analyse spécifiques. Il adapte également le modèle Optirrig au contexte urbain et propose des solutions transposables pour améliorer le confort thermique via l'évapotranspiration maîtrisée.

## En savoir plus

Présentation de l'outil PRESTI (Plateforme de Recherche et Expérimentation en Sciences et Technologies d'Irrigation)



## Unités de recherche impliquées

### G-Eau (INRAE)

Bruno Chevillon, Martina Garcia de Cezar,  
François Liron, Séverine Tomas  
contact@g-eau.fr

### Laboratoire des Sciences des Risques (LSR), IMT Mines

Laurent Aprin, Clément Chenu, Zahra Wehb  
contact-LSR@mines-ales.fri

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités

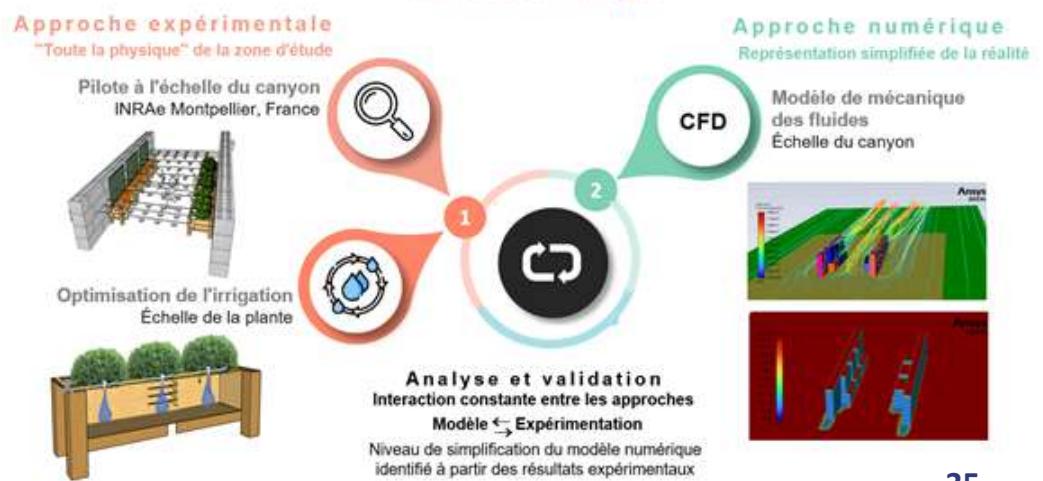
Le projet a pour but d'offrir aux collectivités et entreprises des outils concrets (démonstrateur, données libres, modèles, guides pratiques) pour concevoir et piloter des aménagements urbains végétalisés adaptés au climat local.

### A lire :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479724026987>

<https://theses.fr/283935561>

## Méthodologie



# Le traitement décentralisé des eaux non conventionnelles pour l'irrigation des espaces verts de la Ville d'Agen

## Objectifs / cible

Le projet AVIDE a pour objectif d'étudier la possibilité d'utiliser différentes sources d'eaux non conventionnelles locales, pour arroser des espaces verts dans la ville d'Agen, afin de créer des îlots de fraîcheur et lutter contre la canicule. Le projet porte sur l'étude et la qualification des briques technologiques suivantes :

- Un collecteur en ligne est développé par l'IFTS pour récupérer des eaux usées brutes directement sur le réseau d'assainissement pour un traitement décentralisé par le bioréacteur à membrane (BRM).
- Un Bioréacteur à Membrane (BRM) pour traiter les eaux usées et les utiliser à proximité de point d'usage. Le pilote de BRM utilisé est fourni par la société POLYMEM, et opéré par l'IFTS dans son Centre de l'eau Roger Ben Aïm.
- Un équipement appelé « avaloir dépolluant » (co-développé par Veolia et l'IFTS, pour lequel l'IFTS avait mené des essais dans le passé et qui fait l'objet du brevet EP2868821A1) a été étudié en utilisant comme source les eaux pluviales de ruissellement de voirie.

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

Les essais menés sur différents dispositifs de traitement des eaux ont montré des résultats encourageants :

- L'avaloir dépolluant, testé avec des eaux de ruissellement reconstituées pour la première fois avec des déchets collectés avec une balayeuse, atteint des abattements de 50 à 60 % pour les micropolluants et environ 60 % pour les MES avec un débit simulant de pluies faibles à Agen.
- Le collecteur en ligne, développé par l'IFTS, permet un prélèvement d'eaux usées brutes sans perturber le réseau et a confirmé son efficacité en conditions réelles qui est conforme à son dimensionnement, en vue d'une expérimentation sur site.
- Enfin, le bioréacteur à membrane (BRM) a démontré une excellente élimination des micropolluants, hormis les réfractaires, et fournit une eau de qualité suffisante pour l'irrigation, avec l'avantage d'être flexible, compact et adapté au traitement décentralisé.

## Unité de recherche impliquée

### Institut de la Filtration et des Techniques Séparatives (IFTS)

Centre de l'eau Roger Ben Aïm

Tarik ELJADDI - tarik.eljaddi@ifts-sls.com

Lucie BEGUIN - lucie.beguin@ifts-sls.com

Vincent EDERY - vincent.edery@ifts-sls.com

## En savoir plus

<https://www.ifts-sls.com/>

<https://cerba.ifts-sls.com/>

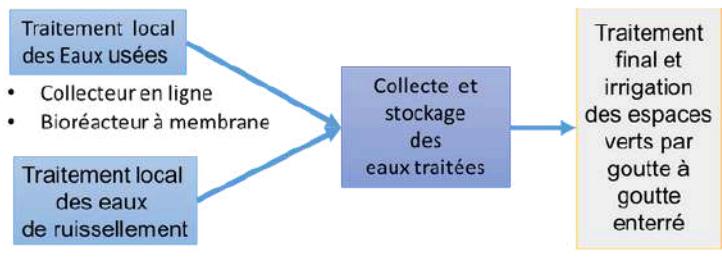


## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités

Le projet AVIDE s'est déroulé en 2023-2024 et a été financé par la Région Nouvelle-Aquitaine, l'Agence de l'eau Adour-Garonne et la Ville d'Agen.

Les résultats obtenus ont montré la faisabilité de traitement des eaux non conventionnelles par des procédés différents pour irriguer les espaces verts

La plateforme Centre de l'Eau Roger Ben Aïm est ouvert pour l'expérimentation sur l'eau pour les industrielles, et les collectivités.



Centre de l'Eau Roger Ben Aïm

# Évaluation du potentiel de désimperméabilisation et mise en place d'une stratégie par les collectivités

## Objectifs / cible

La méthodologie proposée par le Cerema vise à établir une stratégie de désimperméabilisation à l'échelle du territoire d'une collectivité. Elle comprend une cartographie du potentiel permettant de cibler des secteurs prioritaires et une proposition de plan d'actions opérationnelles pour aider la collectivité à établir sa politique en la matière.

## Offre de partenariat avec les entreprises ou les collectivités territoriales

- Outil déployé dans les collectivités de Narbonne, Libourne, Toulouse et Angoulême.
- Autres propositions d'accompagnement des collectivités en cours de montage.



Exemple d'aménagement visant à limiter l'imperméabilisation du sol  
© Cerema

## Unité de recherche impliquée

Cerema, Direction territoriale Sud-Ouest

Muriel SAULAISS - muriel.saulais@cerema.fr

Catherine LEONARD - catherine.leonard@cerema.fr

## Originalités / avancées scientifiques ou technologiques

- Méthodologie innovante croisant l'infiltrabilité du sol et l'imperméabilité du territoire.
- Méthodologie pouvant aussi s'intéresser à la hiérarchisation des cours d'écoles et places publiques projets.
- Méthodologie pouvant être couplée à l'identification des enjeux du territoire.
- Outil d'aide à la décision.

## En savoir plus

- [Comment intégrer la désimperméabilisation des sols sur son territoire ? L'exemple du Grand Narbonne](#)
- [Un accompagnement de Toulouse Métropole pour identifier le potentiel et les solutions de désimperméabilisation des sols](#)
- [À Libourne \(Gironde\), la nature se met au service de l'adaptation de la ville face au changement climatique](#)
- [À Angoulême, la nature se met au service d'une ville apaisée et vivante](#)



Retrouvez nos articles sur la page actualités du Cerema

# Pour aller plus loin

## d'autres projets à explorer



### TerraBrenne : les terres ressources pour l'éco-construction et la réhabilitation en Brenne

Le projet [TerraBrenne](#), porté par le Parc naturel régional de la Brenne avec Eco-Pertica et le Cerema, valorise la terre crue pour l'éco-construction et la rénovation. Il vise à identifier les ressources locales, tester leur usage avec les artisans et réduire l'impact environnemental du bâtiment, en vue d'un développement régional puis national.



### Mise en œuvre d'une méthodologie économiquement viable pour la valorisation des SEDiments FLUViaux sur site dans un contexte de développement durable (SEDIFLUV)

Le projet [SEDIFLUV](#) étudie la valorisation des sédiments fluviaux en matériaux de construction pour créer une filière locale et durable en Île-de-France. L'article détaille méthodes, enjeux et résultats de cette approche innovante.



### Bâtiment : comment rénover et construire face au dérèglement du climat ?

Face au dérèglement climatique, bâtiments anciens ou neufs sont exposés à des aléas tels que vagues de chaleur, inondations ou retrait-gonflement des sols argileux, et les conséquences peuvent être sévères pour la sécurité, le confort et les coûts.

Ce dossier propose des solutions concrètes (conception bioclimatique, protection solaire, gestion de l'eau, etc.), des outils et des exemples inspirants pour rénover ou construire de manière résiliente et durable.



### Ventilation et performance énergétique

Le Cerema met à disposition des [ressources](#) pour mieux concilier ventilation, qualité de l'air intérieur et performance énergétique. Études, outils et retours d'expérience éclairent les solutions pour des bâtiments plus sains et plus efficaces.



# Pour aller plus loin

## d'autres projets à explorer



### Transdev : expérimenter la mobilité partagée à l'échelle d'un territoire

Le Cerema accompagne Transdev dans l'évaluation des impacts d'une expérimentation de navettes autonomes intégrées au réseau de transport en commun de la Communauté d'Agglomération du Centre Littoral (Guyane). Ce projet permet de mieux comprendre les leviers pour intégrer les mobilités innovantes dans l'espace public.



### Plateforme PAVIN 2 : tester les infrastructures en conditions extrêmes

Située à Clermont-Ferrand, la plateforme PAVIN 2 permet de recréer des conditions climatiques variées (pluie, brouillard, nuit) pour tester la performance des infrastructures et des équipements de sécurité. Elle contribue au développement de solutions plus sûres et durables pour les routes de demain.



### Métropole de Lyon : valoriser le potentiel géothermique local

Le Cerema accompagne la Métropole de Lyon dans l'évaluation du potentiel géothermique de la nappe de l'Est lyonnais. L'objectif : disposer d'éléments techniques fiables pour intégrer cette énergie renouvelable dans les futurs projets d'aménagement urbain.



### Flowell avec Colas : innover pour une voirie intelligente

Flowell est une technologie de marquage au sol dynamique développée par Colas. Le Cerema a contribué à son évaluation en conditions réelles, notamment pour sécuriser les traversées piétonnes. Une solution innovante pour rendre l'espace public plus lisible et adaptable.



# Pour aller plus loin

## d'autres projets à explorer



### REMATCO

Le projet REMATCO s'intéresse au réemploi et à la valorisation des matériaux issus de la déconstruction et des chantiers. Son objectif est de structurer des filières fiables permettant de recycler et réutiliser ces matériaux dans de nouvelles constructions, dans une logique d'économie circulaire. MECD y apporte son expertise pour garantir la qualité et la traçabilité des matériaux secondaires, développer des solutions techniques adaptées et accompagner les entreprises comme les collectivités dans l'intégration de pratiques constructives plus durables.



### ISCORT

ISCORT a pour thème la résilience des ouvrages face aux aléas climatiques et naturels, de plus en plus fréquents avec le changement climatique. Le projet vise à concevoir des méthodes et outils pour évaluer la robustesse des infrastructures et proposer des améliorations constructives. MECD mobilise ses savoir-faire pour développer des solutions innovantes, optimiser les performances des matériaux et des systèmes constructifs, et fournir aux acteurs publics comme privés des recommandations pour anticiper les risques et renforcer la sécurité des ouvrages.



### SUREMIX

Le projet SUREMIX, porté par l'Institut Carnot MECD, explore la surélévation des bâtiments comme solution de densification urbaine respectueuse du sol et du climat. Il s'attache à promouvoir la mixité des matériaux (bois, acier, béton, etc.) et à sécuriser l'interface entre l'existant et les nouveaux étages. L'initiative analyse aussi l'acceptabilité sociale, les contraintes réglementaires et les modèles économiques adaptés. Des études techniques et environnementales sont menées pour évaluer faisabilité et durabilité.



### PERFDUB

Avec PERFDUB, l'attention est portée sur la durabilité des bétons exposés à des environnements agressifs, comme les chlorures, les cycles gel-dégel ou l'humidité. L'objectif est de mieux comprendre et prédire leur comportement à long terme afin d'améliorer la fiabilité des ouvrages et prolonger leur durée de vie. Le projet a permis de développer et mettre à disposition des protocoles d'essai, des outils de modélisation et des méthodes d'analyse qui permettent aux maîtres d'ouvrage, bureaux d'études et industriels de sécuriser leurs choix de conception et de garantir la pérennité des infrastructures.



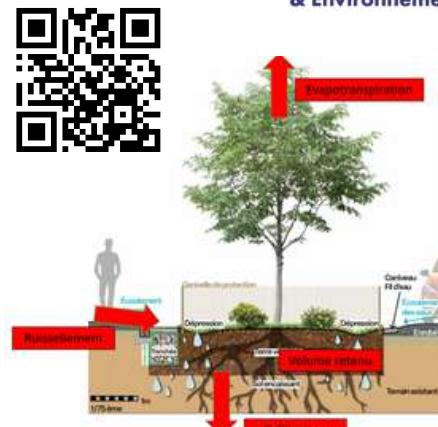
# Pour aller plus loin

## d'autres projets à explorer



### Ville éponge, arbre de pluie/urbain (aménagement urbain)

Pour mieux comprendre les processus hydrologiques au sein des 'arbres de pluie' de la Métropole de Lyon (des arbres existants dont les fosses sont réaménagées pour recueillir les eaux de voiries, les stocker, les infiltrer et garantir la santé de l'arbre), le projet installe des capteurs (teneur en eau, flux de sève) sur cinq ouvrages, pour ensuite développer un modèle qui permettra de comprendre l'influence du dimensionnement ou du climat sur leurs performances.



### Logiciel CANOE : fonctionnement des réseaux d'assainissement

Co-développé en étroite collaboration avec un réseau de partenaires, CANOE est un outil d'aide au diagnostic en continu des réseaux d'assainissement, permettant également des études prospectives et la simulation de scénarios (urbanisation, changement climatique, mise en place d'ouvrages de gestion à la source) afin d'anticiper leur impact sur le fonctionnement du système.



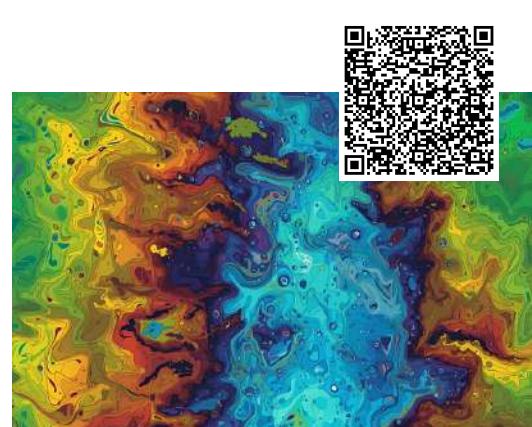
### MANA : jeu sérieux et modélisation pour la gestion des inondations

Le projet MANA (Modéliser pour augmenter l'Acceptabilité des Solutions fondées sur la NAture) développe un modèle et un jeu sérieux pour réfléchir collectivement aux stratégies d'aménagement intégrant des solutions fondées sur la nature dans la gestion du risque inondation. Destiné aux collectivités et aux bureaux d'études, ce dispositif favorise les apprentissages sociaux et sensibilise aux enjeux liés aux inondations.



### Athys- Strong Atelier Hydrologique Spatialisé

L'ATELIER HYdrologique Spatialisé, ATHYS, a pour objectif de réunir dans un environnement convivial et homogène un ensemble de modèles hydrologiques associés à des traitements de données hydroclimatiques et géographiques. Il a été développé pour des applications diverses : gestion de la ressource en eau, prévision des événements extrêmes, études d'impact liées à des modifications anthropiques ou climatiques.





## Votre partenaire R&D pour répondre aux enjeux de l'eau.

**Le Carnot Eau & Environnement** fédère 11 unités de recherche issus de 7 tutelles, ainsi que l'Institut de la Filtration et des Techniques Séparatives (IFTs).

Les recherches du Carnot s'articulent autour de quatre axes stratégiques :

- Surveillance de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques.
- Optimisation des infrastructures hydrauliques.
- Développement de nouvelles ressources.
- Gestion des risques naturels.

Avec une approche intégrée de la ressource, le Carnot Eau & Environnement développe avec ses partenaires des modèles numériques, outils d'aide à la décision, dispositifs métrologiques et solutions fondées sur la nature, appliqués notamment à la gestion des eaux pluviales, au traitement des micropolluants ou à la réutilisation des eaux usées.



[carnot-eauetenvironnement@inrae.fr](mailto:carnot-eauetenvironnement@inrae.fr)



[Carnot Eau & Environnement](#)



## Mieux construire pour mieux vivre.

Très impliqué dans la dynamique nationale sur tous les sujets relatifs à la construction et à l'aménagement intérieur, **l'institut Carnot MECD** – formé par six partenaires de référence (CERIB, CTICM, CTMNC, FCBA, Institut Pascal et LMDC) – met au service des industriels et des acteurs de la construction une offre de R&D anticipant les grands défis énergétiques, environnementaux et sociaux de notre époque. Les recherches menées associent une approche multi-échelle, du matériau au démonstrateur.

MECD oriente ses recherches et ses offres autour de quatre axes stratégiques imbriqués et transversaux :

- La construction durable.
- La mixité multifonctionnelle.
- La transition numérique.
- Les approches de mise en œuvre, d'exploitation et d'usages.



[contact@mecd.fr](mailto:contact@mecd.fr)



[Institut Carnot MECD](#)



## L'ingénierie du futur pour l'innovation des entreprises

**Ingénierie@Lyon** fédère des équipes de recherche à la notoriété mondiale reconnue en sciences de l'ingénierie des systèmes, matériaux et procédés innovants. Ses experts œuvrent pour l'innovation des entreprises dans les domaines de l'énergie, des transports et de la mobilité, de la santé et du luxe.

Pôle majeur de la recherche partenariale nationale en ingénierie, **Ingénierie@Lyon** contribue à accompagner les transformations industrielles, en intégrant les contraintes d'un développement durable et respectueux de l'environnement.

Une ingénierie académique structurée, centre de référence national et international, pour sourcer l'innovation dans les entreprises des secteurs :

- Transport & nouvelles mobilités.
- Energies vertes.
- Ingénierie pour le vivant.
- Matériaux innovants.

 [institut.carnot@ingenierie-at-lyon.org](mailto:institut.carnot@ingenierie-at-lyon.org)

 [Institut Carnot Ingénierie@Lyon](#)



## L'excellence scientifique au service de l'économie française

L'institut Carnot du Cerema, **Clim'adapt**, aide les entreprises et les collectivités territoriales à relever le défi climatique et à opérer leur transition vers une économie sobre en ressources, décarbonnée et respectueuse de l'environnement.

À travers des prestations de recherche contractuelle bilatérale, le Cerema met ainsi au service de ces acteurs de la vie économique l'excellence scientifique de ses chercheurs et experts, dans les six domaines d'activité de l'établissement :

- Aménagement et stratégies territoriales.
- Bâtiment.
- Mobilités.
- Infrastructures de transport.
- Environnement et risques.
- Mer et littoral.

 [climadapt@cerema.fr](mailto:climadapt@cerema.fr)

 [Institut Carnot Clim'adapt](#)

# Le saviez-vous ?

Le label Carnot est un dispositif d'innovation. Les structures de recherche publique, labellisées par le ministère en charge de la recherche, prennent des engagements forts pour mener et développer une activité de recherche partenariale au bénéfice de l'innovation des entreprises – de la PME au grand groupe – et des acteurs socioéconomiques.

L'ANR est chargée de la gestion du dispositif Carnot.

