



HAL
open science

Cahier de l'ANR n°17: Les défis de la ville en transition

Claire Giry

► **To cite this version:**

| Claire Giry. Cahier de l'ANR n°17: Les défis de la ville en transition. 2024. hal-04706976

HAL Id: hal-04706976

<https://hal.science/hal-04706976v1>

Submitted on 24 Sep 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Les défis de la ville en transition

PROJETS FINANCÉS
SUR LA PÉRIODE 2005-2022

Les cahiers de l'ANR
NUMÉRO 17 – SEPTEMBRE 2024





Les cahiers de l'ANR traitent de questions thématiques transverses aux différents appels à projets financés par l'Agence nationale de la recherche (ANR) et France 2030. Cette collection, qui existe depuis 2009, met en perspective les recherches, les innovations et les avancées en cours dans un domaine spécifique. Sans prétention d'exhaustivité, son objectif est de revenir sur les enjeux sociétaux et les défis d'avenir identifiés par les communautés de recherche mobilisées sur une thématique. *Les cahiers de l'ANR* s'adressent aussi bien aux chercheurs qu'aux décideurs politiques et au grand public.

Le présent cahier a pour thème principal la transition urbaine et a vocation à analyser dans quelles mesures les villes s'adaptent pour répondre aux enjeux climatiques, énergétiques et de biodiversité. Il fait référence aux différents projets de recherche financés par l'ANR dans ce domaine. Ce cahier, le dix-septième de la collection, a été coordonné par Anne Ruas, responsable scientifique à l'ANR, et Liz Pons, adjointe au responsable du département Sciences Physiques, Ingénierie, Chimie et Énergie, en collaboration avec la Direction de l'information et de la communication, la Direction de la Stratégie Numérique et des Données et la Direction des Grands Programmes d'Investissements de l'État.

Nous remercions les coordinateurs et les coordinatrices des projets présentés dans ce cahier ainsi que les personnes qui ont contribué à son écriture et à sa relecture.

Préface

Claire Giry

Présidente-directrice générale de l'ANR

Les villes sont les espaces de peuplement humain privilégiés. Exode rural autrefois, métropolisation aujourd'hui, les grandes villes attirent et font croître les populations par les offres d'emplois et la diversité des services et aménités qu'on peut y trouver. D'autres villes, au contraire, se distinguent par une population stagnante ou en déclin.

Construites dans le temps long, les villes se renouvellent, s'étendent et sont dotées à la fois de constructions et d'infrastructures récentes et anciennes. Elles sont soumises à de nombreuses réglementations qui évoluent et laissent leur empreinte. La ville n'est pas qu'un plan que l'on dessine et redessine au fil du temps, c'est un tissu complexe, un espace de vie riche et tonique. Elle est un lieu partagé par une multitude de citoyens, qu'ils soient propriétaires ou locataires, avec des modes de vie et des besoins divers, ainsi que par une variété d'acteurs publics et privés. Les questions sociétales que l'on peut se poser sur la ville sont d'une grande diversité selon ce qu'on y regarde sa gouvernance, sa population, les modes de vie de ses habitants, sa forme, son bâti, ses infrastructures, son climat, sa biodiversité, son sol, sa résilience à certains risques, les activités qui s'y développent, ses liens avec les territoires environnants, les consommations de ressources propres à son fonctionnement.

De nombreuses disciplines sont convoquées pour son analyse. Si l'étude du territoire urbain a toujours été centrale, le contexte actuel du changement climatique, de la perte de biodiversité, des transitions écologique et énergétique, de la démographie vieillissante, ainsi que des équilibres et tensions sociales existants ou exacerbés par ce contexte, en renforce la pertinence.

Que sait-on de ces territoires ? Quels sont les équipes et les laboratoires de recherche qui les étudient ? Quelles sont les questions de recherche explorées par les chercheurs ? Quels sont les principaux résultats ? Comment ces questions ont-elles évolué entre 2005 et 2022 ?

Ce cahier donne à voir les recherches financées par l'ANR sur une quinzaine d'années concernant les territoires urbanisés. Afin de définir le contour du sujet, certaines règles ont été suivies, ce qui peut expliquer la présence ou l'absence de certains projets ou instruments dans ce cahier. Ils doivent revendiquer la ville comme contexte ou objet d'analyse et entrer dans l'un des neuf thèmes identifiés : le climat urbain, la biodiversité en ville, les pollutions urbaines, les modes de déplacement doux, l'eau en ville, le métabolisme urbain et les circuits courts, habiter la ville, l'urbanisation et les projets de transformation urbains et la ville numérique. Sans être exhaustif, ce cadre permet de porter un regard sur l'avancée des recherches. Le thème de la mobilité carbonée n'a pas été inclus en tant que tel car il mériterait une analyse spécifique.

Les deux premières parties de cette étude fournissent au lecteur les clés d'analyse du contexte et des enjeux de la thématique des villes en transition. Elles dressent également le bilan du financement alloué par l'ANR à son étude, dans le cadre de son Plan d'action et du plan d'investissement France 2030. La troisième partie propose une analyse bibliométrique des publications associées aux projets. Enfin, le dernier volet du cahier présente une sélection de projets et d'actions financés par l'ANR et France 2030. Cette partie est organisée selon les neuf thèmes présentés ci-dessus, chaque thème étant précédé d'une introduction pour en contextualiser les enjeux.

Introduction

Pascal Bain

Responsable du département Sciences Physiques,
Ingénierie, Chimie et Énergie à l'ANR

Ce cahier a pour ambition de présenter une vision d'ensemble des travaux de recherche menés dans le cadre de projets soutenus par l'ANR, depuis sa création en 2005, sur des sujets essentiels pour permettre aux villes de mieux intégrer les exigences du développement durable et éclairer les décisions publiques.

De fait, comme le montre la première partie de ce cahier, c'est surtout à partir de 2008 que l'ANR a commencé à financer significativement des projets dédiés aux questions urbaines. En effet, dans les trois premières années de l'ANR, où la programmation se divisait entre, d'une part, les appels à projets dits « Blanc », d'autre part, des programmes thématiques spécifiques, il n'existait pas de programme s'intéressant spécifiquement à la ville, les quelques projets financés l'ayant été dans le cadre du programme Blanc.

Le nouveau programme thématique sur la ville durable créé en 2008 avait pour ambition de susciter l'intérêt pour l'étude de la ville comme un système complexe et multidimensionnel, bien qu'il s'agissait d'un objet de recherche mal identifié et difficile à appréhender globalement de manière scientifique. Cette création s'appuyait sur un certain nombre de constats issus de la démarche prospective participative « Agora 2020 », qui avait montré que la ville était clairement le lieu de convergence d'enjeux de société et de défis pour la recherche. Notamment, un certain nombre de thèmes transversaux avait émergé de cette démarche, sous la forme d'axes précurseurs de futurs programmes de recherche. Citons par exemple :

- . des villes et des transports avec moins de pétrole ;
- . l'adaptation du bâti et des zones urbanisées au changement climatique ;
- . les cycles de vie des constructions,
- . la modélisation et la viabilité des systèmes urbains ;
- . la vulnérabilité des systèmes territoriaux : quelle approche globale ?

Ce nouveau programme ANR « Villes Durables », transverse à de nombreuses thématiques (mobilité, aménagement urbain, gouvernance, vulnérabilités, infrastructures, biodiversité, protection de

l'environnement...), visait à s'emparer de ces sujets et à dépasser des clivages sur lesquels s'appuyaient souvent les programmes existants : clivages entre programmes interministériels de R&D relativement verticaux comme le PREDIT et le PUCA, qui intervenaient sur certains champs de la ville (la mobilité urbaine, l'efficacité énergétique des bâtiments) sans faire de liens entre secteurs ; clivages disciplinaires (notamment entre sciences humaines et sociales et sciences de l'environnement ou de l'ingénierie) ; clivages entre une recherche amont et des travaux plus finalisés...

Ce programme faisait le pari que l'approche territoriale devait permettre de mettre en relation ces différentes thématiques. Les appels à projets Villes Durables devaient être vus comme une ressource complémentaire aux programmes sectoriels existants, avec leurs spécificités (approches plus systémiques, plus intégratrices, souhait d'une réelle pluridisciplinarité des projets, d'une intégration entre amont et aval) et la possibilité de soutenir significativement des recherches dans de nouvelles directions.

Il visait aussi à favoriser le dialogue entre chercheurs et praticiens/utilisateurs des résultats de la recherche, ce qui, comme le montrera ce cahier, a conduit à soutenir une proportion importante de projets impliquant des entreprises ou des collectivités territoriales, voire des tierces parties qui assurent le relai entre la recherche et la diffusion vers des acteurs de terrain et la mise en pratique.

Les finalités des projets soutenus étaient très diverses : on y retrouve bien entendu la production et la consolidation de connaissances, mais aussi l'ébauche d'outils destinés à des praticiens (méthodologies d'aide à la décision et à l'évaluation, outils de mesure...), voire la première étape de développement d'une offre de solutions adaptées avec les entreprises qui interviennent dans la ville (ingénierie, offre de services, conception et gestion des infrastructures...).

Un autre point de vue intéressant pour analyser le positionnement des projets, si l'on considère la complexité des systèmes urbains et les clivages sectoriels

existants, est de placer ces projets sur une échelle qui évalue le caractère systémique de la démarche adoptée. Cette transversalité peut s'exprimer de différentes manières : par l'intégration de l'épaisseur temporelle, par l'approche spatialisée, par le recours à des outils tels que la modélisation, par l'analyse d'une question transversale (préservation des ressources environnementales, gestion de l'énergie, réduction des vulnérabilités...). Environ un tiers des projets proposés adoptait, de façon plus ou moins poussée, une approche systémique. Ce qui signifie aussi que les deux autres tiers restaient encore dans une logique fortement sectorisée, même si des efforts de pluridisciplinarité scientifique étaient réalisés.

Certains des projets financés dans le cadre de ce programme Villes Durables 2008-2010 ont eu un effet très structurant ou ont permis de lancer de nouvelles directions de recherche, poursuivies jusqu'à nos jours, comme le lecteur le verra dans ce cahier.

D'autres projets sont venus s'agréger au fil des années, pour compléter, consolider ce premier lot de projets, couvrir de nouveaux sujets... Ces projets ont été sélectionnés à travers différents types d'appels à projets mis en place par l'ANR après ce premier programme Villes Durables, notamment entre 2011 et 2013, dans le cadre du programme « Villes et Bâtiments Durables ». La ville est restée un domaine de recherche bien identifié dans la programmation de l'Agence jusqu'à nos jours, avec à partir de 2014 un défi sociétal portant sur les systèmes urbains, remplacé à partir de 2017 par un axe scientifique dédié de l'Appel à projets générique. La majeure partie des projets présentés dans ce cahier a été financée dans le cadre de ces appels spécifiques, même si quelques projets ont aussi pu être soutenus dans d'autres axes scientifiques voire, aussi, dans le cadre d'appels internationaux auxquels l'ANR a participé comme financeur, notamment les appels associés à l'Initiative de programmation conjointe (JPI) européenne Urban Europe.

Une autre modalité importante de soutien à la recherche dans ce domaine, mise en œuvre par l'ANR, est celle des grands programmes d'investissements de l'État, à travers les Programmes d'investissements d'avenir / France 2030. Notamment, à partir

de 2010, ont été soutenus des LabEx (dont deux pour lesquels « urbain » apparaît dans l'acronyme), un EQUIPEX et un ITE (Institut pour la Transition Énergétique) dédiés à la ville, comme le lecteur le verra dans ce cahier. Ces soutiens de grande ampleur, structurants, se poursuivent aujourd'hui dans le cadre du Programme et équipement prioritaires de recherche (PEPR) Ville Durable lancé en 2023.

Ce cahier présente une sélection de projets abordant différents aspects de la durabilité urbaine. Les deux premières parties font état des données sur les financements et les partenaires impliqués dans ces projets. Sont aussi présentés quelques éléments d'impact, au-delà des publications scientifiques qui sont issues des projets.

La troisième partie présente une analyse de ces publications, notamment en les replaçant dans des champs scientifiques traités par les projets.

La dernière partie présente des bilans synthétiques dans différents domaines, à partir des résultats majeurs des projets qui y sont rattachés.

Ce cahier est complété par des fiches résumant les principaux résultats obtenus par les projets. Elles doivent permettre de resituer leurs sujets, d'en comprendre les enjeux, d'en apprécier la méthodologie et les avancées obtenues ; elles doivent aussi être vues comme une voie d'accès à des sources nouvelles de connaissances élaborées par les auteurs des projets : c'est pourquoi nous invitons ceux qui sont plus intéressés par les résultats d'un projet en particulier à prendre contact avec son coordinateur.

La publication de ce cahier de l'ANR est associée à l'organisation d'un colloque conjoint avec l'Ademe intitulé « Les défis de la ville en transition ». Complémentaire de cette publication, le colloque fait le point sur les avancées des recherches engagées depuis 15 ans par les équipes des projets soutenus par l'ANR et l'Ademe sur la thématique de la ville durable. Il s'agit d'identifier les progrès réalisés, de mettre en évidence les sujets émergents les plus probants et d'ouvrir une réflexion prospective sur l'avenir de la recherche : dans quelle mesure les enjeux de la recherche sur la ville ont-ils évolué ces 15 dernières années ? Quels sont les principaux défis qui se posent pour elle dans les années à venir ?

Entretien

Avec **Anne Ruas**

Chercheuse à l'université Gustave Eiffel (Laboratoire COSYS, IMSE)
et responsable scientifique « Ville, mobilité, construction » à l'ANR (2021-2024)

Que recouvre la notion de « ville durable » ?

Anne Ruas : Le terme durable fait référence aux principes associés au développement durable, concept dont les fondements sont anciens mais qui ont été développés au niveau international en 1982 lors du Sommet de la Terre à Rio, à l'occasion de la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement. Pour rappel, pour l'ONU, les objectifs de développement durable sont « un appel universel à l'action pour éliminer la pauvreté, protéger la planète et améliorer le quotidien de toutes les personnes partout dans le monde, tout en leur ouvrant des perspectives d'avenir ».

La ville durable est donc une ville vertueuse qui n'épuise ni ses propres ressources, ni celles d'autres territoires qui l'alimentent sur le long terme. Elle consomme le moins possible et recycle autant qu'elle peut. Ses externalités négatives (gaz à effet de serre, pollutions) sont les plus basses possible. Mais c'est aussi, comme le rappelle les objectifs de l'ONU, une ville juste et équitable.

La ville durable, au sens onusien, doit aussi permettre l'éducation pour tous, la santé pour tous, la justice pour tous. Elle doit implicitement œuvrer pour le bien-être des citadins et lutter contre les injustices sociales. Peut-être que l'écueil de cette expression « ville durable » serait de laisser suggérer que l'entité « ville » aurait une tête, une pensée, une capacité d'action, alors que la ville est en réalité un espace composé de milliers d'individus, d'infrastructures entremêlées, d'un patrimoine immobilier très diversifié, d'un foncier partagé et d'une gouvernance multinationale. La ville, c'est aussi chacun de nous.

Quels sont les défis majeurs auxquels sont confrontés les villes actuellement ? Pourquoi parle-t-on de « ville en transition » ?

A. R. : Les défis actuels majeurs sont ceux liés au changement climatique, à la perte de biodiversité et à la vie digne pour tous. On parle de transition parce que l'on sait que la ville d'aujourd'hui n'est pas durable et qu'il faut la faire évoluer rapidement. En anglais, on utilise l'expression « *Transition pathway* », ce qui met en valeur le long chemin pour lutter

contre le changement climatique et ses effets, on parle aussi d'atténuation et d'adaptation.

Atténuer, c'est réduire la production de gaz à effet de serre – donc consommer moins d'énergie et utiliser une énergie moins carbonée – pour que le changement climatique soit le moins brutal et délétère possible. Adapter, c'est se protéger au mieux des effets qui sont en train de se produire et de s'intensifier : incendies, sécheresses, canicules, inondations, tempêtes.

Même si tous les territoires sont concernés, la ville est au cœur des transitions parce qu'elle consomme des matériaux et une énergie colossale et qu'elle le refuge privilégié des êtres humains. C'est donc un lieu privilégié d'actions. Si, pour certains lieux-dits en bord de mer, la meilleure stratégie des habitants est sûrement d'aller vivre à l'intérieur des terres plus en hauteur, pour les villes, aller vivre ailleurs, sur un territoire qui serait idéalement construit (peu énergivore, résilient) est utopique. Cela me fait penser à la citation spirituelle d'Alphonse Allais : « Les villes devraient être construites à la campagne, l'air y est tellement plus pur. » Si l'Indonésie déplace le palais présidentiel et de nombreux fonctionnaires de Jakarta à un lieu moins exposé, que va devenir la population ? Un défi majeur qu'il ne faut pas oublier dans cette transition est le risque d'accentuation des inégalités sociales. Les transformations urbaines (isolation, énergie, transports, circuits courts, végétalisations, gestion de l'eau, etc.) doivent être l'occasion de réduire les inégalités sociales et non de les accentuer.

Quels progrès ont été observés ces dernières années ? Auriez-vous des exemples ?

A. R. : Le premier progrès incontestable, c'est la prise de conscience collective des transformations à réaliser, dont la végétalisation des villes et les mobilités douces. La végétalisation apporte de nombreux bienfaits en ville : de l'ombrage, un peu de biodiversité, le plaisir du contact avec la nature, du rafraîchissement en période de canicule, un ralentissement du ruissellement pendant les périodes d'inondation. De nombreuses communes l'ont compris et des plans de végétalisation sont en train de se réaliser, même

« La ville est au cœur des transitions. C'est un lieu privilégié d'actions. »

si très souvent les nouveaux arbres plantés ne compensent pas encore les arbres coupés par les projets immobiliers. Il faut noter très récemment la végétalisation et la désimperméabilisation de très nombreuses cours d'école parce qu'elles appartiennent à la mairie qui peut donc facilement mettre en œuvre ces transformations. Pour la mobilité douce, notamment les pistes cyclables, de nombreux plans étaient déjà étudiés, la crise sanitaire en a facilité la mise en œuvre. On peut noter également quelques grands programmes de rénovation incluant l'isolation thermique dans des parcs de logements sociaux par exemple à Sarcelles. Enfin certaines collectivités (dont Montpellier) ont opté pour le transport collectif gratuit pour les habitants de la métropole afin de réduire l'empreinte carbone tout en défendant une politique sociale. Si ces efforts sont positifs, le chemin reste long. Il faut encore passer de l'échelle du démonstrateur à l'échelle de la ville, ce qui représente un défi.

Quelles sont les dernières grandes orientations de la recherche sur le thème de la ville durable ?

A. R. : On peut citer les trois axes de DUT (Driving Urban Transition), le partenariat européen sur la ville : la ville du quart d'heure, la ville verte et les circuits courts et les quartiers à énergie positive. On retrouve dans ces axes une partie des défis dont il est question plus haut : réduire la consommation énergétique, se prémunir des épisodes de canicules ou d'inondations, préserver et développer la biodiversité, produire et partager l'énergie produite. Tous ces sujets peuvent être étudiés selon différents angles parce qu'ils posent des questions d'efficacité, de gouvernance, de réglementation, de financement, d'assurance, d'incitation, d'organisation, de maintenance, d'acceptabilité, d'adhésion qu'il faut étudier. La question des modèles économiques est fondamentale, tout comme celle de la participation des différents acteurs. En France, avec le soutien du ministère de la Recherche et de l'Enseignement supérieur, et de France 2030, l'ANR finance des projets traitant de la ville durable notamment via l'axe 18 « Villes, bâtiments et construction, transport et mobilité :

transition vers la durabilité » et l'axe D7 « Sociétés et territoires en transition » de l'Appel à projets générique (AAPG). Parmi les Programmes et équipements prioritaires de recherche, le PEPR Ville Durable (VDBI) concerne directement la ville. Dans sa nouvelle stratégie de recherche (2021-2027) l'Ademe, quant à elle, met en avant quatre priorités thématiques qui toutes peuvent apporter des réponses à la transition vers une ville plus durable : l'économie circulaire, la transition écologique des systèmes énergétiques, la transition écologique et société et la préservation des milieux et des ressources.

À quoi ressemblera la ville durable de demain ?

A. R. : Il y a deux modèles opposés : l'un basé sur une dégradation globale avec des poches de quartiers qui sauront mettre en œuvre des solutions efficaces et pertinentes, l'autre basé sur une planification sur plusieurs dizaines d'années visant à terme à améliorer progressivement tout le territoire urbain. Certainement ces deux modèles vont coexister. Je pense que les villes deviendront plus vertes. J'espère que des politiques de planification systématique permettront de rénover les villes et en priorité les quartiers les plus défavorisés. J'espère que des réseaux froids seront bientôt pensés puis déployés pour limiter le recours massif aux climatisations et proposer une fraîcheur moins carbonée. Je souhaite aussi une réflexion et des inflexions des architectes des Bâtiments de France et des copropriétés pour intégrer le changement climatique dans les règlements et pratiques et participer davantage à l'effort. J'imagine par exemple des toits de Paris plus clairs, plus de panneaux solaires déployés, maintenus et utilisés, des facilités pour installer des ombrages. J'espère que les zones d'activités intégreront rapidement davantage de production énergétique décarbonée et bien plus de sols végétalisés pour prendre part à l'effort collectif. J'espère le développement plus massif du reconditionnement et de la réutilisation des matériaux locaux. Enfin et surtout, j'espère partout des quartiers animés, inclusifs et non genrés.

Sommaire

P. 08

PARTIE 1 | LE FINANCEMENT DES PROJETS « VILLE EN TRANSITION » AU SEIN DU PLAN D'ACTION DE L'ANR

P. 10

Chapitre 1 | Panorama des projets
du Plan d'action de l'ANR

P. 14

Chapitre 2 | Projets en coopération
internationale

P. 17

Chapitre 3 | Partenaires des projets

P. 20

Chapitre 4 | Implication des parties
prenantes dans
l'exploitation des résultats
de la recherche

P. 24

Chapitre 5 | Disciplines mobilisées et
thématiques des projets

P. 28

PARTIE 2 | LE FINANCEMENT DES PROJETS « VILLE EN TRANSITION » AU SEIN DE FRANCE 2030

P. 30

Chapitre 1 | Les questions urbaines au
prisme des programmes
d'investissements d'avenir
et de France 2030

P. 32

Chapitre 2 | Les LabEx, EQUIPEX, ITE/
IRT et programmes de
recherche

P. 36

Chapitre 3 | Le programme de recherche
Ville Durable (PEPR VDBI)

P. 38

**PARTIE 3 | LA PRODUCTION
SCIENTIFIQUE AU
PRISME DES APPROCHES
BIBLIOMÉTRIQUES**

P. 40

Chapitre 1 | Quelques éléments
méthodologiques

P. 44

Chapitre 2 | Liens entre projets vus
à travers les publications
conjointes

P. 47

Chapitre 3 | Cartographies thématiques
des publications

P. 56

Chapitre 4 | La production scientifique
des projets du cahier au
prisme des micro-champs
OpenAlex

P. 61

Chapitre 5 | Identification de projets
additionnels ayant contribué
aux enjeux de la ville durable

P. 67

Chapitre 6 | Quelques publications
très visibles

P. 73

Conclusion

P. 74

**PARTIE 4 | PANORAMA DES PROJETS
FINANCÉS**

P. 76

Chapitre 1 | Ville Numérique

P. 84

Chapitre 2 | Pollutions en ville

P. 98

Chapitre 3 | Mobilité douce

P. 110

Chapitre 4 | Circuit court

P. 118

Chapitre 5 | Eau en ville

P. 136

Chapitre 6 | Climat et adaptation

P. 156

Chapitre 7 | Nature en ville

P. 176

Chapitre 8 | Habiter la ville

P. 192

Chapitre 9 | Forme et projets urbains

P. 216

Chapitre 10 | France 2030

P. 232

LISTE DES ABRÉVIATIONS

P. 236

ANNEXE

PARTIE 1

LE FINANCEMENT DES PROJETS « VILLE EN TRANSITION » AU SEIN DU PLAN D'ACTION DE L'ANR

Le Plan d'action de l'ANR est structuré en quatre composantes transversales, chacune d'entre elles disposant d'un budget, d'instruments de financement, d'appels à projets et de programmes spécifiques :

- L'Appel à projets générique (AAPG) lancé en 2014, est structuré en 56 axes de recherche pour l'édition 2024. Avant 2014, la programmation s'organisait autour d'appels thématiques et non thématiques (dits « Blanc »).
- Les appels spécifiques sont mis en place hors du calendrier habituel de l'AAPG afin de répondre à des besoins urgents de recherche, à une priorité décidée par l'État ou encore dans le but de mettre en compétition ou de faire collaborer des équipes de recherche afin de lever des verrous scientifiques ou technologiques majeurs : appels Flash, Challenge ou encore des appels comme Chlordécone et le programme d'accueil PAUSE-ANR Ukraine.
- Les instruments de financement permettant aux équipes françaises de participer à des programmes européens et internationaux avec, entre autres, le Montage de réseaux scientifiques européens ou internationaux (MRSEI), le tremplin-ERC, les initiatives de

programmation conjointes européennes (JPI et partenariats), Horizon Europe, Belmont Forum...

De même, l'ANR met en place des appels à projets dédiés dans le cadre de collaborations bilatérales stratégiques pour l'État, telle que la collaboration franco-allemande en sciences humaines et sociales (FRAL).

- Une composante de la programmation de l'ANR est axée sur le soutien à des projets en partenariat public-privé et le transfert des résultats de la recherche publique vers le monde économique : LabComs, Chaires industrielles, Instituts Carnot, ASTRID et ASTRID Maturation...

Depuis 2010, l'ANR est également l'un des opérateurs du programme d'investissement de l'État France 2030 dans le champ de l'Enseignement supérieur et de la recherche, dont les objectifs généraux sont de stimuler l'emploi, de renforcer la productivité et d'accroître la compétitivité des entreprises françaises en favorisant l'investissement et l'innovation dans des secteurs prioritaires, générateurs de croissance. La partie 2 est ainsi dédiée aux actions et programmes financés dans le cadre de France 2030 sur la thématique du présent cahier.

P. 10

Chapitre 1 | Panorama des projets du Plan d'action de l'ANR

P. 14

Chapitre 2 | Projets en coopération internationale

P. 17

Chapitre 3 | Partenaires des projets

P. 20

Chapitre 4 | Implication des parties prenantes dans l'exploitation des résultats de la recherche

P. 24

Chapitre 5 | Disciplines mobilisées et thématiques des projets

Chapitre 1

Panorama des projets du Plan d'action de l'ANR

Ce cahier répertorie 132 projets financés par l'ANR, particulièrement emblématiques de thématiques importantes pour la transition vers des villes plus durables.

Entre 2005 et 2022, l'Agence a ainsi accordé une aide totale de 62 millions d'euros (liste en annexe). Ces projets ont été principalement identifiés parmi les quelques 28 000 projets soutenus par l'ANR depuis sa création, en utilisant des jeux de mots clés spécifiques des sujets abordés dans ce cahier. Après un premier repérage via la recherche de ces mots clés dans les résumés des projets, une lecture attentive des contenus des projets a permis d'affiner cette sélection et de classer les projets dans les domaines thématiques du cahier. Les coordinateurs et coordinatrices des projets ont ensuite été contactés pour rédiger la fiche correspondant à leur projet. 117 fiches ont ainsi pu être obtenues, auxquelles s'ajoutent 11 fiches provenant d'actions ou de programmes France 2030 évoqués dans la partie suivante.

Il est clair que cette méthode d'inventaire n'a pas permis d'identifier tous les projets qui ont pu contribuer aux enjeux décrits dans ce cahier, surtout si cela n'apparaissait pas clairement dans leurs résumés. De fait, au-delà de ces 132 projets emblématiques, on verra dans le cadre de l'étude bibliométrique présentée dans la partie 3, que de nombreux autres projets soutenus par l'ANR ont aussi contribué à ces sujets.

Répartition annuelle des 132 projets

La répartition temporelle des 132 projets considérés présente une grande variabilité, due à plusieurs facteurs (figure 1) :

- la typologie (tableau 1) des appels proposés aux communautés (notamment la création en 2008 d'un programme thématique dédié à la ville durable qui a permis de financer un nombre conséquent de projets sur ces sujets, et, *a contrario*, le changement de centre de gravité des sujets induit par la fusion de ce programme en 2011 avec un autre programme portant sur l'efficacité des bâtiments qui a plutôt dissuadé une part de ces communautés de déposer des propositions) ;
- des dynamiques de dépôts de projets très variables, en lien avec l'offre d'appels à projets mais également corrélées aux degrés de satisfaction (notamment, lorsqu'une année avait permis de soutenir un nombre significatif de projets sur un sujet donné, l'année suivante conduisait à peu de nouveaux dépôts sur ce sujet) ou lorsque les taux de succès ont atteint des niveaux très faibles, de l'ordre de 10 %.

Deux périodes se distinguent dans le paysage des dispositifs de financement de l'ANR : de 2005 à 2013 et de 2014 à 2022.

De 2005 à 2013, la programmation de l'ANR est divisée pour l'essentiel, en deux grandes composantes : d'une part des appels non thématiques, dits « Blanc », visant à soutenir la recherche dans toutes les disciplines par le financement de projets collaboratifs, de projets de Jeunes chercheuses et jeunes chercheurs (Blanc JCJC) et de projets en partenariat avec des équipes à l'international (Blanc International), et d'autre part, des programmes thématiques visant à renforcer la recherche dans des domaines ciblés. Entre 2005 et 2007, on a identifié un seul projet financé par le programme Blanc dans la thématique de ce cahier.

L'année 2008 se caractérise par une augmentation importante du nombre de projets financés dans cette thématique, liée à la création d'un programme dédié à la ville qui donnera lieu à six appels (un par an) jusqu'à 2013. Les trois premiers appels Villes Durables (de 2008 à 2010) sont focalisés sur les questions de recherche urbaine alors que les suivants, nommés « Villes et Bâtiments Durables » (de

2011 à 2013) ont élargi le périmètre du programme aux questions relatives aux bâtiments, auparavant traitées dans un autre programme (HABISOL 2008-10), notamment dans une perspective de sobriété énergétique¹. Cette fusion du programme Villes Durables et de la partie dédiée au bâtiment d'HABISOL, avait pour objectif le rapprochement des communautés de recherche autour d'enjeux communs d'efficacité énergétique, de minimisation des nuisances environnementales, d'intégration des énergies renouvelables, et plus généralement, d'amélioration du cadre de vie.

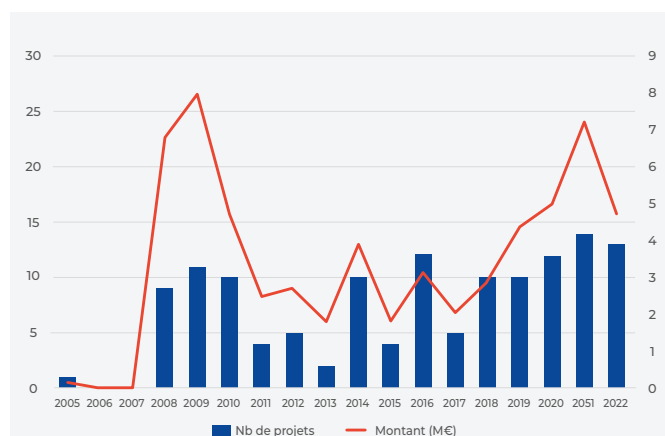


Figure 1. Répartition annuelle des 132 projets financés et des aides allouées.

1. Cette fusion opérée en 2011 correspondait à la volonté de ne pas traiter le bâtiment (et son efficacité énergétique) indépendamment de l'espace dans lequel il s'insère, à l'échelle de l'îlot urbain, voire du quartier. Cet enjeu d'aborder les questions de sobriété énergétique, de qualité environnementale à des échelles dépassant celles du bâtiment avait notamment été identifiée dans la première Feuille de route de l'Ademe sur les bâtiments et îlots à énergie positive et à bilan carbone minimum, en 2010, que l'on peut retrouver à l'adresse : https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/50/020/50020634.pdf

| | |
|--|-----------|
| APPELS NON THÉMATIQUES (2005-2013) | 3 |
| Programme Blanc (2005-2013) | 1 |
| Programme Jeunes Chercheuses et Jeunes Chercheurs | 2 |
| APPELS THÉMATIQUES (2008-2013) | 34 |
| Appels dédiés aux questions sociétales et environnementales | 7 |
| Appels dédiés aux technologies pour le numérique, l'énergie ou l'environnement | 3 |
| Appels dédiés à la ville | 24 |
| APPELS À PROJETS GÉNÉRIQUE (AAPG) (2014-2022) | 72 |
| Axes thématiques relatifs à la mobilité, la construction et la ville | 40 |
| Axes disciplinaires relevant des sciences humaines et sociales | 19 |
| Axes relevant des technologies du numérique et de l'environnement | 7 |
| Axes relatifs au milieu naturel, à l'environnement | 6 |
| AUTRES | 23 |
| Appel spécifique RA-Covid-19 (2020) | 1 |
| MRSEI (2016) | 1 |
| LabCom (2021) | 3 |
| Institut Carnot Franhauffer (2009) | 1 |
| Programmes internationaux bilatéraux et multilatéraux (2005-2022) | 17 |

Tableau 1. Répartition des 132 projets financés selon le type d'appel. Les programmes internationaux seront développés dans le tableau 2.

Toutefois, ce nouveau cycle de programmation 2011-2013 correspond à une baisse sensible du nombre de projets financés dans les thématiques de ce cahier, la fusion ayant modifié le centre de gravité de l'appel et la lecture qu'en faisaient les communautés s'intéressant à la ville, dissuadant des chercheurs de proposer des projets portant sur des sujets purement urbains. Cette diminution s'explique aussi par la baisse des taux de succès des appels à projets, qui s'était amorcée en 2010 pour culminer en 2013, conduisant l'ANR à passer à une sélection en deux étapes à partir de 2014. Pendant cette même période 2011-2013, d'autres appels thématiques donnent lieu au financement de projets (30 % des projets) touchant davantage aux sciences humaines et sociales² ou à l'environnement³.

L'année 2014 marque la fin de ces programmes thématiques et le lancement de l'Appel à projets générique (AAPG), organisé jusqu'en 2017 en défis sociétaux. Le défi 6, « Mobilité et systèmes urbains durables », intègre les sujets qui étaient abordés dans le programme Villes et Bâtiments Durables mais aussi les questions de transport, qui faisaient précédemment l'objet d'un autre programme thématique. Ainsi, 55 % des projets dédiés à la ville en transition, entre 2014 et 2022, se retrouvent dans ce défi sociétal, référencé par la comitologie comme « CE22 », et qui a successivement changé de nom :

- 2014 : Mobilités et systèmes urbains ;
- 2015 à 2018 : Mobilités et systèmes urbains durables ;
- 2019 à 2021 : Sociétés urbaines, territoires, constructions et mobilité ;
- 2022 : Transports et mobilités, constructions dans les territoires urbains et péri-urbains.

Comme le montre le tableau 1, d'autres axes de l'Appel à projets générique ont accueilli des projets sur la ville, dont une grande majorité (60 %) dans des axes relevant du domaine disciplinaire des sciences humaines et sociales. En particulier, entre 2019 et 2021, l'axe transverse « Interactions Humains-Environnement » a permis le financement d'une dizaine de projets⁴, davantage tournés vers la compréhension des attitudes et comportements des populations, notamment face aux transformations de nos villes en lien avec le changement climatique comme le projet RER (Risques - Évacuations - Résilience) dont l'objectif est de mieux comprendre les comportements d'une population en cas d'évacuation.

En 2022, un nouvel axe de l'Appel à projets générique, D.7 « Sociétés et territoires en transition », a été créé. Il accueille des projets ayant un aspect géographique ou spatial, susceptibles d'enrichir la compréhension des territoires (urbanisés, urbains, périurbains, ruraux, productifs...) dans toutes leurs dimensions, leurs dynamiques et leurs interactions. Par conséquent, les projets traitant des politiques de la ville ou encore de l'aménagement et de l'urbanisme se sont réorientés vers ce nouvel axe.

2. Appels à projets Santé-environnement et Santé-travail (2005) et Sociétés Innovantes, innovation, économie, modes de vie (2012)
 3. Appels à projets Changements Environnementaux Planétaires (2010), Changements Environnementaux Planétaires & Sociétés (2011), SEISME HAITI : Pour une reconstruction durable (2010)
 4. COoL-AMmetropolis, ERASEd, STEWARD, ARMAGUEDON, RER, URBALIM, AFRICOOILING, EGOUT, GreenLand, UrbASanté.

Répartition des 132 projets par instrument

La notion d'instrument de financement n'est formalisée qu'en 2014 avec la mise en place de l'Appel à projets générique (AAPG) qui distingue :

- les projets de recherche collaborative entre laboratoires de recherche publique (PRC) ;
- les projets de recherche collaborative entre partenaires publics et privés (PRCE), ces partenaires privés n'étant pas nécessairement des industriels ;
- les projets Jeunes Chercheurs, Jeunes Chercheuses (JCJC) ;
- les projets de recherche collaborative bilatéraux entre partenaires français et partenaires étrangers ayant demandé un financement à leur propre agence de financement et dont un accord de collaboration a été établi avec l'ANR (PRCI) ;
- les projets PRME (mono-équipe), instrument proposé à partir de 2022.

Dans les éditions suivantes apparaîtront d'autres types d'appels, pour accompagner les projets de réseau, à la durée (24 mois) et au financement limités (50 k€ maximum), dont l'objectif était la constitution d'un réseau de chercheurs en France et à l'étranger afin de candidater par la suite à un appel européen. Ce dispositif particulier a été proposé uniquement en 2014, puis remplacé par les appels MRSEI. Un seul projet réseau entre dans le périmètre du cahier.

La figure 2 présente la répartition des projets par type de collaboration et instrument. Si l'AAPG est mis en place en 2014, certains instruments de financement existaient précédemment. Ainsi, les projets JCJC et PRCI étaient proposés depuis 2005 dans les appels non thématiques et une forme de PRCE existait sous les termes de « projet partenarial organisme de recherche / entreprise »,

notamment dans les programmes thématiques, où, parfois, ce type de partenariat était exigé. Pour la suite de l'analyse, nous élargirons donc, pour la période 2005-2013, la notion de partenariat entre organisme de recherche et entreprise à la collaboration public/privé et nous nommerons « projets internationaux », les projets de recherche collaborative à l'international (PRCI) financés dans le cadre du programme Blanc international ou de l'Appel à projets générique, ou encore dans le cadre d'appels spécifiques bilatéraux ou multilatéraux. Ces projets internationaux seront examinés en détail dans une section dédiée de ce chapitre.

Comme le montre la figure 2, les quatre instruments de financement - JCJC, PRC, PRCE et PRCI - sont représentés dans les projets traitant de la ville en transition. La répartition des instruments d'une année sur l'autre, bien que relativement stable sur un axe thématique donné, est assez variable en raison des dépôts par rapport au périmètre thématique de ce cahier. On constate néanmoins que les jeunes chercheurs et jeunes chercheuses ont commencé à être véritablement financés sur ces sujets à partir de la mise en place de l'Appel à projets générique, soit à partir de 2014.

Sur la période 2005-2013, le financement de projets sur la ville en transition prend véritablement son élan en 2008 avec la création du programme Villes durables. Ce dernier, qui visait à mobiliser la communauté scientifique afin d'aider à éclairer les décisions publiques et de produire des outils et des techniques qui permettraient aux villes de mieux intégrer les exigences du développement durable, était découpé en quatre volets :

- les nouveaux services et la gouvernance ;
- les dynamiques spatiales et la mobilité ;
- l'environnement et les risques ;
- les infrastructures, réseaux et constructions.

Les projets déposés dans le volet (iv) devaient nécessairement être collaboratifs⁵ et compter au moins une entreprise dans le consortium, en plus d'un partenaire public. Ainsi, même si cette exigence a disparu dans les autres éditions, une part plus importante de projets collaboratifs avec les entreprises⁶ a été financée pendant cette première période 2005-2013. Les trois projets JCJC ont, quant à eux, été sélectionnés dans les appels non thématiques dédiés aux JCJC puisque les appels thématiques ne permettaient que le financement de projets uniquement collaboratifs.

Sur la période 2014-2022, 80 % des projets pris en compte dans ce cahier ont été financés dans le cadre de l'Appel à projets générique (AAPG). Sur l'ensemble des projets collaboratifs, les consortia des projets traitant de la ville sont caractérisés par un nombre élevé de partenaires financés, en moyenne six par projet (contre une moyenne de trois sur l'ensemble de l'AAPG⁶) ; ce nombre moyen évolue peu d'une année à l'autre (même s'il existe de fortes variations entre projets, avec de trois à onze partenaires selon les projets). Le projet ayant le plus gros consortium est le projet UrbASanté avec 17 partenaires dont 14 financés par l'ANR. Ces consortia de taille importante s'expliquent par la pluridisciplinarité des projets, qui intègrent aussi, parfois, des acteurs de la société civile, comme les collectivités territoriales. À titre d'exemples, la Ville de Paris participe au projet UrbASanté, les communautés d'agglomération Rennes Métropole et Montpellier Méditerranée Métropole participent au projet LUNNE. Cependant, la part des collectivités dans les projets de recherche reste faible, du fait, en partie, des contraintes administratives très fortes, notamment calendaires, qui pèsent sur les collectivités territoriales pour s'engager financièrement dans ce type de projets.

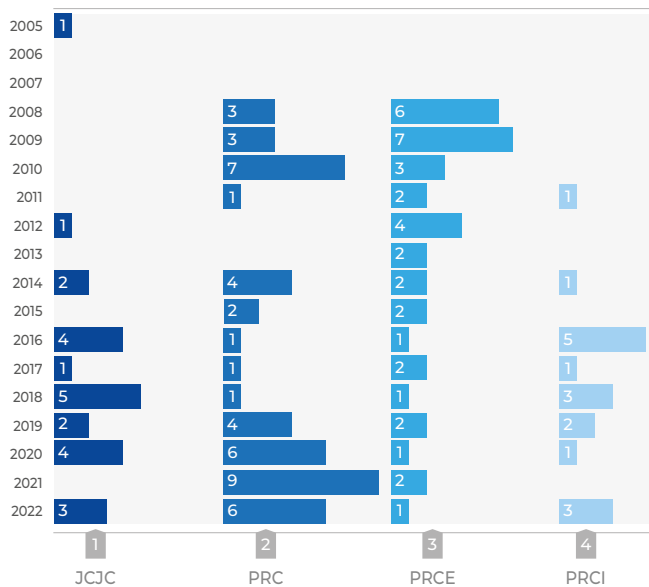


Figure 2. Répartition annuelle des projets financés par instrument de financement.

De gauche à droite :

1. Jeunes chercheuses et jeunes chercheurs ou Programme Blanc JCJC jusqu'en 2013, puis AAPG - JCJC à partir de 2014 ;
2. Projets de recherche collaboratifs PRC : Programme Blanc jusqu'en 2013, puis AAPG - PRC à partir de 2014 ;
3. Projets collaboratifs en partenariat public/privé : Programmes thématiques jusqu'en 2013, puis AAPG - PRCE à partir de 2014 ;
4. Projets internationaux : Programme Blanc jusqu'en 2013, puis AAPG - PRCI dès 2014 et projets appels spécifiques bilatéraux et multilatéraux.

5. Projets à au moins deux partenaires, donc excluant les projets monopartenaireux comme les JCJC.

6. Moyenne obtenue sur l'ensemble des projets collaboratifs (hors JCJC, PRME) financés sur l'Appel à projets générique pendant la période 20014-2022.

Chapitre 2

Projets en coopération internationale

Les appels à projets internationaux ou les instruments spécifiques dédiés au soutien de projets bilatéraux comme les PRCI, offrent la possibilité aux équipes françaises de travailler avec des partenaires étrangers sur des questions relatives à la ville dans le cadre de projets collaboratifs. Dix-sept des projets présentés dans ce cahier ont été financés dans le cadre d'appels internationaux (tableau 2) et couvrent des thématiques relatives au climat urbain, à la préservation des écosystèmes, à la gestion de ressources, à la

dépense énergétique, à la mobilité douce, à la justice sociale ou encore à l'agriculture. Ces projets ont été soutenus dans différents cadres de coopération, notamment via des programmes internationaux bilatéraux (Blanc international, appel à projets franco-québécois...) ou multilatéraux (JPI Water, JPI Urban Europe entre 2016 et 2021, Partenariat européen Horizon Europe Driving Urban Europe - DUT depuis 2022...).

| PROGRAMMES BILATÉRAUX | |
|---|---|
| Programme Blanc (2005-2013) | 1 |
| Appel à projets générique (AAPG) - PRCI (2013-2022) | 4 |
| Appel à projets franco-québécois dans le secteur maritime | 1 |
| JPI URBAN EUROPE | |
| ERA-NET EN-SUGI | 1 |
| ERA-NET EN-UAC | 1 |
| ERA-NET ENSUF | 3 |
| ERA-NET EN-UTC | 2 |
| AUTRES PROGRAMMES MULTILATÉRAUX | |
| ORA-Chine | 1 |
| Biodiversa | 1 |
| JPI Water | 2 |

Tableau 2. Nombre de projets internationaux financés dans le périmètre d'étude du cahier.

ERA-NET ENSUF : Smart Urban Futures ; ERA-NET EN-SUGI : Sustainable Urbanisation – Global Challenges ; ERA-NET EN-UAC : Urban Accessibility and Connectivity ; ERA-NET EN-UTC : Urban Transformation Capacities.

Les programmes bilatéraux

Parmi ces dix-sept projets, six sont des projets collaboratifs entre équipes françaises et équipes d'un autre pays. Ces types de projets sont le fruit d'accords spécifiques entre la France et le pays étranger, que ce soit dans le cadre d'un appel spécifique comme l'appel à projets franco-québécois dans le secteur maritime ou dans le cadre de l'AAPG via l'instrument PRCI, qui a remplacé, en 2014, le programme Blanc international. Outre le Québec qui a fait l'objet d'une collaboration spécifique, des partenariats ont été établis avec le Brésil pour trois projets (HIGHRISE, CoPolis et BIOMASPplus) et l'Allemagne pour un seul projet (GREENVELOPES).

Les programmes multilatéraux

Les onze autres projets ont été financés via des programmes multilatéraux dont sept sont issus d'appels élaborés dans le cadre de l'Initiative de programmation conjointe (JPI⁷) Urban Europe. Deux autres projets ont été financés dans le cadre d'appels associés à la JPI Water (IDOUM et URBANWAT), un projet venant du programme Biodiversa et un dernier de l'appel ORA-Chine⁸.

De manière générale, ces projets impliquent des consortia de taille assez importante, rassemblant des équipes provenant d'au moins trois pays. À titre d'exemple, le projet COOLSCHOOLS, financé en 2022 dans le cadre de l'ERA-NET Cofund ERA-NET Urban Transformation Capacities (EN-UTC) comporte seize partenaires dont des métropoles européennes (Barcelone, Paris, Rotterdam).

Sur ce portefeuille de onze projets, les partenaires financés par l'ANR ont collaboré avec des équipes provenant de dix-neuf pays, dont quatre en dehors de la zone européenne. Le tableau 3 indique les pays présents dans les projets financés par les dispositifs bilatéraux ou multilatéraux, que ce soit dans le cadre de la JPI Urban Europe ou dans d'autres cadres. Les couples France-Pays-Bas ainsi que France-Royaume-Uni dominent largement avec pas moins de 7 projets (respectivement 4), suivi par la Pologne (3). Cela s'explique par la forte appétence de ces pays pour les thématiques de la ville et qui se répercute dans les projets internationaux. Nous pouvons noter des sujets de prédilection, notamment avec la Grande-Bretagne sur l'économie verte et l'agriculture.

La collaboration internationale, déjà soutenue via des programmes bilatéraux, a pris de l'ampleur à partir de 2016, date à laquelle l'ANR a participé à son premier appel de la JPI Urban Europe (la JPI avait lancé précédemment trois appels auxquels la France n'avait pas participé), qui a pour ambition de fédérer la recherche européenne sur la ville. En témoigne le pourcentage de projets de ce cahier provenant directement d'appels internationaux lancés dans le cadre de la JPI Urban Europe, soit 41 % parmi les projets internationaux.

7. Joint Program Initiative
8. Open Research Area

L'Initiative de programmation conjointe Urban Europe (JPI UE)

Les Initiatives de programmation conjointes (JPIs) étaient des structures informelles de coordination, pilotées par des États membres de l'Union Européenne, destinées à stimuler et dynamiser la recherche en dépassant les frontières nationales et à permettre la convergence et l'ouverture à l'international de programmes de recherche nationaux. Depuis 2008, dix JPI ont été créées, sur des thématiques variées, dont la JPI Urban Europe en 2010, centrée sur les problématiques de la ville : mobilité, circuits courts, quartiers à énergie positive, adaptation aux changements climatiques, aménagement, etc. L'ANR a rejoint la JPI UE en 2016, pour participer à cet effort de recherche européen, permettant le financement d'une vingtaine de projets incluant au moins un partenaire français. Il est cependant important de souligner que ces appels de la JPI UE n'ont pas permis de révéler de nouvelles équipes de recherche françaises sur ces thématiques, les équipes françaises impliquées étant aussi bénéficiaires d'autres projets ANR. La plupart de ces appels de la JPI UE ont été lancés dans le cadre d'instruments spécifiques soutenus par la Commission Européenne, les ERA-NET Cofunds, des programmes-cadres européens, notamment Horizon 2020 : ERA-NET ENSUF (Smart Urban Futures), EN-SUGI (Sustainable Urbanisation - Global Challenges) en collaboration avec le Belmont Forum, EN-UAC (Urban Accessibility and Connectivity), EN-UTC (Urban Transformation Capacities), ERA-NET élaborés au sein de la JPI UE.

Le partenariat européen Driving Urban Transitions (DUT)

Le lancement du programme-cadre européen Horizon Europe a sonné le glas de l'instrument ERA-NET Cofund, remplacé par les partenariats cofinancés (par les États membres et la Commission Européenne). Dans la continuité de la JPI UE, qui s'est effacée depuis 2022, un partenariat dédié à l'urbain, Driving Urban Transitions (DUT) a été conçu et lancé. Il réunit la plupart des agences de financement qui avaient été impliquées dans de précédentes actions de la JPI.

Le partenariat DUT a réuni 27 pays européens pour son premier appel à projets. Des partenaires de pays non engagés peuvent participer sur fonds propres, ouvrant la possibilité de collaborations avec d'autres régions du monde (Amérique, Asie).

DUT est axé autour de trois piliers : la ville du quart d'heure, les quartiers à énergie positive, la ville verte et l'économie circulaire. Dans le cadre du premier appel, sept projets impliquant des partenaires ANR ont été financés, dans des consortia de taille moyenne à grande. Côté français, l'Ademe est également impliquée dans le partenariat DUT afin de soutenir des projets de recherche plus avale que ceux financés par l'ANR. Le partenariat DUT devrait lancer un appel par an au moins jusqu'en 2027. D'autres partenaires internationaux, comme le Canada et la Corée du Sud ont rejoint le consortium des financeurs depuis le premier appel, offrant la possibilité de proposer plus facilement des projets avec des partenaires de ces pays.

| | MULTILATÉRAL HORS JPI UE | MULTILATÉRAL JPI UE | BILATÉRAL | TOTAL |
|--------------------|--------------------------|---------------------|-----------|-------|
| EUROPE | | | | |
| Pays-Bas | 2 | 5 | | 7 |
| Royaume-Uni | 1 | 3 | | 4 |
| Allemagne | 1 | 1 | 1 | 3 |
| Pologne | 1 | 2 | | 3 |
| Espagne | 1 | 1 | | 2 |
| Belgique | 1 | 1 | | 2 |
| Portugal | 1 | 1 | | 2 |
| Roumanie | | 2 | | 2 |
| Estonie | 1 | | | 1 |
| Suisse | 1 | | | 1 |
| Danemark | | 1 | | 1 |
| Italie | | 1 | | 1 |
| Serbie | | 1 | | 1 |
| Suède | | 1 | | 1 |
| Autriche | | 1 | | 1 |
| HORS EUROPE | | | | |
| Brésil | 1 | | 3 | 4 |
| Chine | 1 | 1 | | 2 |
| États-Unis | | 1 | | 1 |
| Afrique du sud | 1 | | | 1 |
| Canada | | | 1 | 1 |

Tableau 3 : Pays partenaires de l'ANR dans le cadre de projets multilatéraux ou bilatéraux. Le chiffre indique le nombre de projets dont les équipes françaises sont en partenariat avec au moins une équipe financée par une agence du pays indiqué.

Chapitre 3

Partenaires des projets

Les 132 projets pris en compte dans ce cahier ont mobilisé 677 équipes de recherche. Comme le montre la figure 3, les universités et organismes de recherche arrivent en tête (respectivement 32 % et 30 % des projets) des partenaires les plus représentés dans les projets ANR, suivis par la catégorie « autre établissement d'enseignement supérieur » dont la présence est marquée dans les projets rentrant dans la thématique de ce cahier : en effet, de nombreux laboratoires dépendant spécifiquement des Grandes écoles participent à ces projets : École nationale des Ponts et Chaussées (ENPC), École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE), Écoles nationales d'architecture ou encore École des Ingénieurs de la Ville de Paris (EIVP) pour ne citer que les plus présentes.

Concernant les acteurs de la recherche publique, outre le CNRS évidemment (un nombre significatif d'UMR participant en indiquant comme tutelle gestionnaire le CNRS), l'université Gustave Eiffel (créée en janvier 2020 en intégrant notamment les composantes de l'IFSTTAR, qui participait à beaucoup de projets) est un partenaire très présent sur cette thématique (figure 4), ainsi que les INSA et Aix-Marseille université. À noter également la place visible du Cerema (Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement) qui est un établissement public qui dispose de ses propres forces de recherche mais dont la mission principale est d'accompagner les territoires dans ces domaines par des missions de conseil, notamment basées sur des connaissances acquises dans le cadre de travaux de recherche.

Au niveau des laboratoires, les structures de recherche les plus financées sont :

- IRSTV (Institut de recherche en sciences et techniques de la ville), fédération de plusieurs laboratoires nantais avec 7 projets ;
- ICube (Laboratoire des sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie - UMR 7357) avec 6 projets ;
- PACTE (Laboratoire de sciences sociales - UMR 5194) : 6 projets ;
- Laboratoire AAU (Ambiances Architectures Urbanités - UMR 1563) avec 5 projets ;
- LEESU (Laboratoire Eau, Environnement, Systèmes Urbains - UMR 102) avec 5 projets ;
- CNRM (Centre national de recherche météorologique), dépendant de Météo France avec 5 projets ;
- LSCE (Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement - UMR 8212) avec 5 projets.

Ces laboratoires que l'on retrouve dans plusieurs projets jouent souvent un rôle fédérateur et structurant dans une thématique spécifique : CNRM et LSCE pour les projets traitant du climat urbain et de l'îlot de chaleur, LEESU autour des sujets relatifs à l'hydrologie urbaine... Ils agrègent également, dans des configurations variables selon les projets, d'autres acteurs apportant des compétences complémentaires spécifiques nécessaires à la réalisation du projet. Les partenaires se concentrent essentiellement dans des grandes métropoles telles que la région parisienne⁹, la région lyonnaise¹⁰ et plus marginalement Marseille¹¹ (figure 5). Ce qui n'empêche pas de trouver des équipes financées dans toutes les régions françaises exceptées la Corse et les DROM-COM.

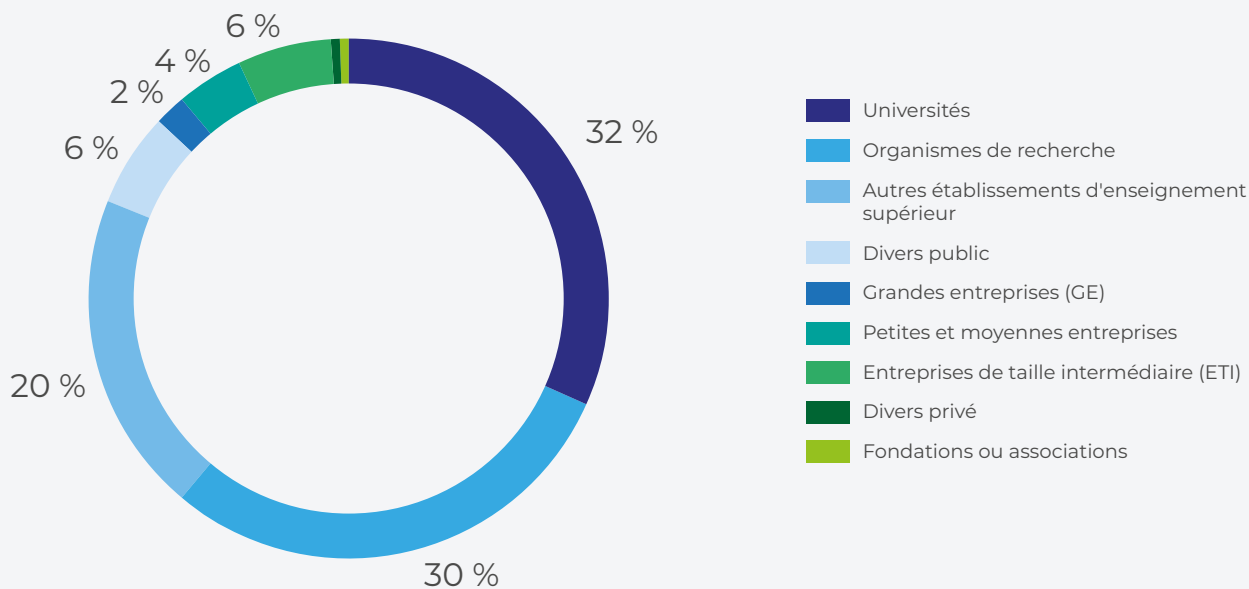
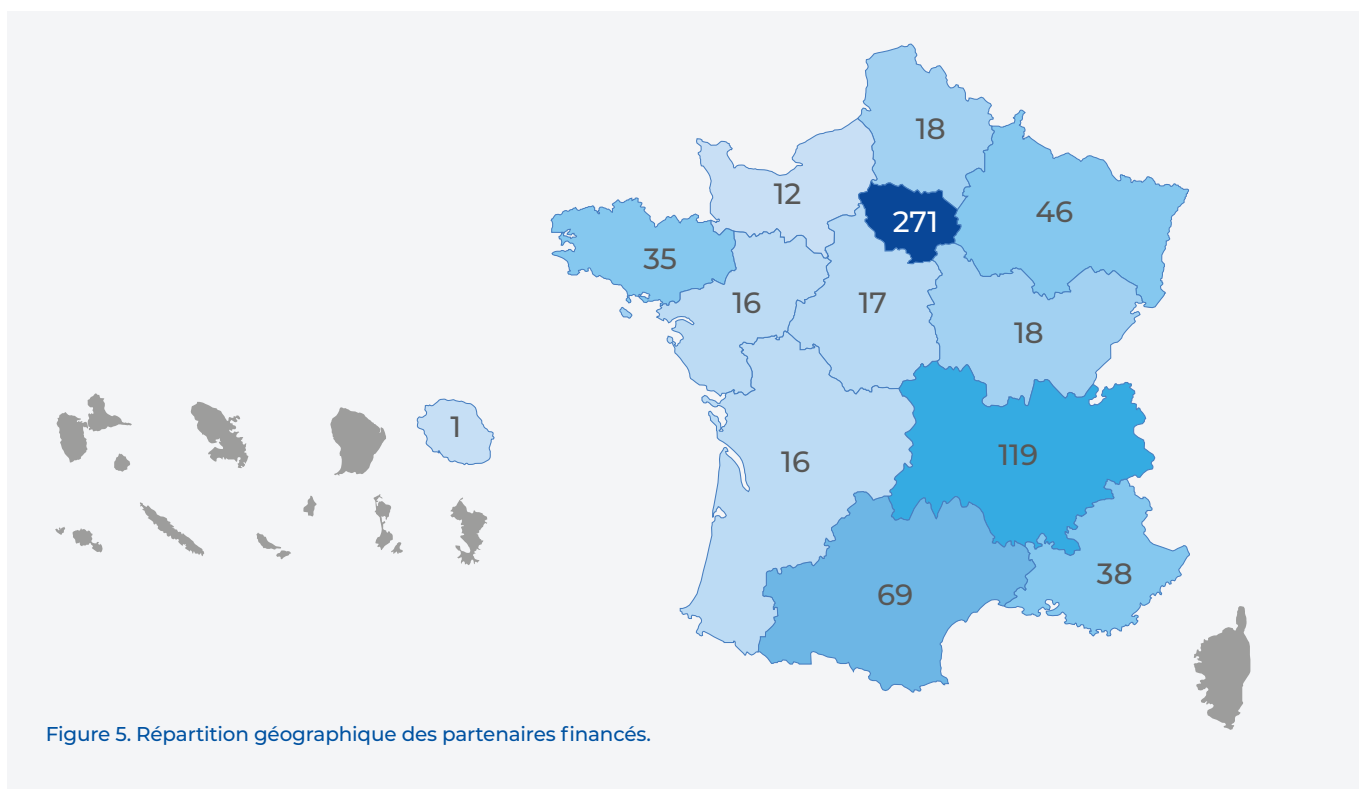
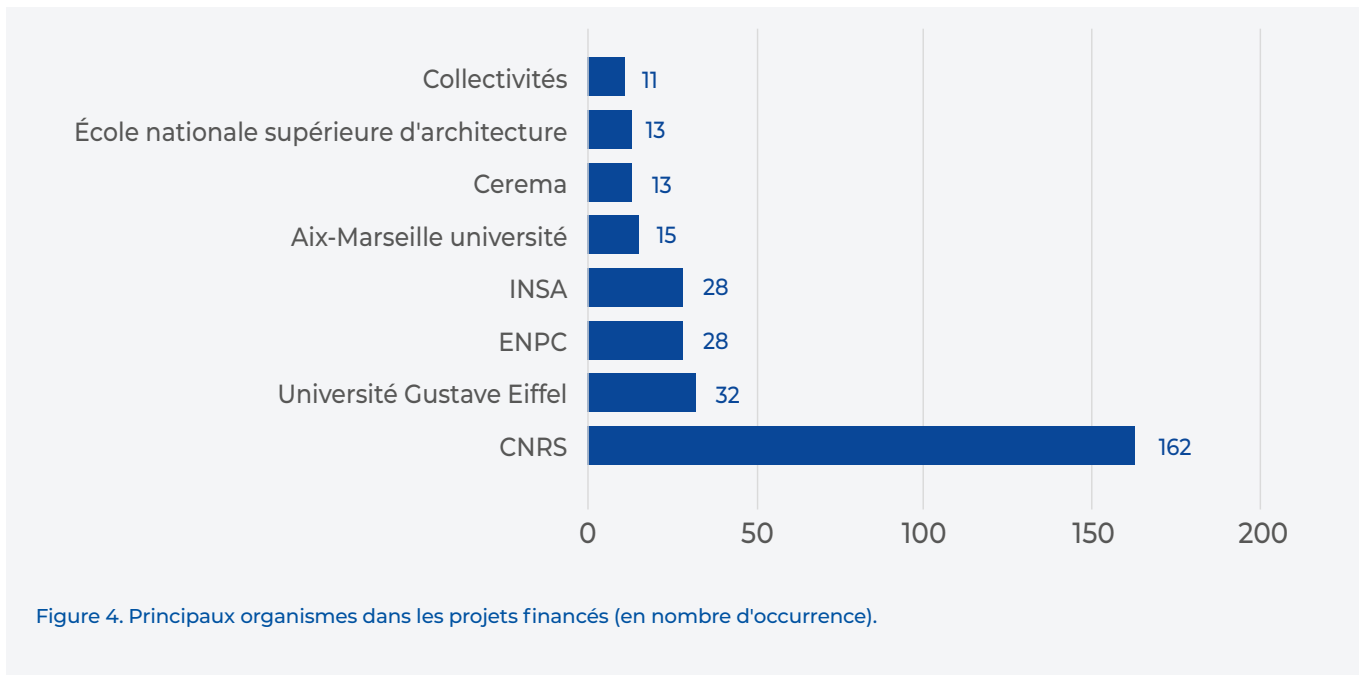


Figure 3. Typologie des partenaires financés.

9. Sont notamment présents en Île-de-France l'université Gustave Eiffel, l'École nationale des Ponts et Chaussées

10. Sont principalement présents dans la région lyonnaise l'INSA, l'École Centrale de Lyon, l'ENTPE, l'ENS de Lyon et l'université Lumière Lyon 2.

11. Aix-Marseille université



Chapitre 4

Implication des parties prenantes dans l'exploitation des résultats de la recherche

Outre les laboratoires de recherche publique, qui restent les principaux bénéficiaires des financements, on a vu que nombre des projets impliquent aussi d'autres types d'acteurs : des entreprises mais aussi des associations ou fondations et des collectivités territoriales, notamment des municipalités.

Il ne s'agissait pourtant pas d'une exigence a priori des programmes thématiques de la période 2008-2013 que d'impliquer ces autres acteurs (sauf dans le cas très particulier de l'axe consacré aux infrastructures, réseaux et constructions des premiers appels à projets Villes Durables) mais il s'avère que beaucoup de porteurs de projets ont jugé utile, dès le départ, d'associer à leurs recherches ces types de partenaires. Ce parti pris repose sur l'idée que ces acteurs vont apporter, dès la phase de conception des recherches, des éléments (cas concrets, données, territoires d'expérimentation ou d'observation...) pour que les travaux réalisés soient en meilleure adéquation avec des problèmes de terrain d'une part, et que le transfert des connaissances, méthodes ou outils développés dans le cadre du projet soit facilité d'autre part.

En effet, contrairement à d'autres domaines scientifiques, les recherches portant sur la ville débouchent rarement sur une solution technique dont va pouvoir s'emparer une entreprise pour la mener à un stade de développement plus avancé et ensuite, éventuellement, la mettre sur le marché. Les recherches prises en compte pour ce cahier présentent plusieurs spécificités qui se démarquent nettement du développement de technologies ou de produits.

Ces recherches sont souvent associées à des terrains spécifiques, avec des contextes géographique, climatique, hydrologique, social, réglementaire... particuliers, ce qui justifie la participation de collectivités territoriales mettant à disposition des chercheurs des données, des espaces d'expérimentation... pour ces travaux et qui, en retour, peuvent être directement intéressées par les résultats de ces travaux. Cette dimension « locale » des recherches peut en revanche poser des problèmes de montée en généralité et d'applicabilité ou répliquabilité dans d'autres contextes. Les exemples présentés dans ce cahier montrent comment ces travaux ont réussi à s'affranchir de cette difficulté et ont pu aboutir à des résultats utilisables dans une grande variété de contexte.

Inversement, les recherches portant sur les sujets urbains mais déconnectées des terrains posent question en termes de pertinence ainsi que par rapport à l'usage des résultats qui peuvent en sortir. C'est pour cette raison que le programme de recherche sur la ville durable (PEPR VDBI), lancé dans le cadre de France 2030, a insisté pour que des collectivités territoriales soient associées aux projets déposés dans le cadre de son premier appel à projets et que les recherches proposées soient tirées de leurs problématiques.

Collectivités territoriales, entreprises...

Dans la recherche urbaine, les bénéficiaires finaux des résultats sont les collectivités territoriales et plus généralement les habitants des villes : les entreprises interviennent comme intermédiaires entre la recherche et la fourniture de services aux villes, que ce soit en termes d'appui à l'ingénierie et à la conception ou en termes de gestion urbaine. Ce qui explique pourquoi un nombre significatif d'entreprises impliquées relèvent soit du secteur de l'ingénierie et du conseil (EGIS, impliquée dans quatre projets sur l'aménagement urbain, ARTELIA dans deux projets sur l'eau en ville, Le Sommer Environnement et SOLAGRO dans deux autres projets également sur l'eau, SAFEGE sur l'aménagement urbain, TESORA en ingénierie de l'environnement, CitéSource sur le métabolisme urbain, BETEM en ingénierie du bâtiment, INGEO sur le diagnostic immobilier,

IZUBA énergies sur l'analyse en cycle de vie à l'échelle des quartiers, GeoCarta et KERMAP sur l'imagerie urbaine, arx iT dans le domaine du conseil numérique...), souvent des PME, soit du secteur des services urbains (JC Decaux Cyclocity, Keolis et RATP pour la mobilité, ICADE pour l'habitat, Suez Environnement et Veolia pour l'assainissement...), pour la plupart des grands groupes. Ont également été associées à des projets quelques agences d'architectes-urbanistes (agence d'architecture XLGD, Ateliers Lion Associés).

La participation des entreprises n'est pas toujours un facteur suffisant pour traduire rapidement les résultats obtenus en fin de projet ANR en une innovation commercialisable et utile pour des praticiens, comme le soulignait Sylvain Petitet, impliqué dans deux projets de ce cahier (FURET et RESILIS) en tant que directeur de la recherche et de l'innovation de la société EGIS et de sa filiale Atelier Villes & Paysages, dans un article publié par *Metropolitiques*¹². Cette traduction est particulièrement difficile lorsque les projets intègrent une dimension forte en sciences sociales et humaines et qu'il ne s'agit pas simplement de développements techniques. Une phase d'investissement important de la part de l'entreprise (ou d'autres acteurs) est nécessaire pour assurer ce passage des résultats de la recherche vers des outils, méthodes ou produits utiles à des praticiens comme ceux des collectivités territoriales.



© C. Schwartz, LSE, UL-INRAE, projet JASSUR.

12. « Les entreprises de l'aménagement face à la recherche : illusions, désillusions et réalisations » https://metropolitiques.eu/IMG/pdf/met_petitet.pdf. On invite fortement le lecteur à lire cet article éclairant sur les spécificités du transfert de la recherche vers l'innovation dans le domaine urbain et sur les différences avec le développement de technologies.

Observatoires, agences d'urbanisme...

De fait, il n'existe pas une voie unique pour assurer le transfert de résultats de recherche en innovations et les projets présentés dans ce cahier donne un bon aperçu de différentes alternatives.

Certains projets associent à leurs travaux de potentiels utilisateurs des résultats : par exemple des observatoires de la qualité de l'air (AirParif, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, AtmoSud...) dans des projets portant sur ce sujet, ou un observatoire de la qualité sonore (Acou-cité) pour le projet dédié à ce sujet.

Certains consortia ont intégré à leur projet des tierces parties comme les agences d'urbanisme dans le cas de projets sur l'aménagement urbain (ECOPOLIS, H3Sensing, MApUCE) ou des associations qui ont vocation à diffuser la connaissance auprès des praticiens : sur le sujet de la nature en ville, le centre de ressource Plante&Cit  a été partenaire de quatre projets (VegDUD, ECOVILLE, JASSUR et BISES) avec pour rôle d'assurer la traduction de certains résultats importants en fiches de synthèse¹³ à destination des acteurs locaux. C'est aussi souvent un des rôles du Cerema dans les projets où cet organisme est impliqué.

Cette étape de consolidation et traduction de résultats de recherche en éléments utilisables par des praticiens est également prévu par le PEPR VDBI, avec la création de trois centres opérationnels¹⁴ qui ont pour vocation d'agréger les connaissances et outils produits dans le cadre des projets du PEPR (ou même dans d'autres cadres que le PEPR, en France), en vue de proposer des données, outils et méthodes utilisables par les acteurs territoriaux.

Synthèses, offres de services et de formation...

En parallèle de ces centres opérationnels, va être mise en place une activité d'éditorialisation des résultats. Ce transfert reposant sur des actions complémentaires aux projets de recherche est une voie également explorée par le Partenariat européen *Driving Urban Europe*, avec la création de *knowledge hubs* dont un des objectifs sera de produire des synthèses et traductions de résultats à destination des praticiens.   noter que ce partenariat a aussi exigé la participation active de collectivités territoriales dans les projets financés.

L'ITE Efficacy initié et soutenu dans le cadre de France 2030 depuis 2011, sur lequel nous reviendrons par la suite, est un autre modèle intéressant pour le passage de la recherche à l'innovation :   partir des recherches qu'il mène en mobilisant les compétences et acquis des organismes de recherche partenaires de l'ITE, de ses propres équipes et des entreprises impliquées, il développe une offre de services à base de prestations aux acteurs territoriaux reposant sur les méthodes et les logiciels développés. D'autres projets montrent encore d'autres voies de valorisation : ainsi, le projet PLUPATRIMONIAL, qui s'intéressait à la question de protection du patrimoine à travers le Plan Local d'Urbanisme, a développé un *serious game* « La ville sous cloche ? »¹⁵ destiné à animer des ateliers de concertation ou de participation citoyenne lors de l'élaboration des documents d'urbanisme ou de certains outils patrimoniaux, afin de sensibiliser les habitants à la réglementation en la mati re¹⁶.

Un autre exemple est le projet FURET (Chantiers furtifs urbains), qui avait déjà abouti à la mise à disposition d'une méthode et d'un outil d'aide   la décision pour limiter les nuisances liées aux chantiers urbains. Cet outil, testé par quelques collectivit s¹⁷, a finalement donné lieu à la création d'un MOOC (Massive Online Open Course¹⁸), dix ans après la sélection du projet.

Le projet BIMBY, financé en 2009, a permis d'élaborer une démarche de densification des espaces péri-urbains (concept BIMBY¹⁹) afin de lutter contre l'artificialisation tout en permettant la construction de nouveaux logements. Cette démarche a conduit d'une part à la création en 2013 d'une startup destinée à exploiter les résultats du projet (Villes Vivantes²⁰) et d'autre part, à modifier les réglementations d'urbanisme (loi ALUR) pour en permettre la mise en œuvre.   la date de rédaction de ce cahier, une filière BIMBY était en émergence, avec déjà plusieurs centaines de nouveaux logements crées dans ce cadre, après de premières opérations en 2015 avec la ville de Périgueux concernant plus de 250 logements.

Des financements complémentaires pour approfondir les recherches

Enfin, il est souvent nécessaire que les pouvoirs publics continuent à accompagner les équipes suite aux projets ANR afin de leur permettre d'avancer sur le chemin de l'innovation et le développement d'outils utilisables par des acteurs de terrain. Cet accompagnement de la R&D ne se réalise pas nécessairement sous la forme d'une suite financée par l'ANR, même si des dispositifs comme le programme LabCom pourraient s'y prêter : BPIFrance et, dans ces thématiques, l'Ademe, proposent des financements pour les suites de travaux. Un exemple emblématique mais pas unique qui a pu bénéficier de ce soutien est celui des projets P ENDORA (Planification, Adaptation et énergie : Données territoriales et accompagnement)²¹ et P ENDORA 2 (Pour la gestion du confort estival : Données, Outils et Recherche-Action), financés par partir de 2017 par l'Ademe dans le cadre de ses appels à projets (respectivement AAP-MODEVAL-URBA et AAP-PACT2e 2021). Ces projets se positionnent explicitement comme les suites du projet ANR MApUCE, avec notamment comme objectif d'améliorer les méthodologies d'accompagnement des acteurs de l'urbanisme dans leur élaboration de documents de planification vis à vis de l'adaptation climatique et de mettre en place un protocole de suivi associé.   noter que MApUCE a été particulièrement fécond puisqu'au moins un autre projet financé par l'Ademe en 2015 s'inscrit aussi dans sa continuité (et dans celle d'un autre projet ANR, MUSCADE) : MULtiPlicités (Optimisation énergétique multi-échelle et modélisation multicritères des formes urbaines)²².

13. Voir par exemple https://www.plante-et-cite.fr/projet/fiche/39/vegudud_role_du_vegetal_dans_le_de

14. <https://pepr-vdbi.fr/les-centres-operationnels>

15. <https://www.ville-jeux.com/La-ville-sous-cloche.html>

16. <https://anr.fr/fr/actualites-de-lanr/details/news/protection-du-patrimoine-le-plan-local-durbanisme-plu-un-outil-necessaire-et-suffisant/>

17. <https://www.egis-group.com/fr/articles/comment-diminuer-les-nuisances-des-chantiers-urbains>

18. <https://www.editions-rgra.com/revue/962/formation/mooc-furet-acceptabilite-des-chantiers-urbains/> / <https://www.my-mooc.com/en/mooc/furet-acceptabilite-des-chantiers-urbains>

19. https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/sites/artificialisation/files/inline-files/GuideSF_4_densifier_web.pdf

20. <https://www.vivantes.fr/>

21. <https://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article1119> / <https://blogs.univ-tlse2.fr/julia-hidalgo/les-projets-de-recherche-2/paendora-2-2022-2025/>

22. <https://ira.toulouse.archi.fr/ira/activites/projets/multiplicites>

Cependant, les liens entre projets ANR et projets financés par un autre guichet (Ademe, BPIFrance, Régions, Union Européenne...) ne sont pas toujours aussi explicites que dans le cas de MApUCE : par exemple, il est vraisemblable que le projet SEMOIRS (Évaluation des services écosystémiques rendus par les microfermes urbaines et leurs sols)²³ financé en 2018 par l'Ademe s'appuie sur des résultats du projet ANR JASSUR (Jardins ASSociatifs URbains et villes durables : pratiques, fonctions et risques), compte-tenu des sujets et d'un nombre significatif de partenaires communs aux deux projets (UMR LSE, UMR Ecolab, UMR TELEMME, UMR

SAD-APT), sans que cela ne soit affiché clairement. De même, le projet SUPRA (Sols urbains et projets d'aménagement) financé également par l'Ademe avec le même coordinateur que JASSUR, s'appuie sur certains enseignements issus de ce dernier projet. Ainsi, ce type de filiation reste difficile à reconstituer, surtout lorsque les projets ultérieurs n'utilisent qu'une partie des résultats du projet ANR. Il est de fait malheureusement impossible de donner une vision exhaustive de ces retombées, hors publications scientifiques que nous traiterons dans la partie 3 de ce cahier.

RÉPARTITION FEMME - HOMME

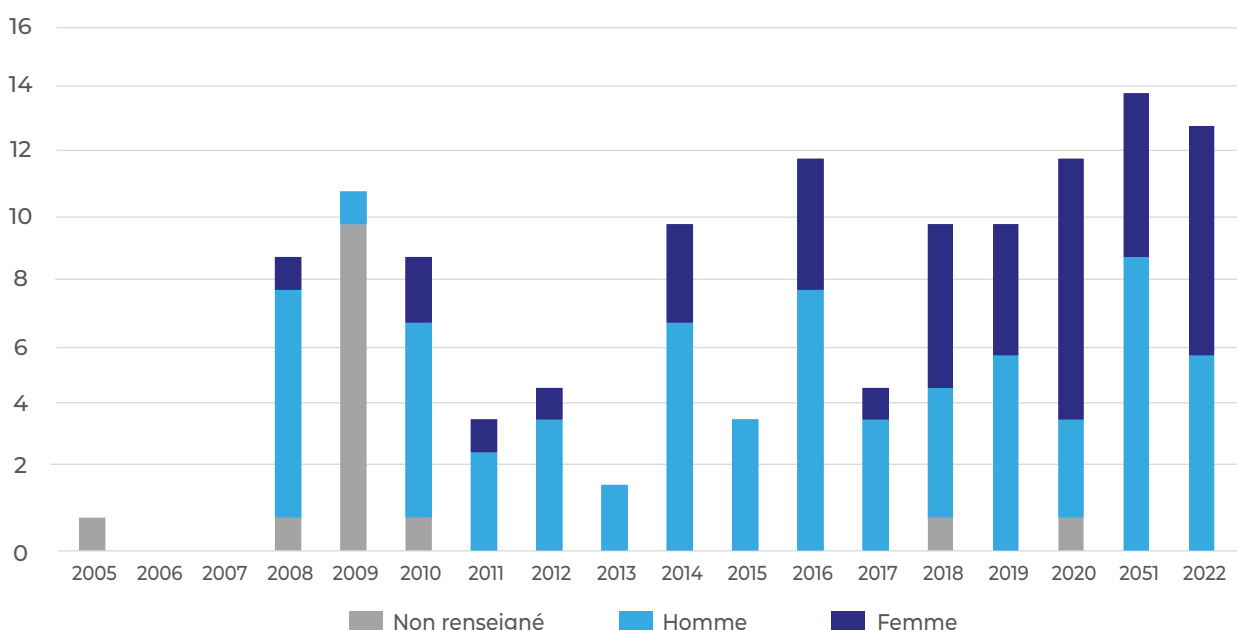


Figure 6. Répartition des coordinateurs et coordinatrices par année. Seules ont été comptabilisées les données des personnes ayant renseigné le genre (F ou H) ou la civilité (Madame ou Monsieur).

Un peu plus du tiers (36 %) des projets recensés sont coordonnés par des femmes. La figure révèle que la proportion de femmes coordinatrices augmente nettement au fil des années. Si elles n'étaient que 18 % à coordonner des projets entre 2005 et 2013, ce taux monte à 42 % pour la période 2013-2022.

23. <https://hal.science/hal-03624235/document>

Chapitre 5

Disciplines mobilisées et thématiques des projets

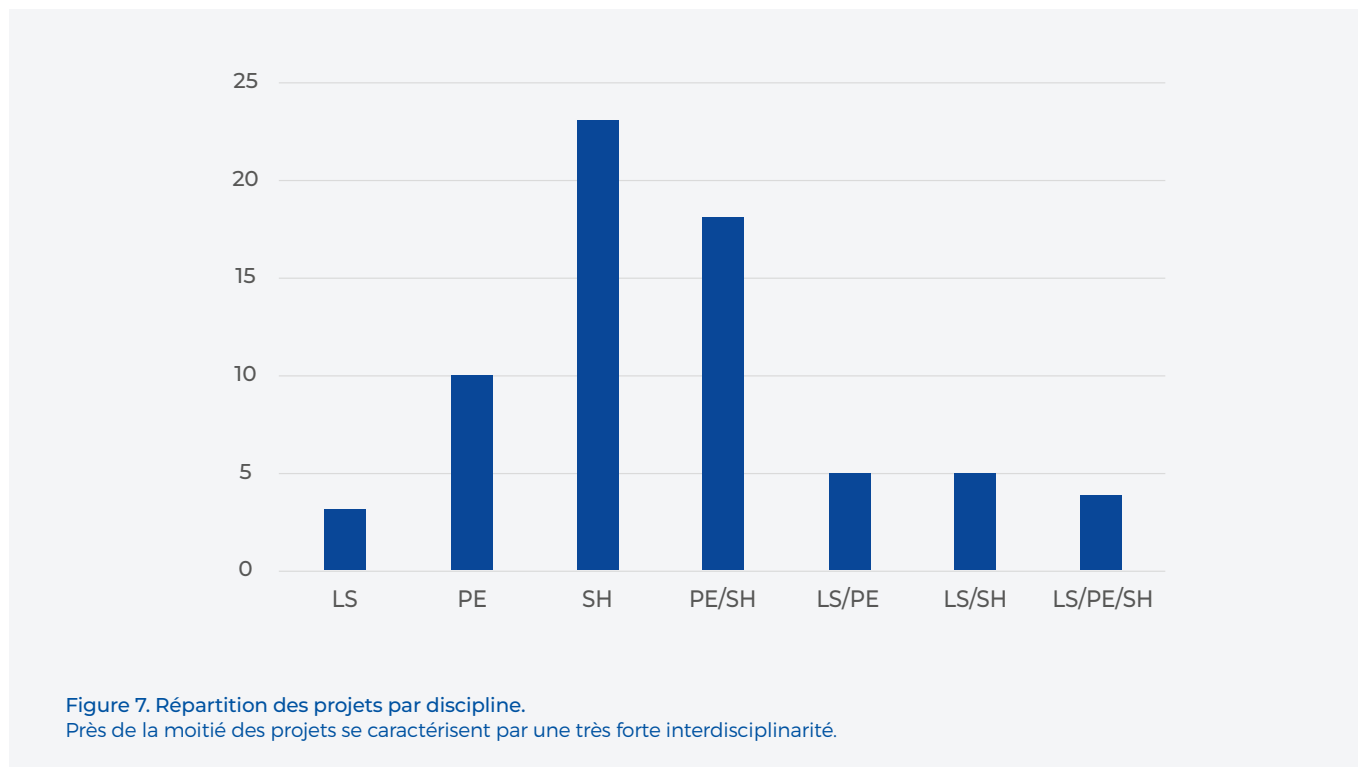
Les projets présentés dans ce cahier abordent diverses dimensions de la durabilité urbaine. Avant d'évoquer les sujets qu'ils traitent et la catégorisation adoptée dans ce cahier, mentionnons qu'ils se caractérisent fréquemment par une très forte interdisciplinarité. Ce degré d'interdisciplinarité peut se mesurer grossièrement en examinant les disciplines déclarées par les déposants de projets à l'Appel à projets générique. En effet, il leur est demandé de spécifier, lors de ce dépôt, jusqu'à trois disciplines scientifiques, basées sur le découpage de l'ERC²⁴ (European Research Council), caractéristiques de leur projet. Les disciplines ERC sont regroupées selon trois grandes catégories : les sciences de la vie (LS²⁵), les sciences humaines et sociales (SH²⁶) et l'ingénierie/chimie/physique/sciences de la Terre/mathématiques (PE²⁷).

Un projet pour lequel le coordinateur a mentionné trois disciplines d'un même grand domaine disciplinaire peut déjà être très pluri ou interdisciplinaire. C'est le cas par exemple du projet PLUPATRI-MONIAL qui porte sur la réglementation dans l'urbanisme et qui a traité des problématiques relevant du droit, de la géographie, de l'architecture ou de la sociologie, ou du projet MUFDD sur le développement de modèles de la canopée urbaine qui fait appel à la dynamique des fluides, à la simulation et à la métrologie.

Un projet dont le coordinateur aurait mentionné trois disciplines de domaines disciplinaires différents est, *a fortiori*, très interdisciplinaire. C'est le cas par exemple du projet ECOVILLE, un projet collaboratif qui a intégré des compétences disciplinaires variées (écologie-biochimie, écologie du paysage, sociologie,

géographie-urbanisme, ingénierie de la construction, démarches participatives) afin d'étudier les services écologiques fournis par les végétalisations, leurs fonctionnements écologiques et biochimiques, les techniques de mise en œuvre et les appréciations citoyennes. Le projet collaboratif HYEP a, quant à lui, rassemblé des compétences interdisciplinaires complémentaires afin d'aborder le sujet de la métrologie urbaine via l'imagerie hyperspectrale. Le projet MAPUCE s'est basé sur une collaboration interdisciplinaire regroupant des chercheurs en météorologie (CNRM), architecture (LRA), urbanisme (LISST & LIENSs), sociologie et énergie (LATTS), droit de l'environnement (LIEU) et géomatique (Lab-STICC) pour développer une méthodologie de production de données urbaines et climatiques nécessaires au diagnostic microclimatique des territoires urbanisés.

La figure 7 montre le nombre de projets financés dans le cadre de l'AAPG dont le coordinateur a mentionné uniquement des disciplines des domaines LS, PE ou SH, ou bien des disciplines venant de domaines différents (par ex., LS/SH). Ainsi, 34 % des projets de l'AAPG présentés dans ce cahier relèvent exclusivement du domaine des sciences humaines et sociales. Cette entrée par les disciplines montre que presque un projet sur deux (47 %) est fortement interdisciplinaire, c'est à dire qu'il associe des scientifiques d'au moins deux grandes disciplines (SH/PE, LS/PE ou LS/SH). Ce taux est très élevé par rapport à l'ensemble de l'Appel à projets générique, où il se situe autour de 11 %. Quelques projets (6 %) rassemblent même des chercheurs des trois grands domaines disciplinaires.



24. En savoir plus sur la nomenclature ERC : https://cat.opidor.fr/index.php/Nomenclature_ERC
 25. LS : Life Sciences
 26. SH : Social Sciences and Humanities
 27. PE : Mathematics, physical sciences, information and communication, engineering, universe and earth sciences

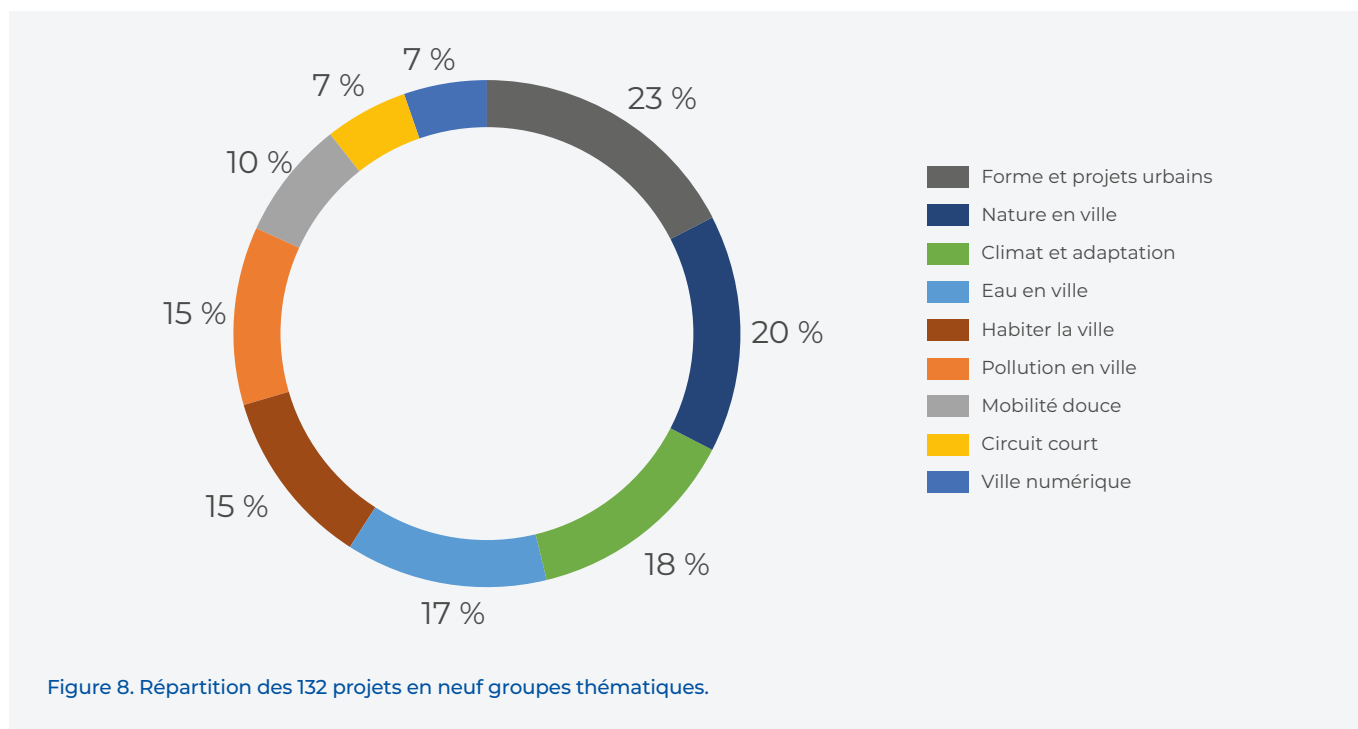
En conclusion, les projets répertoriés dans ce cahier sont très interdisciplinaires. En effet, la ville étant un système complexe, les projets associés abordent des questions de recherche faisant appel à différentes disciplines des trois grands domaines disciplinaires sciences de la vie (LS), sciences humaines et sociales (SH) et ingénierie/chimie/physique (PE).

Une autre entrée pour l'analyse est celle des sujets abordés par les projets. Nous avons réparti en neuf catégories les 132 projets recensés, selon le centre de gravité du projet, même si, assez souvent, un même projet pourrait appartenir à deux catégories :

- . **la ville numérique** (groupe 1) : 7 projets pour montrer en quoi le numérique (et la modélisation) permettent de mieux comprendre les dynamiques urbaines ou gérer la ville ;
- . **la pollution en ville** (groupe 2) : 15 projets visant à mieux connaître la pollution de l'air, de l'eau, des sols dans les espaces urbanisés ;
- . **la mobilité douce** (groupe 3) : 10 projets portant sur les solutions de mobilité douce (marche à pied, vélo) afin de réduire les besoins de déplacements en voiture, en lien notamment avec l'aménagement de l'espace urbain ;
- . **les circuits courts** (groupe 4) : 7 projets afin de mieux comprendre, inventorier et optimiser les flux et les stocks de matière et d'énergie dans la ville ;

- . **l'eau en ville** (groupe 5) : 17 projets pour mieux gérer les réseaux d'eau, les eaux de pluie ou maîtriser les risques d'inondation ;
- . **le climat à l'échelle urbaine et l'adaptation des villes** aux effets du changement climatique (groupe 6) : 18 projets pour mieux connaître et modéliser le climat urbain ou étudier des solutions de rafraîchissement pour lutter contre les îlots de chaleur urbains ;
- . **la nature en ville** (groupe 7) : 20 projets qui étudient la biodiversité urbaine et les services écosystémiques rendus par cette nature. Plusieurs projets portent notamment sur l'agriculture urbaine ;
- . **habiter la ville** (groupe 8) : 15 projets pour mieux connaître les conditions de vie, attentes et pratiques des citoyens ainsi que mieux prendre en compte les populations fragiles ;
- . **les formes et projets urbains** (groupe 9) : 23 projets analysant les dynamiques urbaines, les questions d'aménagement urbain ou l'adéquation de projets urbains face aux défis climatiques et énergétiques.

Chacune de ces neuf entrées thématiques, représentés schématiquement dans la figure 8, fait l'objet d'un chapitre dédié dans la suite de ce cahier.



PARTIE 2

LE FINANCEMENT DES PROJETS « VILLE EN TRANSITION » FRANCE 2030

En 2021, l'ANR a été confirmée par l'État en tant qu'opérateur de France 2030 dans le champ de l'enseignement supérieur de la recherche. Doté de 54 milliards d'euros, dont 9 sont gérés par l'ANR, France 2030 est un plan d'investissement en soutien à la recherche, à l'enseignement supérieur, à l'innovation et à la décarbonation. Inédit par son ampleur, le plan, qui s'inscrit dans la continuité des Programmes d'investissements d'avenir (PIA), s'appuie sur 10 objectifs permettant de « mieux produire », « mieux vivre » et « mieux comprendre le monde ». Il se concentre pour cela sur des secteurs et stratégies prioritaires définis par l'État.



P. 30

Chapitre 1 | Les questions urbaines au prisme des Programmes d'investissements d'avenir et de France 2030

P. 32

Chapitre 2 | Les LabEx, EQUIPEX et ITE/IRT

P. 36

Chapitre 3 | Le programme de recherche Ville Durable (PEPR VDBI)

Chapitre 1

Les questions urbaines au prisme des Programmes d'investissements d'avenir et de France 2030

Depuis 2010, au travers des actions des Programmes d'investissements d'avenir (PIA) puis de France 2030, l'ANR a financé, pour le compte de l'État, une quinzaine de projets structurants s'intéressant en totalité ou pour partie aux thématiques de la ville. Des grands équipements (EQUIPEX), Laboratoires d'excellence (LabEx), Instituts de recherche technologique (IRT), Instituts pour la Transition énergétique (ITE), Programmes de recherche (PPR et PEPR) et projets de recherche et de formation s'emparant des questions urbaines ont ainsi été soutenus (tableau 4).

La stratégie nationale « Ville durable et bâtiment innovant », dotée de 675 millions d'euros, fait partie du plan France 2030. Elle vise à refonder le développement urbain autour des quatre défis que sont la sobriété, la résilience, l'inclusion et la production urbaine, en structurant notamment une communauté d'experts. Le volet recherche de cette thématique est mis en œuvre par l'ANR à travers un Programme et équipement prioritaires de recherche (PEPR) dédié.

Ce volet propose un tour d'horizon de quelques initiatives phares des PIA/France 2030 abordant la ville, dans la diversité de ses enjeux écologiques, économiques et sociétaux, présents ou à venir.

| Édition | Acronyme | Titre | Programme | Aide allouée (M€) |
|---------|-------------------------|---|-----------------------|-------------------|
| 2010 | Efficacity | Efficacity | IEED | 33,4 |
| 2010 | FUTURBAINS | Futurs Urbains | LabEx | 5,3 |
| 2010 | IMU | Urban Worlds Intelligences | LabEx | 13,4 |
| 2010 | LABEXMED* | Social Sciences and Humanities at the Heart of the Multidisciplinary for the Study of the Mediterranean | LabEx | 10 |
| 2010 | Sense-City | Nano-capteurs pour la ville : conception, prototypage et validation à grande échelle | EQUIPEX | 9,0 |
| 2010 | SYSTEMX* | SYSTEMX | AIRT | 128,5 |
| 2011 | DynamiTe | Dynamiques Territoriales et Spatiales | LabEx | 10,4 |
| 2016 | FUTURE | FUTURE | IdEx | 46,2 |
| 2017 | ACROSS | Atmospheric chemistry of the suburban forest | MOPGA (1) | 0,75 |
| 2017 | LUS | Lyon Urban School | Institut Convergences | 9,0 |
| 2018 | KM-IMPACTS | Impacts des changements climatiques à l'échelle du km en Europe | MOPGA (1) | 0,5 |
| 2018 | MAQGA | Make Air Quality Great Again | MOPGA (1) | 0,8 |
| 2018 | RISQUES (iRiMA)* | Gestion intégrée des Risques pour des sociétés plus résilientes à l'ère des changements globaux | PEPR | 51,9 |
| 2020 | GP-DS | Graduate Programs pour les études doctorales | SFRI (2) | 9,0 |
| 2021 | CITY-FAB | La Fabrique de la Ville Durable | EXES (3) | 8,8 |
| 2022 | ONEWATER* | ONEWATER | PEPR | 53 |
| 2023 | SOLU-BIOD* | Solutions fondées sur la Nature | PEPR | 44,2 |
| 2023 | VDBI | Solutions pour la Ville Durable et les Bâtiments Innovants | PEPR | 40,0 |

Tableau 4. Principales actions de France 2030 traitant intégralement ou partiellement de la ville et aide globale attribuée.

* Le projet s'intéresse en partie à la thématique de la ville.

(1) Programme prioritaire de recherche MOPGA - Make Our Planet Great Again.

(2) Structuration de la formation par la recherche dans les Initiatives d'excellence.

(3) Écosystèmes Recherche et innovation / ExcellencES.

Chapitre 2

Les LabEx, EQUIPEX, ITE/IRT et programmes de recherche

Les appels LabEx, EQUIPEX et ITE/IRT du premier Programme d'investissements d'avenir ont notamment permis de financer des projets structurants centrés sur des questions spécifiques au domaine urbain et couvrant une large variété d'enjeux liés à la ville.

Ces projets sont géographiquement concentrés sur deux des principaux pôles de recherche sur la ville en France : deux LabEx en Île-de-France, dont un à Champs-sur-Marne (Futurs Urbains), site sur lequel on trouve également un EQUIPEX (Sense-city) et un Institut pour la Transition Énergétique (Efficacity), ainsi qu'un LabEx (IMU – Intelligence des Mondes Urbains) et un Institut Convergences (LUS – Lyon Urban School) en région lyonnaise. Les deux LabEx Futurs Urbains et IMU étaient totalement dédiés à la recherche sur les thèmes de la ville.

Les projets associés à la Cité Descartes de Champs-sur-Marne

Sélectionné en 2010 et porté par le PRES université Paris-Est, qui a été intégré depuis dans l'université Gustave Eiffel, Futurs Urbains visait à structurer et renforcer les forces de recherche sur le site de la Cité Descartes de Champs-sur-Marne. Il a aussi permis d'associer d'autres acteurs en dehors de ce site, comme des écoles d'architecture. Promoteur de démarches pluridisciplinaires de recherche sur des questions clés liées au devenir des villes, il a soutenu des projets sur de nombreux sujets : les mobilités, l'inclusivité, le métabolisme urbain, l'énergie, la nature en ville, le patrimoine et l'histoire des villes.

Outre ce LabEx, la Cité Descartes accueille également l'EQUIPEX Sense-city, aujourd'hui équipement remarquable de l'université Gustave Eiffel et l'ITE Efficacity.

Sense-City est une chambre climatique pouvant recouvrir deux espaces de 400 m², météorologiquement contrôlée et entièrement instrumentable avec de multiples capteurs afin de pouvoir étudier et tester des innovations contribuant à la diminution des pollutions en ville (dans les rues, dans les réseaux d'eau), l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments, la réutilisation de matériaux moins carbonés comme la terre crue, ou la mise en place de solutions rafraichissantes efficaces. Sense-City offre également un environnement permettant d'étudier l'efficacité de nouveaux micro- ou nanocapteurs.

L'ITE Efficacity, créé en 2014, est un institut public-privé dédié à la R&D dans le domaine de l'efficacité énergétique à l'échelle de la ville et des quartiers. Il implique une trentaine d'acteurs, d'établissements de recherche publique comme l'ENPC, l'université Gustave Eiffel, l'EIVP ou le CSTB et des entreprises, dont de grands groupes tels qu'EDF, ENGIE, Eiffage Suez, Véolia ou Vinci ou des PME comme ARCADIS ou INGEROP. Il associe également des collectivités territoriales et des aménageurs. Il vise à développer des outils et méthodes destinés aux acteurs de terrain, afin d'aider à améliorer les performances énergétiques et le bilan carbone des villes.

Plus récemment, sont venus compléter le soutien à la structuration de cet écosystème local dédié à l'urbain les projets I-SITE FUTURE, GP-DS et CITYFAB (La Fabrique de la Ville Durable). GP-DS, soutenu en 2020 dans le cadre de l'appel Structuration de



© A. Ruas, 2024, EQUIPEX Sense-City.

la formation par la recherche dans les initiatives d'excellence, complète les dispositifs de formation déjà existants au sein des composantes de l'université Gustave Eiffel, vise à une articulation améliorée entre des formations de niveau Master de diverses formes dans l'université (unités de formation et de recherche universitaires, formations d'ingénieurs, formations en architecture), et le cycle de doctorat. Deux des quatre *Graduate Programs* initiaux étaient dédiés à l'urbain : Méthodes digitales pour la ville intelligente d'une part, Futurs Urbains d'autre part.

CITYFAB, financé en 2021 dans le cadre de l'appel à projets Excellence sous toutes ses formes, dans la continuité du projet I-Site Future sur les villes et les territoires durables, vise à accompagner les collectivités proches des différents campus de l'Université Gustave Eiffel dans leurs trajectoires de transitions par des recherches-actions sur mesure. En partant des besoins exprimés des collectivités volontaires, l'objectif est de proposer des actions scientifiques comprenant non seulement une dimension recherche mais aussi de la formation et de la diffusion des connaissances autour de communautés d'apprentissage.

Les projets du pôle lyonnais

Le pôle lyonnais s'est structuré autour du LabEx Intelligence des Mondes Urbains (IMU), sélectionné en 2010, et de l'Institut Convergences Lyon Urban School (LUS).

Le LabEx IMU a permis de mobiliser sur des enjeux de recherche autour du développement urbain durable plus d'une quarantaine de laboratoires, couvrant une très large palette de disciplines scientifiques, dans des approches très souvent interdisciplinaires. Les sujets abordés ont été aussi divers que les interactions entre nature en ville et bien être, les risques urbains et l'environnement, l'énergie en ville, les phénomènes de métropolisation, la ville numérique et les données urbaines, les mobilités urbaines...

L'Institut Convergences LUS a été lancé en 2017, avec comme ambition d'aborder de manière complémentaire à ce qui se faisait déjà dans le pôle lyonnais, notamment à travers IMU, la question de l'urbain anthropocène, c'est-à-dire l'étude de l'urbanisation planétaire comme vecteur du changement global. L'Institut visait à mettre en débat des enjeux sociétaux liés au changement global, par les rencontres entre chercheurs de différentes disciplines et acteurs de la société civile.

Notons qu'il peut aussi exister des synergies locales entre ces différents projets France 2030, comme le montre l'exemple du projet Eaux et Mondes Urbains conjoint entre IMU et l'École Universitaire de Recherche (EURE) H2O'Lyon sur la thématique de l'eau en ville à Lyon et Saint-Étienne. Ajoutons que dans ce cas précis, vient également se greffer un projet de l'Appel à projets générique, complémentaire des soutiens d'IMU et H2O'Lyon, financé en 2023 dans le cadre de l'axe scientifique « Science de la durabilité », GloUrb (L'urbanisation des plaines alluviales à l'échelle globale), impliquant quatre laboratoires de l'écosystème lyonnais.

Autres projets traitant de la thématique de la ville

D'autres projets financés dans le cadre des différents Programmes d'investissements d'avenir abordent certains aspects du développement urbain durable, sans que la ville soit l'objet central de leur programme de travail. Ainsi, le LabEx DynamiTe (Dynamiques Territoriales et spatiales), financé en 2011, a permis de soutenir,

entre 2016 et 2023, onze projets sur le thème de la ville sur les 41 soutenus dans le cadre de ce LabEx. À ces projets s'ajoutent des thèses ou contrats postdoctoraux sur des sujets urbains.

Pour d'autres projets, la ville est un sujet marginal mais leur contribution sur certains points très spécifiques peut être importante. Par exemple, le LabEx LABEXMED, qui fédère 16 unités de recherche en sciences humaines et sociales associées à l'université d'Aix-Marseille, a soutenu un projet sur les modèles d'urbanisme, CAMU (Circulation et adaptation des modèles d'urbanisme en Méditerranée occidentale, XX^e et XXI^e siècles).

L'Institut de recherche technologique (IRT) SystemX s'est aussi intéressé à des dimensions urbaines, que ce soit dans le domaine de la mobilité (par exemple le projet MSM - Modélisation de Solutions de Mobilité) ou de la planification énergétique intelligente (le projet SCE - Smart City Energy analytics).

Trois projets du Programme prioritaire de recherche (PPR) MOPGA (*Make Our Planet Great Again*) abordent également des sujets urbains :

- **ACROSS** (*Atmospheric chemistry of the suburban forest*) qui visait à étudier comment la pollution urbaine interagit avec les émissions émanant de l'environnement forestier et impacte la qualité de l'air ;
- **KM-IMPACTS** (Impacts des changements climatiques à l'échelle du km en Europe) dont un des objectifs était de quantifier les impacts du changement climatique sur le climat urbain en tirant profit d'une nouvelle génération de modèle régionaux de climat.
- **MAQQA** (*Make Air Quality Great Again*) qui avait pour ambition d'étudier l'utilisation de capteurs de qualité de l'air à faible coût pour améliorer la connaissance de la pollution atmosphérique hyperlocale à Paris et combler le manque de données sur la qualité de l'air dans les villes d'Afrique subsaharienne.

Enfin, plus récemment, trois Programmes et équipements prioritaires de recherche (PEPR) financés dans le cadre de l'appel à programmes exploratoires abordent des sujets relatifs à la ville :

- **Risques** (iRiMa : Gestion intégrée des Risques pour des sociétés plus résilientes à l'ère des changements globaux) : le quatrième axe de ce programme est plus particulièrement consacré aux risques en zones urbanisées et industrielles, quelle que soit leur origine (naturelle, liée au changement climatique ou d'origine anthropique). Il s'intéresse aux risques systémiques avec différentes cinétiques et aux risques en cascade ou combinés.
- **ONEWATER - Eau Bien Commun** : ce PEPR s'intéresse à l'eau douce sous toute ses formes et à de multiples échelles, y compris celles de la ville, que ce soit vis-à-vis des risques (inondations) ou comme ressource indispensable au fonctionnement des villes et à leurs habitants.
- **SOLU-BIOD** (Solutions fondées sur la Nature) : les questions relatives à la végétalisation des villes et à ses impacts figurent au menu de ce programme. Notamment, trois des onze *living labs* sur lesquels s'appuie ce programme sont centrés sur des territoires urbains, en Ile-de-France, à Lyon et à Montpellier.



© Efficacity.

Chapitre 3

Le programme de recherche Ville Durable

Ce panorama des projets financés dans le cadre de France 2030 s'achève par l'action la plus récente totalement dédiée à ces sujets, le Programme et équipements prioritaires de recherche (PEPR) Ville Durable (VDBI).

Ce PEPR vise à stimuler des travaux et à mobiliser et structurer des communautés de recherche dans des démarches fortement interdisciplinaires autour des grands défis que pose la transition vers des villes plus durables. Il a été lancé en 2022, dans le cadre de la stratégie nationale d'accélération éponyme. Son pilotage scientifique a été confié au CNRS et à l'université Gustave Eiffel.

Ce programme s'articule autour d'actions d'animation et d'appui à la valorisation et à la transcription vers des praticiens des résultats des travaux de recherche, mises en œuvre par les pilotes scientifiques, de trois centres opérationnels destinés à la fois à mobiliser les connaissances immédiatement disponibles, à assurer une veille et la capitalisation des connaissances produites dans le cadre du PEPR, et, enfin, de projets de recherche sélectionnés via des appels à projets ouverts aux communautés.

Le premier appel à projets a été lancé fin 2023 et invitait les chercheurs à proposer des projets ambitieux, mobilisant l'ensemble des disciplines nécessaires et impliquant des acteurs de terrain, notamment des collectivités territoriales, afin de répondre à un ou plusieurs des cinq grands défis qui avaient été identifiés lors de l'élaboration du programme, avec la possibilité laissée aux candidats de traiter aussi d'autres défis, nommés défis émergents :

- le changement climatique et la préservation de la biodiversité ;
- des villes résilientes ;
- des villes sobres et frugales ;
- des villes inclusives et équitables ;
- la ville durable, santé et bien-être.

Six projets sélectionnés pour un montant de 15 millions d'euros

Au moment de la rédaction ce cahier, cet appel venait de livrer la liste de ses lauréats. Le premier enseignement de cet appel est qu'il a largement atteint son objectif de mobilisation des communautés, au-delà même du nombre attendu, suscitant le dépôt d'une quarantaine de propositions, dont beaucoup impliquent un grand nombre de laboratoires (entre huit et quinze). Le second enseignement concerne la couverture thématique, très bonne globalement, avec de nombreuses propositions à l'interface de plusieurs défis (trois-quarts des projets déclaraient aborder au moins deux défis), même si des nombres significatifs de ces projets se rattachaient principalement aux défis axés sur la résilience d'une part, et sur les liens entre durabilité, santé et le bien-être d'autre part.

Ce premier appel a permis de sélectionner six projets, pour un montant de subvention France 2030 de 15 millions d'euros (pour un coût total estimé à environ 42 millions d'euros en tenant compte des apports des établissements impliqués dans les projets), sur des sujets aussi variés et majeurs que l'adaptation des villes existantes aux impacts du changement climatique ou aux nouvelles contraintes (énergétiques, environnementales...), le rôle de la nature dans la durabilité urbaine, les liens entre santé, bien-être et environnement urbain, et faisant appel conjointement à une large gamme de disciplines, allant des sciences humaines et sociales (économie, géographie, sciences politiques, sociologie ...) aux sciences de l'ingénieur (thermique, hydrologie...) et du numérique, en passant par les sciences de l'environnement (climatologie, écologie...) et de la santé (épidémiologie).

Les six projets sélectionnés sont :

- **NEO**, un dispositif d'observation au service de la transformation sociotechnique et environnementale des villes, qui s'inscrit dans



© J. Y. Toussaint, PEPR VDBI.

une démarche d'observation intégrée de l'environnement urbain hybridant des connaissances et pratiques expérimentales issues du monde académique avec des démarches d'innovation et d'apprentissage développées par les acteurs de terrain. Il a pour ambition d'accompagner les territoires dans l'accélération des politiques et pratiques d'adaptation au changement climatique en se concentrant sur l'analyse des relations systémiques entre les différents compartiments de la zone critique : eau, sol, air et végétation.

- **RESILIENCE** (Robuste Évaluation de Solutions pour limiter les Impacts Liés aux Évolutions du Climat sur les Écocités), qui propose, à travers une approche transdisciplinaire innovante, d'évaluer l'efficacité de politiques d'aménagement urbain visant à améliorer les conditions de vie, ainsi que les cobénéfices possibles et l'acceptation de ces actions par le grand public. Le projet porte d'une part sur les dispositifs pour réduire les îlots de chaleur urbains, d'autre part, sur la façon dont les plans de végétalisation et de désimperméabilisation des sols favorisent la biodiversité et la continuité écologique ainsi que les puits de carbone naturel.
- **TRACES** (TRansformer pour Adapter l'existant), à travers une approche multiscalaire et systémique, ce projet s'intéresse aux questions d'adaptation, selon trois dimensions : l'impact des choix conceptuels et techniques sur l'habitabilité et l'appropriation des espaces ; le rôle de la maintenance des artefacts et la prise en compte des risques naturels et anthropiques sur la durée de leur vie ; l'évolution des formations et des métiers et l'articulation entre différents types d'expertises et de compétences nécessaires pour répondre aux défis en jeu de transition.
- **VF++** (Des Villes Fraîches Pour et Par Leurs Usagers), un projet qui vise à intégrer des solutions douces, vertes et grises pour favoriser la bonne santé des habitants. Il rassemble des chercheurs en ingénierie (physique du bâtiment et urbaine, biométéorologie humaine), sciences sociales (architecture, urbanisme, géographie sociale, anthropologie) et sciences de la santé (épidémiologie, thermophysiology, médecine) pour s'attaquer aux questions de santé et de bien-être lors d'épisodes caniculaires.
- **VILLEGARDEN** (Comment les espaces verts résidentiels contribuent-ils à la transition vers des villes bio-diverses et perméables ?), qui s'intéresse au rôle joué par les espaces verts résidentiels, prioritaires, en termes de services écosystémiques rendus à la ville (support de la biodiversité, évapotranspiration pour réduire les effets d'îlot de chaleur...).
- **WHAOU** (Observatoire de la santé et du bien-être au sein des trajectoires urbaines) qui a vocation à créer un observatoire pluri-thématiques et multidimensionnel du bien-être et de la santé en ville, en analysant les flux de matières dans les réseaux d'assainissement, les données censitaires ainsi que les données d'entretien pour mieux anticiper les risques notamment sanitaires.

Un second appel est prévu courant 2025 pour permettre de couvrir des sujets qui n'auraient pas été suffisamment soutenus par la sélection opérée dans le cadre du premier appel.

PARTIE 3

LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE AU PRISME DES APPROCHES BIBLIOMÉTRIQUES

Ce volet s'intéresse à l'une des dimensions de l'impact des projets de recherche soutenus par l'ANR, en dehors des aspects évoqués dans la partie 1, celle relative à la production scientifique vue à travers le prisme des publications produites dans le cadre de ces projets.

P. 40

Chapitre 1 | Quelques éléments méthodologiques

P. 44

Chapitre 2 | Liens entre projets vus à travers les publications conjointes

P. 47

Chapitre 3 | Cartographies thématiques des publications

P. 56

Chapitre 4 | La production scientifique des projets du cahier au prisme des micro-champs OpenAlex

P. 61

Chapitre 5 | Identification de projets additionnels ayant contribué aux enjeux de la ville durable

P. 67

Chapitre 6 | Quelques publications très visibles

P. 73

Conclusion

Chapitre 1

Quelques éléments méthodologiques

Ce type d'étude se confronte à plusieurs difficultés :

- l'utilisation d'une base de données recensant les publications, comme Scopus, le Web of Science (WoS), HAL ou plus récemment OpenAlex. Malheureusement, ces bases de données ne se recouvrent pas les unes les autres, des publications recensées dans une base de données ne l'étant pas dans une autre. L'ANR utilise principalement le WoS et OpenAlex : OpenAlex agrège beaucoup plus de publications que le WoS mais ne présente pas encore de données aussi fiables²⁸. Inversement, le WoS est plus restrictif en termes de publications recensées et une part significative de la production scientifique, notamment dans le domaine des sciences humaines et sociales, qui est d'importance pour le sujet de ce cahier, reste mal couverte par la base de données du WoS ;
- l'association entre les projets soutenus par l'ANR et les publications qui en sont issues. Ce lien n'est pas toujours évident à établir, même si la situation s'est améliorée au fil des années et surtout depuis que l'ANR exige, dans le cadre de la mise en œuvre de la politique de science ouverte, que toutes les publications issues de projets qu'elle soutient soient déposées en texte intégral sur la plateforme HAL et associées aux projets dont elles relèvent. Pour les périodes plus anciennes, on s'appuie surtout sur les remerciements figurant dans les publications, qui peuvent mentionner des projets ANR (avec de nombreuses variantes orthographiques et plus ou moins de précision), sachant que les bases de données comme le WoS n'indexent ces remerciements que pour les publications parues depuis 2008, ou dans les rapports finaux des projets (avec la limite que nombre de publications sont réalisées après la clôture du projet et la remise de ce rapport final à l'ANR...).

Ces difficultés font qu'il est impossible d'affirmer que toute la production scientifique sous forme de publications issues des 132 projets collectés dans ce cahier a bien été identifiée. Les chiffres présentés ci-dessous correspondent à des nombres minimums, où l'on est sûr que l'on peut associer une publication à un (ou des) projet(s) spécifique(s) sans ambiguïté. Notamment, aucune publication n'a été trouvée pour presque un tiers (41) des projets présentés dans ce cahier. C'est sans doute logique pour les projets financés récemment (soit une dizaine depuis 2022) mais pose question pour les projets plus anciens.

494 communications ou publications scientifiques en lien avec les projets de ce cahier et possédant un DOI ont été repérées.

Ce chiffre résulte de l'agrégation des recherches dans les bases OpenAlex et WoS, la première référant 489 de ces publications, la seconde seulement 369, comme le montre les distributions du tableau 5. Les données sont présentées selon les regroupements thématiques des projets utilisés dans ce cahier. Ainsi, le WoS ne référence pas un quart des publications identifiées. Ce taux est encore plus important dans le domaine des sciences humaines et sociales (SHS), où c'est près de 40 % des publications associées aux trois thématiques à dominante SHS que sont « mobilité douce », « habiter la ville » et « forme et projets urbains » qui ne figurent pas dans la base du WoS. À noter aussi qu'une des publications ne figure ni dans OpenAlex ni dans le WoS, mais seulement sur HAL et que cinq publications référencées dans le WoS ne se retrouvent pas dans OpenAlex.

| Thématique | Nombre de projets du cahier | Nombre total de publications identifiées | Nombre de publications sur OpenAlex | Nombre de publications sur le Web of Science |
|--------------------------|-----------------------------|--|-------------------------------------|--|
| Ville numérique | 5 | 25 | 25 | 17 |
| Pollution en ville | 15 | 74 | 74 | 60 |
| Mobilité douce | 10 | 33 | 33 | 18 |
| Circuit court | 7 | 8 | 8 | 6 |
| Eau en ville | 17 | 65 | 63 | 48 |
| Climat et adaptation | 19 | 71 | 68 | 58 |
| Nature en ville | 20 | 122 | 121 | 100 |
| Habiter la ville | 15 | 36 | 36 | 23 |
| Forme et projets urbains | 24 | 61 | 61 | 39 |
| Total | 132 | 494 | 489 | 369 |

Tableau 5. Distribution des publications selon les bases de données et les thématiques des projets sources.

28. Voir par exemple Frédérique Bordignon (2024, 26 février). *OpenAlex : révolution ou défi pour la bibliométrie ?* Carnet'IST. Consulté le 8 juin 2024, à l'adresse <https://doi.org/10.58079/vwju> qui relève quelques soucis de jeunesse d'OpenAlex.

Si on s'intéresse aux types de publications, on peut aussi noter quelques différences d'indexation entre les deux bases de données. Notamment, le WoS est moins lacunaire pour les publications de

la catégorie articles. Ce sont surtout des publications des types preprint ou book-chapter dans la classification OpenAlex qui sont absentes du WoS (tableau 6).

| | | Typologie des publications sur le Web of Science | | | | | | |
|---|--------------|--|-------------------|-----------|--------------------|------------|---------------------------|------------|
| | | Article | Proceedings Paper | Review | Editorial Material | Data Paper | Publications non indexées | Total |
| Typologie des publications sur OpenAlex | article | 304 | 15 | 6 | 1 | 1 | 71 | 398 |
| | preprint | 16 | 5 | 1 | 1 | | 39 | 62 |
| | review | | 1 | 6 | | | 1 | 8 |
| | book | | | | | | 1 | 1 |
| | book-chapter | 2 | 5 | | | | 13 | 20 |
| | non indexées | 3 | 2 | | | | | 5 |
| | Total | | 330 | 28 | 13 | 2 | 1 | 125 |

Tableau 6. Distribution des publications selon les typologies des bases de données.

Il ne s'agit pas ici de faire l'exégèse des différences entre les bases de données de publications, mais il semblait nécessaire de prévenir le lecteur de ces disparités qui peuvent avoir des répercussions sensibles sur les analyses bibliométriques menées.

Le souci de donner un panorama le plus exhaustif possible de la production scientifique de ce domaine incite à utiliser la base de données OpenAlex plutôt que celle du WoS, dans la mesure où elle contient 120 (soit presque un quart) de publications en plus.

Si on voulait se livrer à des analyses quantitatives, comme dans l'étude bibliométrique de la production scientifique des projets financés dans le cadre de France 2030²⁹, au risque de ne pas bien traiter certains domaines disciplinaires comme les SHS, on utiliserait probablement la base du Web of Science (probablement plus homogène qu'OpenAlex qui agrège également des preprints et de la littérature grise), en se limitant aux publications comparables de type articles, qui forment la très large majorité des publications recensées (80 % pour OpenAlex³⁰, plus de 90 % pour le WoS).

Enfin, une partie des lacunes s'explique aussi par le fait que le WoS intègre les publications avec plus de retard qu'OpenAlex, comme l'indique la figure 9, montrant la dynamique de publications au fil des ans : au moment du prélèvement des données dans les bases OpenAlex et WoS, en mai 2024, seules 5 publications de 2024 étaient présentes sur le WoS, contre 18 sur OpenAlex. En revanche, pour les années 2019 et 2020, on retrouve quasiment toutes les publications recensées par OpenAlex sur le WoS également.

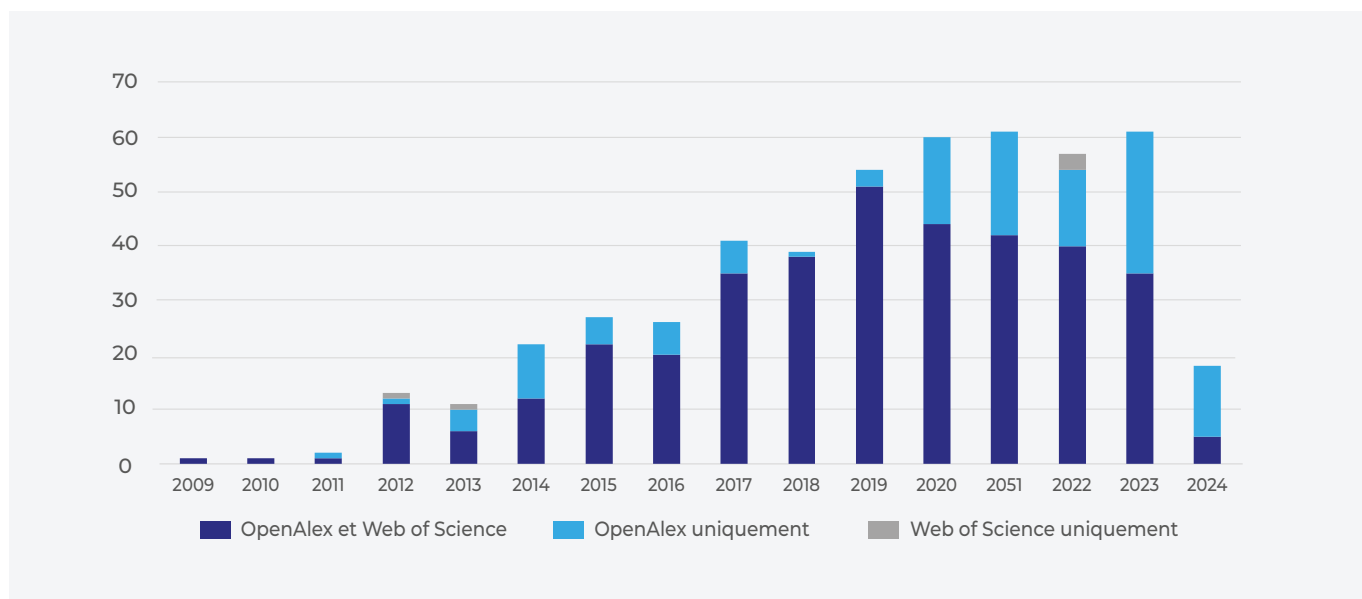


Figure 9. Dynamique globale de publication.

Cette dynamique de publications est à mettre en correspondance avec les années de financement des projets (tableau 7). En effet, même s'il y a des problèmes de repérage des publications associées aux projets ANR pour les années lointaines (entre 2009 et 2013 notamment), la forte croissance puis la stabilisation des nombres de publications est cohérente avec les années d'engagement des projets, vu que la phase de production scientifique sous forme de publication devient importante surtout au bout des deux ans suivant le démarrage des projets³¹.

| Année de démarrage des projets | Nombre de projets | Dynamique annuelle de publication |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 2008 | 9 | |
| 2009 | 11 | |
| 2010 | 10 | |
| 2011 | 4 | |
| 2012 | 5 | |
| 2013 | 2 | |
| 2014 | 10 | |
| 2015 | 4 | |
| 2016 | 11 | |
| 2017 | 5 | |
| 2018 | 11 | |
| 2019 | 10 | |
| 2020 | 13 | |
| 2021 | 13 | |
| 2022 | 13 | |

Tableau 7. Dynamique annuelle de publication selon les années de démarrage des projets (échelle de 2009 à 2023).

29. Voir <https://anr.fr/fileadmin/documents/2023/France2030-bibliometrie-projets-2023.pdf>.

30. Toutefois, une partie des publications de la catégorie article d'OpenAlex correspond en réalité à des *proceedings* de conférences, notamment une grande partie de celles qui ne sont pas indexées par le WoS, ce qui explique aussi une large part des différences entre les deux bases de données.

31. Et se poursuit de manière significative dans les deux à trois années suivant la fin des projets, comme on l'a constaté dans d'autres études bibliométriques thématiques (non publiées).

Chapitre 2

Liens entre projets vus à travers les publications conjointes

Liens entre projets vus à travers les publications conjointes

L'association des projets aux publications permet, comme retombée collatérale de cette étude bibliométrique, d'identifier des liens entre projets ANR (et aussi entre projet ANR et projet soutenu par un autre guichet, régional, national comme l'Ademe ou BPIFrance ou européen), lorsqu'une même publication remercie plusieurs projets. De l'ordre de 15 % des publications recensées des projets du cahier sont associées à d'autres projets ANR. Seuls 16 des 132 projets sont concernés par ces liens.

Les publications mettent en évidence des liens significatifs entre trois de ces projets : MUSCADE, VegDUD et VURCA ; les trois ont deux publications en commun, alors que MUSCADE et VURCA ont en trois autres et MUSCADE et VegDUD deux autres.

| Acronymes | | MUSCADE | VegDUD | THERMOCOAT | INOGEV | OMEGA | CROQUIS | ACTEUR | ELITISME | VEL'INNOV | PULSE | ELOCANTH | INFILTRON | BIOMASpplus | VITE ! | HYEP | Total |
|---|---------------------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|-------------|----------|----------|-----------|
| Thématique « Climat et adaptation » | MUSCADE | | 2 | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| | VURCA | 5 | 2 | | | | | | | | | | | | 1 | | 8 |
| | VegDUD | 2 | | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| Institut Convergences LUS | LUS | | | | | | | | | | | 2 | | | | | 2 |
| LabEx IMU | IMU | | | | | 1 | | | | | | | 2 | | | | 3 |
| LabEx Futurs Urbains | FUTURBAINS | | | | | | | | | | | | | | 2 | | 2 |
| Appels à projets thématiques ou programme Blanc (2007-2013) | AGROBAT | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | CYANOTOX | | | | | | | | | | 2 | | | | | | 2 |
| | PHYTBACK | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| | CABRRES | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| | CODDE | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| Appel à projets générique (2014-2023) | GRAPHSIP | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| | AlgoDiv | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| | PUR | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| | FROG | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| | ANSWER | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| | ESCAPE | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 |
| | TE-MoMa | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| EXPIDA | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | |
| Chaire industrielle | ELSA-PACT | | | | | 2 | | | | | | | | | | | 2 |
| Appel international | DRAGON | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 |
| LabEx | MANUTECH-SISE | | | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | Cappa | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| | MME-DII | | | | | | | | | | 2 | | | | | | 2 |
| EQUIPEX | GEOSUD | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| INBS | France-Génomique | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | 2 |
| | IFB (ex Renabi-IFB) | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| EUR | H2O'Lyon | | | | | | | | | | | | 2 | | | | 2 |
| MOPGA | ACRoSS | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| 3IA | 3IA@cote d'azur | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| IdEx | Avenir L.S.E. | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | 2 |
| | IDEX Lyon | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Total | | 7 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 9 | 2 | 6 | 2 | 54 |

Tableau 8. Matrice des relations en projets via les copublications.

La liste est limitée aux projets du cahier avec au moins deux publications en commun avec d'autres projets ANR.

Le tableau 8 présente la matrice des liens entre des projets du cahier et d'autres projets repérés via leurs publications communes. Ne sont donnés que les liens pour les projets du cahier ayant au moins deux publications de ce type. En dehors de cette matrice, on observe que les projets COOLTREES, DEUFI, HUNIWERS, RER, EUREQUA, SOCOCITY, TrameVerte, ECOVILLE, URBASTRESS, BIOVEINS, SENSIBILIA, Eval-PDU, MEGAPOLI-PARIS, COoL-AMmetropolis, AETIC et UrbaTime ont chacun une copublication avec un autre projet ANR.

Par exemple, Eval-PDU possède une copublication avec CENSE (Caractérisation des environnements sonores urbains), sur la cartographie du bruit urbain : de fait, CENSE, financé quelques années après Eval-PDU, s'est appuyé sur des données obtenues et un outil développé dans ce précédent projet. Cet exemple montre que ce type d'approche permet d'identifier des liens généalogiques entre projets.

La matrice est intéressante car, outre, les quelques liens entre des projets considérés dans ce cahier (MUSCADE <-> VEgDUD <-> VURCA mais aussi VURCA <-> VITE !), relativement peu nombreux, elle met en évidence d'autres projets associés à ceux du cahier. Ainsi, en lien avec VegDUD (Rôle du végétal dans le développement urbain durable), on trouve le projet AGROBAT, qui s'intéressait plus spécifiquement à l'incidence des toitures végétalisées sur la performance énergétique des bâtiments.

Autres exemples :

- VITE ! (Villes et transitions énergétiques) et le projet international DRAGON (Dynamics of Green Growth in European and Chinese Cities) ont quatre publications en commun sur des questions de transition énergétique urbaine.
- ACTEUR (Agents Cognitifs Territorialisés pour l'Etude des dynamiques Urbaines et des Risques) et ESCAPE (Exploring by Simulation Cities Awareness on Population Evacuation) partagent deux publications.
- INOGEV (Innovations pour la gestion durables de l'eau en ville) a deux publications en commun avec la Chaire Industrielle ELSA-PACT (Évaluation environnementale et sociale du cycle de vie pour améliorer la compétitivité des entreprises par la transition écologique et sociale), impliquant des entreprises du secteur de la gestion de l'eau.

Cette approche permet aussi de repérer des connections entre projets ANR financés via la subvention du ministère chargé de la Recherche et projets relevant du Plan France 2030. On retrouve une diversité d'actions France 2030 en lien avec des projets du cahier. Trois projets y sont singularisés, l'Institut Convergences LUS et les LabEx Futurbains et IMU, dans la mesure où il s'agit de projets dédiés au domaine urbain (voir la section consacrée aux projets France 2030 pour une description plus détaillée de ces projets) mais apparaissent aussi d'autres projets, sur des sujets spécifiques, comme l'eau par exemple (lien entre INFILTRON - infiltration & filtration des sols urbains dans un contexte de gestion des eaux pluviales - et l'EUR H2O'Lyon) ou encore la pollution de l'air avec BIOMASPplus (Émissions biogéniques, évolution et impact dans la mégapole de São Paulo), le LabEx CaPPA (Physique et Chimie de l'environnement atmosphérique) et le projet MOPGA ACROSS (Atmospheric Chemistry of the Suburban Forest).

Chapitre 3

Cartographies thématiques des publications

L'analyse bibliométrique permet aussi de voir les sujets qui ont donné lieu à des communications scientifiques.

Depuis quelques temps, les bases de données comme OpenAlex et le WoS rattachent les publications qu'elles ont recensées aux objectifs du développement durable (ODD) des Nations unies. Nous donnons ici un aperçu de la façon dont se distribuent les publications trouvées sur OpenAlex dans cette classification (figure 10). L'ODD « *Sustainable cities and communities* » arrive naturellement très largement en tête : s'y rattachent presque la moitié de ces publications (235). Toutefois, on retrouve aussi des nombres significatifs de publications (au moins 25) se rattachant à un des quatre ODD

suivants : *Climate action / Clean water and sanitation / Affordable and clean energy / Life on land*, ce qui donne une première indication sur les sujets bien couverts par cette production scientifique. D'ailleurs, il existe une bonne concordance entre ces ODD associés aux publications et la classification thématique des projets : par exemple, des 31 publications rattachées à l'ODD « *Clean water and sanitation* », 17 proviennent de projets classés dans le thème « pollution en ville » et 10 dans le thème « eau en ville ». De même, 8 des 12 publications rattachées à l'ODD *Zero hunger* viennent de projets consacrés à l'agriculture urbaine, classés dans le thème « nature en ville ». Une douzaine de publications sont associées à plusieurs ODD.

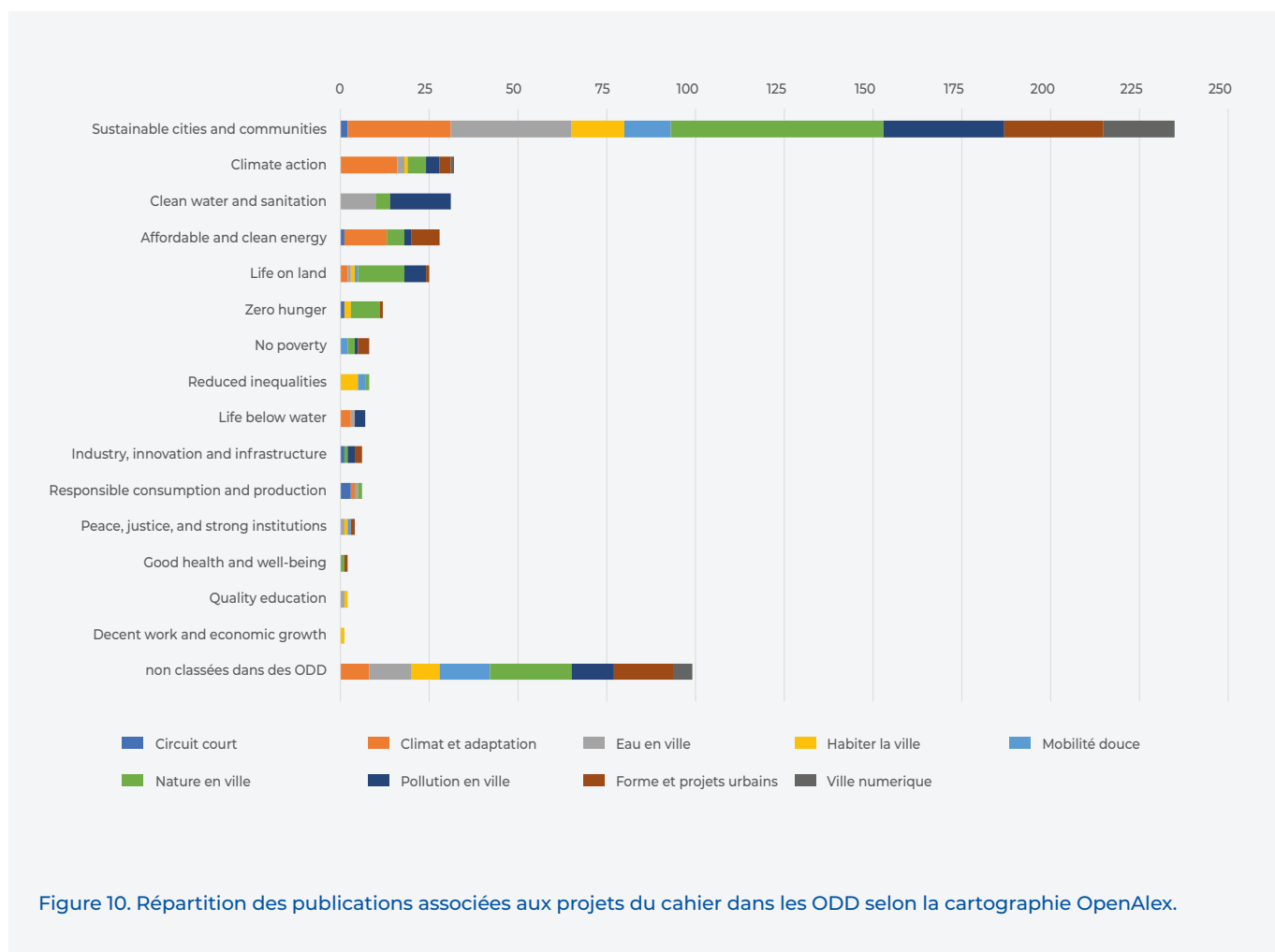


Figure 10. Répartition des publications associées aux projets du cahier dans les ODD selon la cartographie OpenAlex.

Ces classements dans les ODD présentent toutefois une limite importante, avec un cinquième des publications qui n'est associé à aucun ODD, ce qui invite à utiliser d'autres méthodes pour l'analyse thématique.

Une autre approche, un peu grossière, consiste à utiliser un logiciel de traitement bibliométrique qui soit permet de représenter des couplages entre publications via des mots-clés caractéristiques communs à ces publications (par exemple VoSViewer³²), soit permet de regrouper les publications en clusters scientifiques via les liens de citation (soit parce qu'elles citent des articles en commun, soit parce que l'une cite l'autre, soit parce qu'elles sont citées par les mêmes articles).

32. <https://www.vosviewer.com/>

Nous avons utilisé la plateforme en ligne CORTEXT³³ pour faire ce type d'analyse via les couplages bibliométriques³⁴, afin d'essayer d'identifier des clusters thématiques couverts par la production scientifique des projets du cahier. Seules les publications recensées par le WoS ont été utilisées pour cette étude reposant sur CORTEXT, l'outil ne semblant pas encore adapté pour exploiter pleinement les données OpenAlex. CORTEXT permet de singulariser quelques amas thématiques spécifiques dans le graphe obtenu, comme on peut le voir sur la figure 11. On y retrouve notamment un cluster dédié à l'îlot de chaleur et au climat urbains (en orange), un cluster portant sur la biodiversité (en vert), proche d'un cluster

sur l'agriculture urbaine, des clusters sur la pollution atmosphérique (en orange foncé), un cluster sur l'hydrologie urbaine (en jaune) proche d'un cluster sur la gestion des eaux pluviales (en bleu). Il est intéressant de noter que la plupart de ces clusters sont liés les uns aux autres. Sauf deux qui sont fortement déconnectés : le cluster sur la planification urbaine (y compris la question des villes en décroissance) en haut à gauche de la figure 11, et le cluster sur le risque d'inondation en zone urbaine en bas à droite. Ces connexions / déconnexions du réseau sont le reflet des liens qui existent entre communautés travaillant sur des objets qui peuvent avoir des interactions.

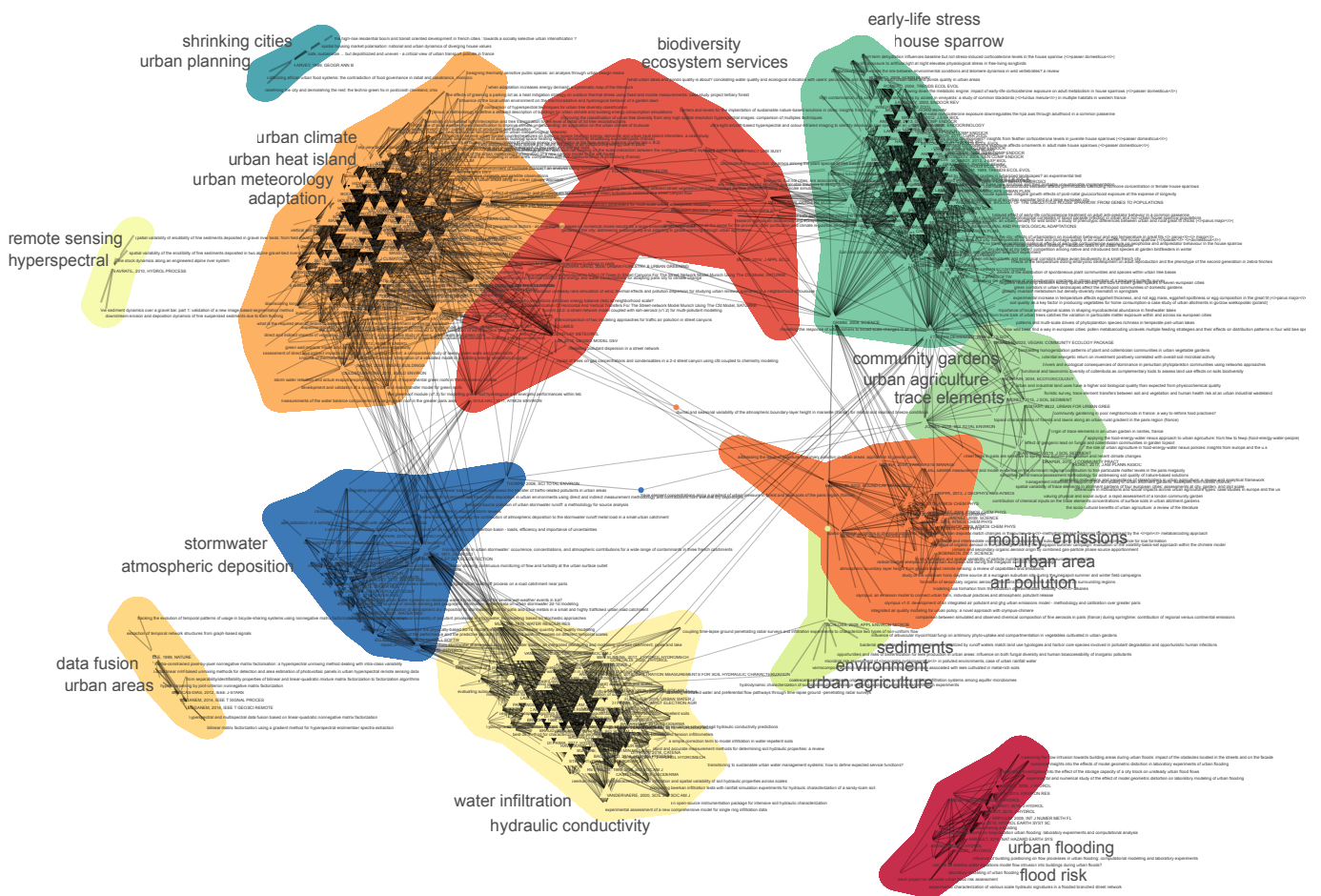


Figure 11. Clusters de publications basés sur les couplages bibliométriques (analyse via CORTEXT).

33. <https://www.cortext.net/projects/cortext-manager/>
 34. Plus précisément, nous avons utilisé CORTEXT pour tracer le graphe hétérogène des connexions entre publications basé sur les liens entre les publications recensées et leurs listes de référence d'une part et les liens entre références d'autre part, et y associer des mots-clés caractéristiques des amas obtenus.

Même si cette première approche permet d’apprécier rapidement la couverture scientifique des publications issues des projets du cahier, on peut aller plus loin dans l’analyse en s’appuyant sur des classifications assez similaires à celles que peut faire CORTEXT mais qui présentent l’intérêt d’exister déjà au sein des bases de données de publications (et ont donc l’avantage de pouvoir être aisément répliquables/réutilisables pour d’autres études).

Ces classifications sont basées sur l’algorithme de *clustering* de Leiden³⁵, qui regroupe en amas les publications présentes sur une base de données à partir de leurs liens de citation. De fait, nous avons à disposition trois clusterisations différentes, toutes basées sur cet algorithme :

- la classification InCites/WoS dite des *Citation Topics*³⁶;
- la classification intégrée à la base de données OpenAlex³⁷ (que l’on appellera donc OpenAlex), qui est à la fois basée sur cet algorithme et complétée par un outil d’analyse textuelle utilisant l’intelligence artificielle, pour rattacher aux *clusters* définis par l’algorithme des publications présentes sur OpenAlex qui ont échappé à l’algorithme. A noter que, dans cette classification, le niveau le plus fin est appelé *Topics* et non micro-champs.
- une classification produite par le laboratoire néerlandais CWTS dépendant de l’université de Leiden, auteur de l’algorithme, sur les publications de la base OpenAlex et mise à disposition en libre accès³⁸.

| Classification | Macro-champs | Méso-champs | Micro-champs |
|----------------------------------|--------------|-------------|--------------|
| InCites / <i>Citation Topics</i> | 10 | 326 | 2 449 |
| OpenAlex | 26 | 252 | 4 516 |
| AO_CWTS | 5 | 284 | 4 521 |

Tableau 9. Nombres de macro-, méso- et micro-champs des trois classifications (en 2024).

Le tableau 9 montre que la classification la plus fine (micro-champs) des *Citation Topics* est quasiment deux fois plus grossière que celles disponibles pour la base OpenAlex. Cette remarque est importante car des sujets qui se trouvent agrégés dans un même micro-champ des *Citation Topics* peuvent se trouver dans deux micro-champs différents dans les autres classifications, comme nous le verrons un peu plus loin.

Nous avons commencé par regarder dans quels micro-champs se projettent les publications recensées relatives aux projets de ce cahier, pour les trois classifications à disposition. On note des différences sensibles évidemment, liés tout d’abord au fait qu’il y a nettement moins de publications sur la base WoS que sur OpenAlex. On retrouve les proportions données en introduction.

Les diagrammes suivants (figures 12 et 13) montrent l’autre différence importante entre ces classifications. Seuls les *clusters* agrégeant au moins 6 publications, soit du côté InCites / *Citation Topics*, soit du côté OpenAlex, ont été représentés afin d’alléger la figure 11. Au total, 124 publications (dont 66 indiquées sur la figure) classées côté OpenAlex restent non recensées dans les *Citation Topics*. On voit notamment qu’une part importante de ces publications

manquantes (29) se concentre dans le micro-champ OpenAlex nommé « *Territorial Governance and Environmental Participation* », qui relève principalement des sciences humaines et sociales, ce qui conforte ce que nous avons dit en introduction sur ce sujet. D’ailleurs, dans les *Citation Topics*, il n’existe pas de *cluster* similaire : il y a un *cluster* 149. *Gentrification* qui regroupe 13 publications issues de projets du cahier mais ces publications se dispersent entre plusieurs *clusters* OpenAlex, dont *Territorial Governance and Environmental Participation* (5) mais aussi *Urban Shrinkage in Post-Socialist Contexts*, *Challenges of Urban Poverty and Development*, *Neoliberal Urbanization and Gentrification Studies*, *Politics and Poetics of Water Infrastructure*, *Urban Agriculture and Community Development*...

Le gros *cluster* 743. *Urban Heat Island* (59 publications) des *Citation Topics* se disperse également en plusieurs *clusters* OpenAlex, notamment :

- *Urban Heat Islands and Mitigation Strategies*, qui en récupère 39 ;
- *Urban Wind Environment and Air Quality Modeling*, 11 ;
- *Building Energy Efficiency and Thermal Comfort Optimization*, 3.

À travers cet exemple, on voit qu’outre être plus complète que les *Citation Topics*, la classification d’OpenAlex est plus précise sur les sujets des publications.

35. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-41695-z>

36. <https://clarivate.com/blog/introducing-citation-topics/>

37. <https://docs.openalex.org/api-entities/topics>

38. <https://open.leidenranking.com/information/fields>.

Le CWTS produit chaque année à partir de cette classification le classement des universités connu comme classement de Leiden : <https://www.leidenranking.com/>

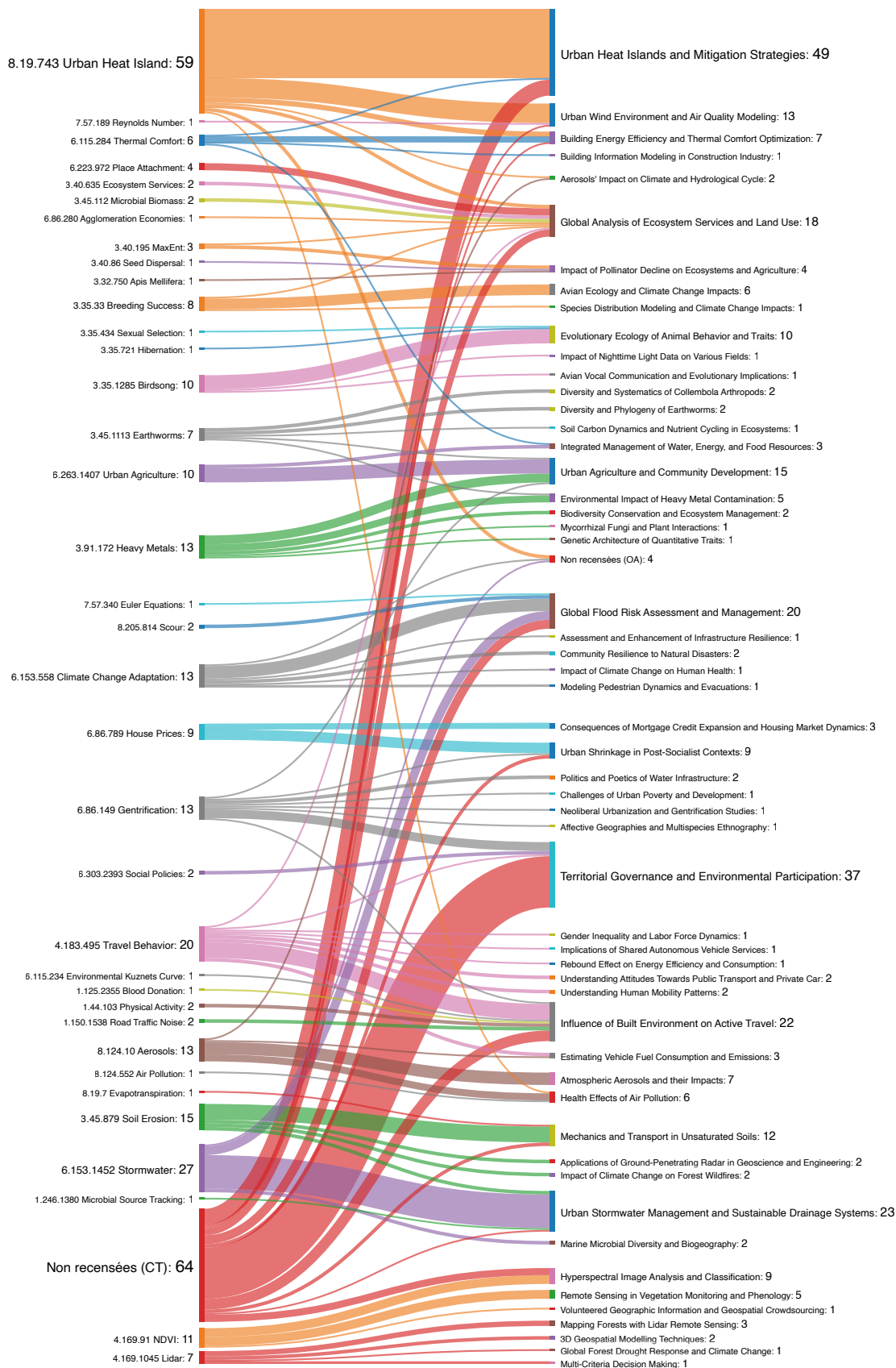


Figure 12. Les publications des projets du cahier dans les classifications InCites CT versus OpenAlex.

Même si les classifications OpenAlex et OA_CWTS utilisent la même base de données, elles présentent elles aussi quelques différences dans les périmètres des *clusters* (figure 13). On retrouve par exemple la redistribution de publications intégrées dans un *cluster* OA_CWTS *Urban Heat Island* (52) entre plusieurs *clusters* OpenAlex, dont évidemment *Urban Heat Island and Mitigation Strategies* (41) mais aussi, de nouveau *Building Energy Efficiency*

and *Thermal Comfort Optimization* (3), ainsi que *Global Analysis of Ecosystem Services and Land Use* (4) et *Urban Wind Environment and Air Quality Modeling* (2).

Un regard rapide sur les titres des publications concernées par ces classifications différentes montre que, au mois pour ce cas, la classification OpenAlex n'est pas aberrante (tableau 10).

| Titre de la publication | micro-champs OpenAlex |
|--|---|
| <i>Improving the capabilities of the Town Energy Balance model with up-to-date building energy simulation algorithms: an application to a set of representative buildings in Paris</i> | |
| <i>Development and evaluation of a building energy model integrated in the TEB scheme</i> | Building Energy Efficiency and Thermal Comfort Optimization |
| <i>Early adaptation to heat waves and future reduction of air-conditioning energy use in Paris</i> | |
| <i>A geoprocessing framework to compute urban indicators: The MAPUCE tools chain</i> | |
| <i>A Text-Mining Approach to Compare Impacts and Benefits of Nature-Based Solutions in Europe</i> | |
| <i>Analysis of spatial dimensions and explicit multifractal modelling for the deployment of green areas in an urban agglomeration</i> | Global Analysis of Ecosystem Services and Land Use |
| <i>Simplified performance assessment methodology for addressing soil quality of nature-based solutions</i> | |
| <i>Adapting cities to climate Change : a systemic modelling approach</i> | Spatial Microsimulation Models for Policy Analysis |
| <i>Enjeux de l'adaptation à la chaleur en ville et action publique : apports de l'interdisciplinarité et de la recherche-action - Cas de la métropole toulousaine</i> | Territorial Governance and Environmental Participation |
| <i>Analysing the influence of different street vegetation on traffic-induced particle dispersion using microscale simulations</i> | Urban Wind Environment and Air Quality Modeling |
| <i>On the Coherence in the Boundary Layer: Development of a Canopy Interface Model</i> | |

Tableau 10. Titres des publications classées dans le micro-champ OA_CWTS Urban Heat Island et dans d'autres micro-champs de la classification OpenAlex.

De plus, un nombre significatif (73 dont 33 indiquées sur la figure) de publications clusterisées sur OpenAlex ne sont pas intégrées dans les *clusters* OA_CWTS, peut-être parce que la mise à jour est seulement annuelle pour cette dernière, peut-être aussi en raison du rattachement par des méthodes basées sur l'IA de publications non clusterisées par l'algorithme de Leiden pour OpenAlex. Compte-tenu que la classification OpenAlex est la plus exhaustive,

la suite de cette étude s'appuiera dessus, même si l'on peut regretter que des *clusters* présents dans la classification OA_CWTS comme *Urban Green Space* (dont on retrouve une grande part des publications dans *Global Analysis of Ecosystem Services and Land Use* et une petite part dans *Impact of Urban Green Space on Public Health*), caractéristiques de sujets du cahier, se trouvent noyés dans de plus vastes *clusters* de la classification OpenAlex.

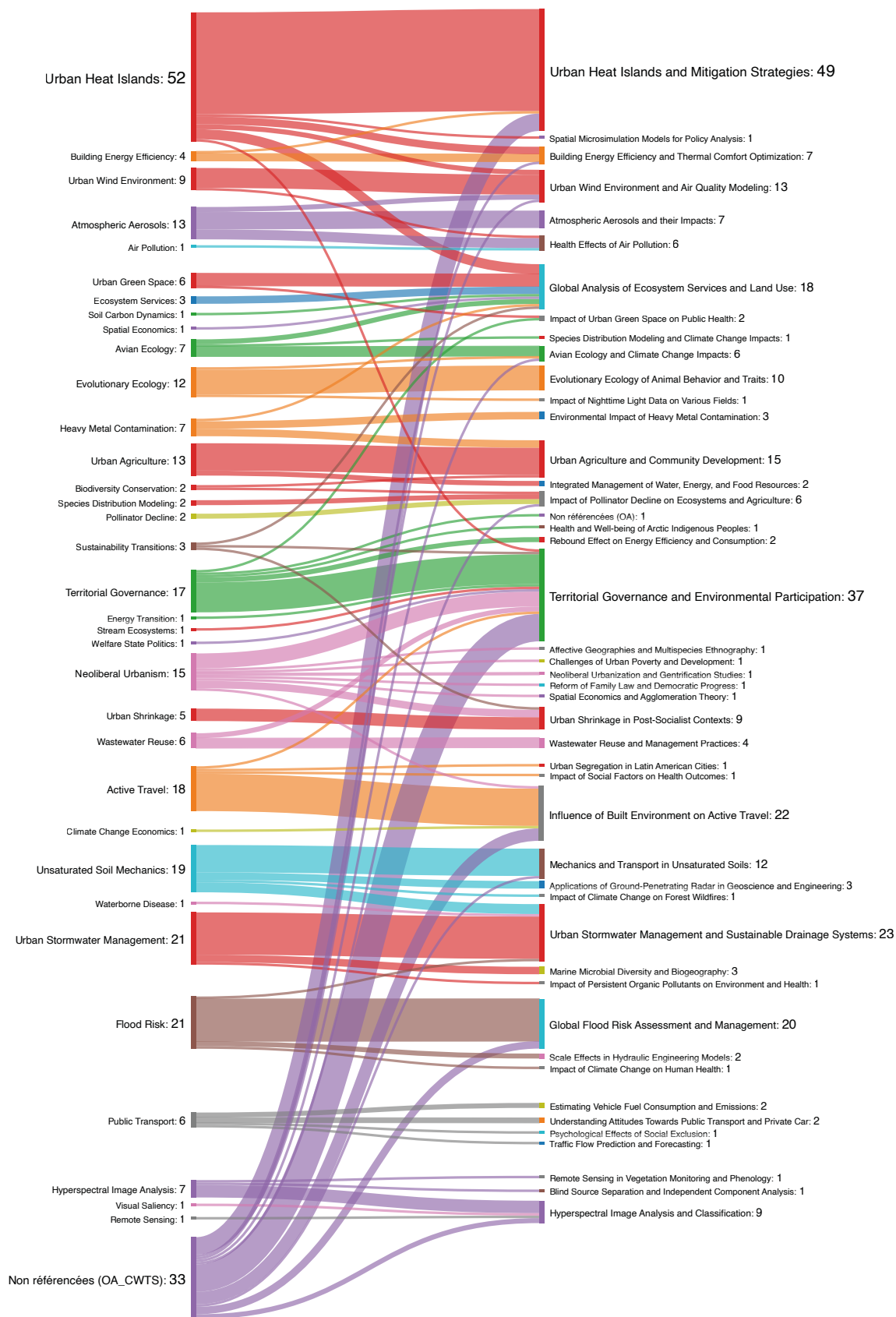


Figure 13. Les publications des projets du cahier dans les classifications OA_CWTS versus OpenAlex.

Avant de clore cette section, maintenant que le choix de la classification a été réalisé, il est intéressant de regarder comment la production scientifique des 132 projets se projette dans cette classification.

On commence par le niveau le plus agrégé, celui des macro-champs, qui correspondent à des grands domaines disciplinaires (tableau 11).

| Domaines | Macro-champs | Classification des projets du cahier | | | | | | | | Total | |
|--|---|--------------------------------------|----------------------|--------------|--------------------|------------------|----------------|--------------------------|---------------|-----------|-----------------|
| | | Nature en ville | Climat et adaptation | Eau en ville | Pollution en ville | Habiter la ville | Mobilité douce | Forme et projets urbains | Circuit court | | Ville numérique |
| Sciences de la santé <i>Health Sciences</i> | Métiers de la santé <i>Health Professions</i> | 1 | | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | | | 9 |
| | Médecine <i>Medicine</i> | 3 | | | 4 | | | | | | 7 |
| Sciences de la vie <i>Life Sciences</i> | Sciences agricoles et biologiques <i>Agricultural and Biological Sciences</i> | 39 | | | | 2 | | 1 | 1 | | 43 |
| | Biochimie, génétique et biologie moléculaire <i>Biochemistry, Genetics and Molecular Biology</i> | 4 | | | | | | | | | 4 |
| | Immunologie et microbiologie <i>Immunology and Microbiology</i> | 1 | | | | | | | | | 1 |
| Sciences physiques <i>Physical Sciences</i> | Chimie <i>Chemistry</i> | 1 | | | | | | | | | 1 |
| | Sciences informatiques <i>Computer Science</i> | 1 | | 4 | | 5 | 2 | | | 6 | 18 |
| | Sciences de la Terre et de l'Univers <i>Earth and Planetary Sciences</i> | 2 | 1 | 2 | 7 | | | | | 3 | 15 |
| | Énergie <i>Energy</i> | 1 | | | | | | 3 | | | 4 |
| | Ingénierie <i>Engineering</i> | 3 | 4 | 6 | 21 | | 2 | 10 | 1 | 11 | 58 |
| | Sciences de l'environnement <i>Environmental Science</i> | 61 | 58 | 44 | 31 | 3 | | 8 | 4 | 3 | 212 |
| | Sciences des matériaux <i>Materials Science</i> | | | 3 | 1 | | | | | | 4 |
| Sciences sociales <i>Social Sciences</i> | Physique et astronomie <i>Physics and Astronomy</i> | | | | | | 2 | | | | 2 |
| | Arts et humanités <i>Arts and Humanities</i> | | | | | | | 1 | | | 1 |
| | Commerce, gestion et comptabilité <i>Business, Management and Accounting</i> | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | Sciences de la décision <i>Decision Sciences</i> | | 1 | 1 | | 1 | | 1 | | | 4 |
| | Économie, économétrie et finance <i>Economics, Econometrics and Finance</i> | | | | 1 | 1 | | 3 | 1 | | 6 |
| | Psychologie <i>Psychology</i> | | | | | 1 | 1 | | | | 2 |
| Total | | 121 | 68 | 63 | 74 | 36 | 33 | 60 | 8 | 25 | 488 |

Tableau 11. Distribution des publications dans les macro-champs OpenAlex (et selon la classification des projets du cahier).

Cette projection, présentée ici dans le tableau 11, amène à plusieurs remarques :

- la production scientifique des projets couvre une très large gamme de disciplines, ce qui corrobore le caractère fortement pluridisciplinaire des recherches mobilisées pour répondre aux enjeux de la ville durable ;

- cette production se concentre toutefois sur quelques disciplines : *Environmental Science*, *Social Sciences*, *Engineering*, *Agricultural and Biological Sciences*, et dans une moindre mesure, *Computer Science* et *Earth and Planetary Sciences* ; ces concentrations sont aussi le reflet des nombres de projets concernés par ces thématiques ;

il y a des concordances attendues entre la classification des projets et le domaine scientifique dans lequel ils ont publié (par exemple dans le macro-champ *Agricultural and Biological Sciences*, la quasi-totalité des publications proviennent de projets s'intéressant principalement à la nature en ville). Toutefois, dans des domaines scientifiques comme les sciences sociales, on s'aperçoit qu'il y a eu des contributions non seulement des projets étiquetés « habiter la ville », « mobilité douce » et « Forme et projets urbains » mais aussi des autres domaines du cahier.

À l'échelle intermédiaire de classification dans les méso-champs d'OpenAlex, on retrouve ces effets de concentration : plus de 80 % des publications recensées se retrouvent dans 21 méso-champs comportant chacun au moins 5 publications comme le montre le tableau suivant. Et même presque les deux-tiers dans 9 méso-champs agrégeant au moins 15 publications chacun. À cette échelle, on commence à voir plus précisément les sujets abordés dans ces publications, même si pour cette analyse thématique, il faut descendre à l'échelle des micro-champs.

| Domaines | Macro-champs | Classification des projets du cahier | | | | | | | | Total | |
|--|--|--------------------------------------|----------------------|--------------|--------------------|------------------|----------------|--------------------------|---------------|-----------|-----------------|
| | | Nature en ville | Climat et adaptation | Eau en ville | Pollution en ville | Habiter la ville | Mobilité douce | Forme et projets urbains | Circuit court | | Ville numérique |
| Sciences agricoles et biologiques <i>Agricultural and Biological Sciences</i> | Écologie, évolution, comportement et systématique <i>Ecology, Evolution, Behavior and Systematics</i> | 22 | | | | | | | | | 22 |
| | Biologie végétale <i>Plant Science</i> | 15 | | | | 2 | 1 | | | | 18 |
| Sciences informatiques <i>Computer Science</i> | Intelligence artificielle <i>Artificial Intelligence</i> | 1 | | 3 | | 5 | | | | | 9 |
| Sciences de la Terre et de l'Univers <i>Earth and Planetary Sciences</i> | Sciences de l'atmosphère <i>Atmospheric Science</i> | 1 | 1 | 1 | 7 | | | | | 1 | 11 |
| Ingénierie <i>Engineering</i> | Ingénierie automobile <i>Automotive Engineering</i> | | | | 2 | | 3 | | | | 5 |
| | Bâtiments et construction <i>Building and Construction</i> | 2 | 3 | | | | 1 | 4 | 1 | | 11 |
| | Génie civil <i>Civil and Structural Engineering</i> | | 1 | 4 | 11 | | | | | | 16 |
| | Technologies multimédias <i>Media Technology</i> | | | | | | | | | 11 | 11 |
| | Génie océanique <i>Ocean Engineering</i> | | | 2 | 3 | | 1 | | | | 6 |
| Sciences de l'environnement <i>Environmental Science</i> | Écologie <i>Ecology</i> | 8 | 2 | 2 | 4 | | | | 1 | 3 | 20 |
| | Ingénierie de l'environnement <i>Environmental Engineering</i> | 17 | 43 | 10 | 17 | 2 | 1 | 3 | | | 93 |
| | Changements globaux et planétaires <i>Global and Planetary Change</i> | 16 | 11 | 20 | 6 | 1 | 1 | | | | 55 |
| | Santé, toxicologie et mutagenèse <i>Health, Toxicology and Mutagenesis</i> | 5 | 2 | 4 | 2 | | 2 | | | | 15 |
| | Préservation de l'environnement <i>Nature and Landscape Conservation</i> | 5 | | | | | | | | | 5 |
| | Pollution <i>Pollution</i> | 5 | | 2 | | | 1 | | | | 8 |
| | Technologie et sciences relatives à l'eau <i>Water Science and Technology</i> | 2 | | 3 | | | | 2 | | | 7 |
| Économie, économétrie et finance <i>Economics, Econometrics and Finance</i> | Économie et économétrie <i>Economics and Econometrics</i> | | | | 1 | 1 | 3 | | | | 5 |
| Sciences sociales <i>Social Sciences</i> | Relations internationales et sciences politiques <i>Political Science and International Relations</i> | | | | | 2 | 3 | 1 | | | 6 |
| | Sciences politiques et sociologie <i>Sociology and Political Science</i> | 4 | 1 | 5 | 1 | 9 | 6 | 14 | | | 40 |
| | Transport <i>Transportation</i> | | | | 5 | 5 | 15 | 5 | | 1 | 31 |
| | Études urbaines <i>Urban Studies</i> | | | | 1 | | 1 | 10 | | | 12 |
| Total | | 103 | 64 | 56 | 60 | 27 | 23 | 51 | 6 | 16 | 406 |

Tableau 12. Distribution des publications dans les méso-champs OpenAlex (et selon la classification des projets du cahier).

Chapitre 4

La production scientifique des projets du cahier au prisme des micro-champs OpenAlex

Dans cette section, nous avons regardé comment les publications identifiées permettaient de lier les projets du cahier à leurs domaines de production scientifique cartographiée dans la base de données OpenAlex.

En utilisant comme liens les 488 publications classées dans ces micro-champs, nous avons construit, avec le logiciel de génération de graphes Gephi³⁹, ce réseau de relations entre projets et micro-champs. La taille des nœuds du réseau et des liens est liée aux volumes de publications concernées.

Ce réseau et le diagramme (figure 14) associé mettent en évidence des enseignements particulièrement intéressants :

- une grande partie du graphe est connecté, c'est-à-dire qu'il y a des projets qui font le lien entre des domaines scientifiques *a priori* éloignés. Par exemple, le projet VITE ! (Villes et transitions énergétiques : enjeux, leviers, processus et évaluation prospective pluridisciplinaire) a une production scientifique très pluridisciplinaire puisque ses publications sont associées à des micro-champs relevant de thèmes variés⁴⁰. Autre exemple : EUREQUA (Évaluation multidisciplinaire et Requalification Environnementale des QUartiers) fait des liens entre des domaines scientifiques relevant des SHS (*Territorial Governance and Environmental Participation*) et des domaines des sciences de l'environnement (*Urban Heat Islands and Mitigation Strategies / Urban Wind Environment and Air Quality Modeling*) ou même de la santé et du bien-être (*Effects of Noise Pollution on Health and Well-being*). Il est intéressant de voir que la pluridisciplinarité / multidisciplinarité que promettaient ces projets se retranscrit dans la variété de leur production scientifique ;
- inversement, il y a quelques projets isolés de la grande composante connexe du graphe (figurant en bas de la figure 14). En général, toutes les publications de ces projets relèvent d'un seul micro-champ, très spécifique sauf pour les projets ACTEUR (Agents Cognitifs Territorialisés pour l'Étude des dynamiques Urbaines et des Risques) et ELOCANTH (Évolution de l'adaptation locale en environnement anthropisé), dont les publications se retrouvent dans plusieurs micro-champs ; à noter par exemple que le projet CONFLUENT (CONnaissances des FLux Urbains, EmpreINTes environnementales et gouvernance durable) est dans ce cas de figure, étant le seul projet de ce cahier à contribuer au micro-champ centré sur le métabolisme urbain (*Urban Metabolism and Sustainability Assessment*) ;
- un certain nombre de projets contribuent à la fois à des développements techniques génériques (en métrologie, en algorithmique...) et à la production de connaissances spécifiques au domaine urbain. On retrouve par exemple ces deux dimensions dans le projet HYPE (Imagerie hyperspectrale pour la planification urbaine) avec des contributions dans les micro-champs *Blind Source Separation and Independent Component Analysis / Hyperspectral Image Analysis and Classification / Remote Sensing in Vegetation Monitoring and Phenology / Applications of Remote Sensing in Geoscience and Agriculture* ou dans le projet INFILTRON (Dispositif INFILTRON pour une évaluation des fonctions infiltration & filtration des sols urbains dans un contexte de gestion des eaux pluviales) qui a développé une instrumentation comme l'indique les micro-champs *Ion Beam Surface Analysis and Nanoscale Patterning et Plasmonic Nanoparticles: Synthesis, Properties, and Applications* et l'a appliqué aux sols urbains (micro-champ *Urban Stormwater Management and Sustainable Drainage Systems*) ;

• on voit clairement sur la figure 14 que la carte est organisée autour de gros pôles attracteurs portant sur des sujets d'intérêt majeurs pour l'urbain, et qui structurent ce cahier. De fait, plus de la moitié des publications recensées se rattachent à un des neuf micro-champs accueillant au moins sept publications : nous avons indiqué, dans le tableau 13 énumérant ces neuf micro-champs, les projets du cahier concernés ainsi que le nombre de publications correspondant et les mots-clés caractéristiques de ces micro-champs. Ces mots-clés associés à la classification OpenAlex montrent que la plupart de ces micro-champs ne se limitent pas au domaine strictement urbain, voire pour certains comme « *Atmospheric Aerosols and their Impacts* », « *Mechanics and Transport in Unsaturated Soils* » ou encore « *Hyperspectral Image Analysis and Classification* », la ville n'apparaît pas explicitement, même si ces micro-champs peuvent accueillir des publications portant spécifiquement sur ce type de territoire. Mais, comme nous le verrons dans la section suivante, à ces micro-champs centrés sur des objets non spécifiquement urbains, peuvent aussi être associées des publications émanant de projets ANR ayant un rapport plus ou moins lointain avec l'urbain⁴¹;

• on a demandé à Gephi d'identifier des communautés sur la base de l'algorithme défini dans l'article « Vincent D Blondel, Jean-Loup Guillaume, Renaud Lambiotte, Étienne Lefebvre, Fast unfolding of communities in large networks, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* 2008 (10), P1000 » (en choisissant le paramétrage par défaut). Ces communautés correspondent aux différents codes couleurs des nœuds et des liens dans la carte. Il est intéressant de noter que Gephi regroupe dans une même communauté les micro-champs *Urban Heat Islands and Mitigation Strategies, Building Energy Efficiency and Thermal Comfort Optimization et Global Analysis of Ecosystem Services and Land Use*, ce qui indique que ces sujets sont abordés (et ont donné lieu à des publications) conjointement dans plusieurs projets et démontre le caractère interconnecté de ces thèmes.



39. <https://gephi.org/>

40. Spatial Microsimulation Models for Policy Analysis / Rebound Effect on Energy Efficiency and Consumption / Estimating Vehicle Fuel Consumption and Emissions / Implications of Shared Autonomous Vehicle Services / Health Effects of Air.

41. <https://docs.openalex.org/api-entities/topics/topic-object>

| Méso-champs | Micro-champs | Mots-clés caractéristiques du micro-champ |
|--|--|--|
| Écologie, évolution, comportement et systémique <i>Ecology, Evolution, Behavior and Systematics</i> | Evolutionary Ecology of Animal Behavior and Traits | Phenotypic Plasticity; Natural Selection; Evolutionary Dynamics; Behavioral Syndromes; Mate Choice; Reproductive Strategies; Genetic Variation; Adaptive Evolution; Life History Trade-offs; Ecological Interactions |
| Biologie végétale <i>Plant Science</i> | Urban Agriculture and Community Development | Urban Agriculture; Community Gardens; Food Security; Sustainability; Social Capital; Ecosystem Services; Health Promotion; Resilient Cities; Biodiversity Conservation; Local Food Production |
| Sciences de l'atmosphère <i>Atmospheric Science</i> | Atmospheric Aerosols and their Impacts | Atmospheric Aerosols; Black Carbon; Organic Aerosol; Air Quality; Climate Forcing; Aerosol Formation; Emission Modeling; Chemical Composition; Haze Pollution; Tropospheric Chemistry |
| Bâtiments et construction <i>Building and Construction</i> | Building Energy Efficiency and Thermal Comfort Optimization | Building Energy Consumption; Thermal Comfort; Energy Simulation; Model Predictive Control; Sustainable Buildings; Occupant Behavior; Climate Change Impact; Artificial Neural Networks; Energy Efficiency; Building Performance |
| Génie civil <i>Civil and Structural Engineering</i> | Mechanics and Transport in Unsaturated Soils | Unsaturated Soil Mechanics; Soil Hydraulic Properties; Pedotransfer Functions; Soil Water Characteristic; Hydraulic Conductivity; Soil Water Retention; Clay Minerals Behavior; Macropore Flow; Thermal Effects on Soil; Root Water Uptake |
| Technologies multimédias <i>Media Technology</i> | Hyperspectral Image Analysis and Classification | Hyperspectral; Image Analysis; Remote Sensing; Classification; Deep Learning; Change Detection; Spectral Unmixing; Feature Extraction; Object-Based Analysis; Support Vector Machines |
| Ingénierie de l'environnement <i>Environmental Engineering</i> | Urban Heat Islands and Mitigation Strategies | Urban Heat Island; Green Roofs; Land Surface Temperature; Remote Sensing; Urban Climate; Thermal Comfort; Energy Consumption; Vegetation; Cooling Strategies; Climate Change |
| | Urban Stormwater Management and Sustainable Drainage Systems | Urban Stormwater Management; Sustainable Drainage Systems; Low Impact Development Practices; Bioretention Technology; Urban Hydrology; Water Quality; Impervious Surfaces; Rainwater Harvesting; Pollutant Removal; Climate Change Impact |
| | Urban Wind Environment and Air Quality Modeling | CFD Simulation; Urban Microclimate; Air Quality; Pedestrian Wind Comfort; Turbulent Flow; Building Ventilation; Atmospheric Dispersion; Large-Eddy Simulation; Street Canyon; Boundary Layer |
| Changements globaux et planétaires <i>Global and Planetary Change</i> | Global Analysis of Ecosystem Services and Land Use | Ecosystem Services; Land Use Change; Urbanization; Global Impact; Biodiversity Conservation; Sustainability; Spatial Dynamics; Human-Nature Interactions; Environmental Policy; Social-Ecological Systems |
| | Global Flood Risk Assessment and Management | Flood Risk; Remote Sensing; Climate Change; Surface Water Mapping; Flood Inundation Modeling; Urban Flooding; Risk Perception; Hydrological Modeling; Satellite Imagery; Disaster Management |
| Sciences politiques et sociologie <i>Sociology and Political Science</i> | Territorial Governance and Environmental Participation | Territorial Governance; Environmental Participation; Sustainable Development; Citizen Participation; Local Development; Proximity and Innovation; Rural Territories; Public Policy; Social Justice; Community Engagement |
| Transport <i>Transportation</i> | Influence of Built Environment on Active Travel | Built Environment; Active Travel; Physical Activity; Transportation; Urban Design; Health Impact Assessment; Bike Sharing; Neighborhood Walkability; Accessibility; Environmental Correlates |
| Études urbaines <i>Urban Studies</i> | Urban Shrinkage in Post-Socialist Contexts | Shrinking Cities; Urban Decline; Post-Socialist Urbanism; Socio-Spatial Disparities; Vacant Land Management; Suburbanization; Population Loss; Resilient Urban Transition; Housing Abandonment; Sustainability in Declining Cities |
| Total | | |

Tableau 13. Les micro-champs OpenAlex accueillant le plus de publications et les projets ANR associés.

| Classification des projets du cahier | | | | | | | | | Nombre de publications | Projets contributeurs |
|--------------------------------------|----------------------|--------------|--------------------|------------------|----------------|--------------------------|---------------|-----------------|------------------------|---|
| Nature en ville | Climat et adaptation | Eau en ville | Pollution en ville | Habiter la ville | Mobilité douce | Forme et projets urbains | Circuit court | Ville numérique | | |
| 10 | | | | | | | | | 10 | URBASTRESS |
| 12 | | | | 2 | | 1 | | | 15 | FEW-meter, GELULE, JASSUR, SMART-U-GREEN |
| | | | 7 | | | | | | 7 | MEGAPOLI-PARIS |
| 2 | 3 | | | | | 2 | | | 7 | MUSCADE, PROOF, REHA-PARCS, TrameVerte, VITE !, VURCA |
| | 1 | | 11 | | | | | | 12 | INFILTRON, VegDUD |
| | | | | | | | 9 | | 9 | HYEP |
| 11 | 36 | | | 1 | | 1 | | | 49 | COOLSCAPES, COOLTREES, ECOVILLE, EUREQUA, EVNATURB, MApUCE, MERUBBI, MUSCADE, TrameVerte, UMat4CC, VegDUD, VURCA |
| 1 | | 8 | 14 | | | | | | 23 | INFILTRON, INOGEV, OMEGA, PULSE, TRAFIPOLLU |
| 5 | 3 | 2 | 2 | 1 | | | | | 13 | AIRQ, EUREQUA, INOGEV, MUFDD, sTREEt, TRAFIPOLLU, TrameVerte, VegDUD |
| 14 | 3 | | | | | 1 | | | 18 | BIOVEINS, BISES, ECOVILLE, EVNATURB, JASSUR, MApUCE, MUSCADE, PULSE, URBASTRESS, SUBURBIN, VURCA |
| | | 20 | | | | | | | 20 | DEUFI, INCERDD, OMEGA, RER |
| 4 | 1 | 3 | 1 | 9 | 6 | 13 | | | 37 | Altergrowth, ARICO, DESIGN, EUREQUA, Eval-PDU, EVNATURB, GELULE, HIGHRISE, MApUCE, MOBIKIDS, OMEGA, PAGODE, PLUPATRIMONIAL, PROSECO, RECUPERTE, RED, SENSIBILIA, TrameVerte, TRANS-ENERGY, UrbaTime, Velotactique |
| | | | 2 | 3 | 12 | 5 | | | 22 | AETIC, CITIZENBENCH, HIGHRISE, MOBIKIDS, MoDe, RED, SYMEXPO, TRANS-ENERGY, VEL'INNOV, Velotactique, VITE ! |
| | | | | | | 9 | | | 9 | 3S RECIPE, Altergrowth, BIMBY, GELULE |
| 59 | 47 | 33 | 37 | 16 | 18 | 32 | 9 | | 251 | |

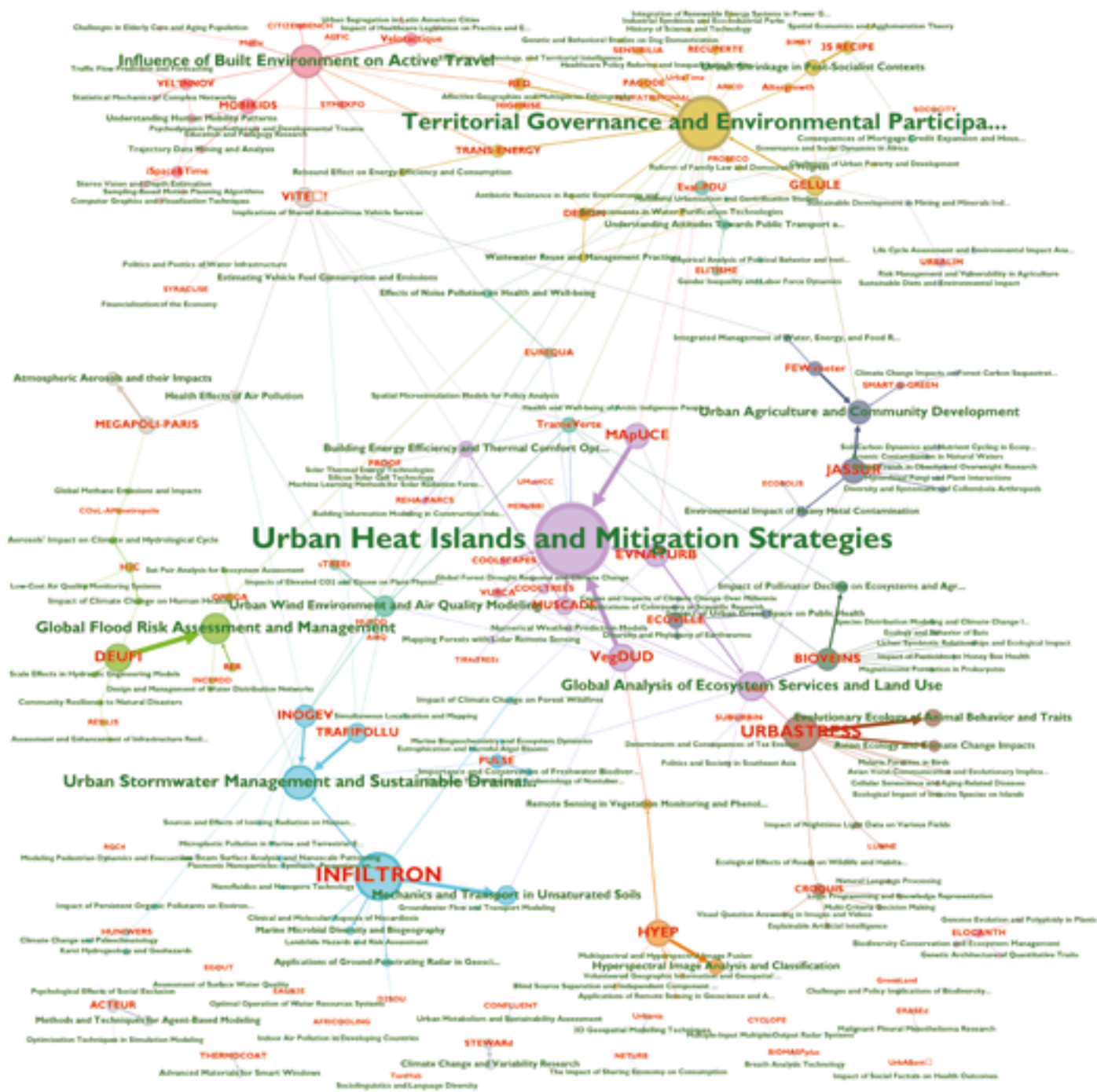


Figure 14. Liens entre les projets du cahier (en rouge) et les micro-champs OpenAlex via les publications (en vert).

Chapitre 5

Identification de projets additionnels ayant contribué aux enjeux de la ville durable

Pour quelques-uns des micro-champs particulièrement importants pour les thématiques abordées dans ce cahier, nous avons recherché s'il existait d'autres projets ANR non identifiés, ayant apporté des contributions scientifiques qui s'y retrouvaient.

Le résultat est présenté sous la forme de graphes projets - micro-champs. Pour des raisons de lisibilité, compte-tenu des grands nombres de projets additionnels identifiés, nous avons scindé la carte globale en plusieurs sous-graphes, même s'il existe, comme on l'a vu, des projets comme VITE ! ou EUREQUA qui relient ces sous-domaines :

- un graphe portant sur les micro-champs relatifs à l'aménagement des villes, à la mobilité et à la gouvernance (groupe 1) : *Territorial Governance and Environmental Participation / Understanding Human Mobility Patterns / Influence of Built Environment on Active Travel* ;
- un graphe portant sur les micro-champs relatifs au climat urbain, à la thermique urbaine et à la qualité de l'air (groupe 2) : *Urban Heat Islands and Mitigation Strategies / Urban Wind Environment and Air Quality Modeling / Low-Cost Air Quality Monitoring Systems / Building Energy Efficiency and Thermal Comfort Optimization* ;
- un graphe portant sur les micro-champs relatifs à l'hydrologie, aux risques d'inondation et aux sols urbains (groupe 3) : *Global Flood Risk Assessment and Management / Mechanics and Transport in Unsaturated Soils / Urban Stormwater Management and Sustainable Drainage Systems*.

On va retrouver bien évidemment des projets qui apparaissent en coïncidence avec des projets de ce cahier mais également d'autres projets qui ont pu apporter des contributions ponctuelles aux sujets principaux de cette étude.

Dans les cartes, nous avons indiqué :

- en vert, les micro-champs analysés ;
- en bleu, noir ou rouge, les projets concernés identifiés : rouge pour les projets considérés dans ce cahier, noir pour les autres projets financés par l'ANR (via la subvention du Ministère en charge de la recherche) et bleu pour les projets financés dans le cadre de France 2030 ;
- entre parenthèses, le type de projets :
 - *Blanc* pour les projets financés entre 2005 et 2013 via les appels à projets non thématiques (Blanc ou JCJC) ;
 - *Prog. thémat.* pour les projets financés dans le cadre d'appels à projets thématiques spécifiques, notamment entre 2005 et 2013 comme par exemple ceux du programme Villes Durables 2008-2010 ;
 - *AAP internat.* pour des projets financés dans le cadre d'appels internationaux comme l'ERA-NET EN-SUGI (Sustainable Urbanisation-Global Challenges) ;
 - *AAP spec.* pour des projets financés dans le cadre d'appels spécifiques (MRSEI, retour post-docs...)
 - *AAPC*, pour les projets financés depuis 2014 dans le cadre de l'Appel à projets générique ;
 - Les actions *France 2030* dont relèvent les projets financés par ce Plan : LabEx, EQUIPEX, IdEx, INBS, ITE, EURE, MOPGA...

Le premier constat est que de très nombreux projets ont contribué à la production de connaissances dans les domaines d'intérêt de ce cahier. Dans ces cartes, on retrouve notamment des projets financés dans le cadre des programmes ou appels spécifiques au domaine urbain, qui ne font pas l'objet de fiches-projets, comme par exemple PLAINSUD (PLATEformes numériques INnovantes de Simulation Urbaines pour le Développement Durable) ou MIRO2 (Modélisation Intra-urbaine des Rythmes quotidiens), financés dans le programme Villes Durables.

On vérifie également que les projets présentés en détail sont souvent ceux qui ont le plus les plus gros volumes de publications dans ces domaines : par exemple, sur le graphe relatif à l'hydrologie urbaine, on trouve aux quatre premiers rangs des plus gros contributeurs les projets DEUFI, INFILTRON, INOGEV et TRAFIPOLLU.

Cependant, les projets considérés ici sont loin de représenter la majorité des contributions à la production scientifique associée à ces micro-champs : moins du tiers des publications recensées est associé à l'un des projets. Même constat pour les projets financés dans le cadre d'appels dédiés à l'urbain (soit, chronologiquement, les appels Villes Durables 2008-10, Villes et Bâtiments durables 2011-2013 et depuis 2014, l'axe scientifique de l'Appel à projets générique correspondant au comité d'évaluation 22, ainsi que quelques appels internationaux associés à la JPI Urban Europe) : moins d'un tiers des publications y est associé. Ce taux est toutefois très variable selon les micro-champs : pour le micro-champ portant sur l'îlot de chaleur urbain, les projets présentés du cahier y contribuent très majoritairement. Inversement, sur la compréhension de la mobilité, ou sur la mécanique des sols, se sont surtout des projets financés en dehors des appels spécifiques à la ville qui contribuent.

Ces différences s'expliquent en partie par le fait, comme on l'a déjà indiqué, que certains micro-champs ne sont pas dédiés aux questions urbaines. C'est par exemple le cas des micro-champs relatifs à l'hydrologie, aux risques d'inondation ou à sols : on retrouve aussi des projets qui ne traitent pas de sujets spécifiquement urbains, comme par exemple le projet ARGIC qui s'intéressait aux risques de fissuration de bâtiments construits sur des sols argileux, en raison de gonflements / retraits induits par des épisodes de sécheresse intense. Ou encore le projet FloodScale, qui avait pour sujet les risques liés aux phénomènes de crues éclair à différentes échelles et pour différents types de territoires. C'est aussi vrai pour le micro-champ dédié à l'efficacité énergétique des bâtiments, marginal par rapport à ce cahier, avec seulement neuf publications associées à des projets présentés mais qui a été alimenté fortement, surtout sur la période 2010-2014, par des projets financés entre 2008 et 2012 (4C, AMMIS, AIDE-3D, COSIMPHI, VALERIE, FIABILITE, HYGRO-BAT, INTENSE, MAEVIA, MEMOIRE, MOB-AIR, OMEGA, PRECISION, SUPERBAT...) que l'on retrouve dans la carte correspondante.

Identification de projets additionnels ayant contribué aux enjeux de la ville durable

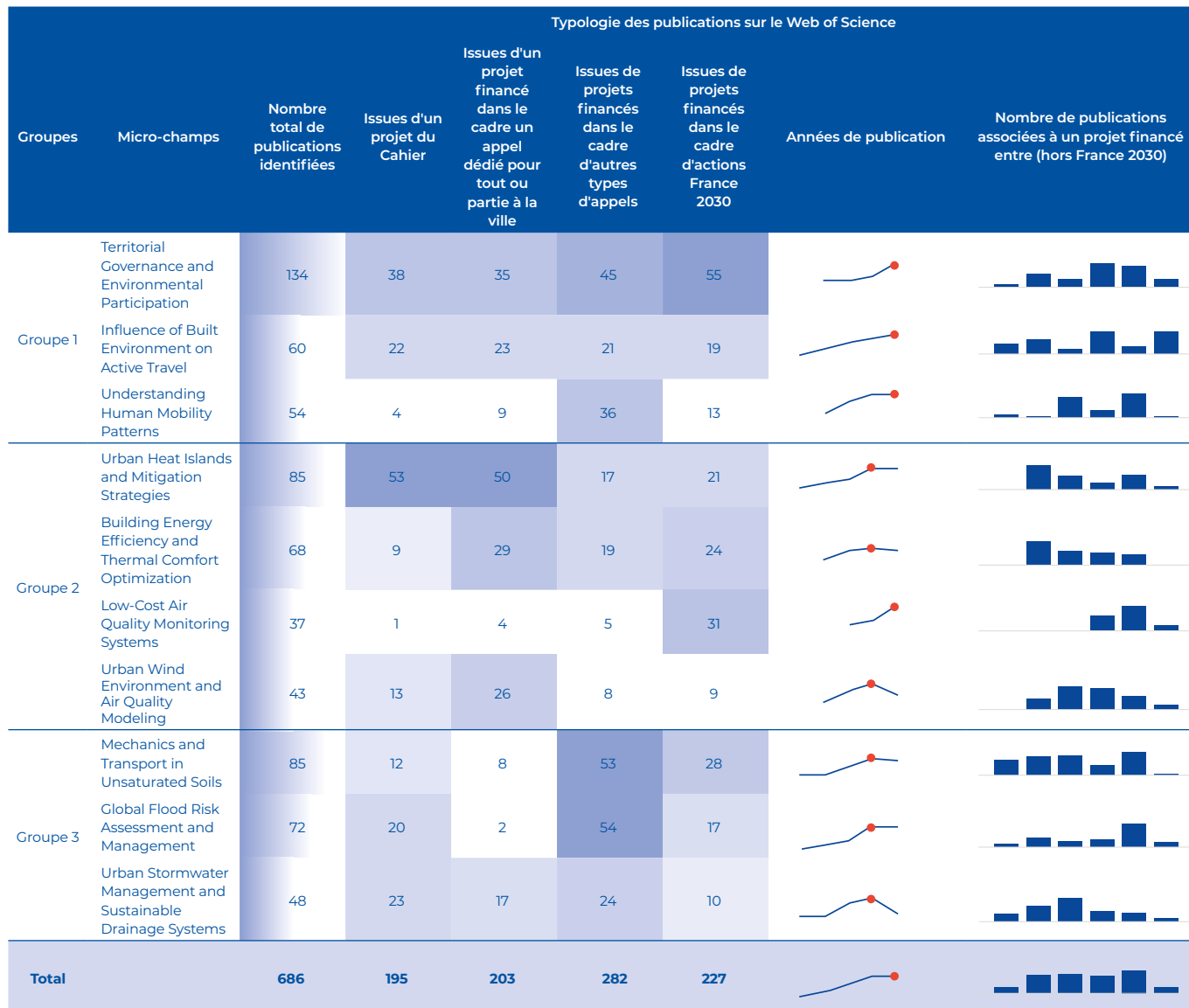


Tableau 14. Origine des publications selon les micro-champs, dynamiques temporelles de publication et années de financement des projets contributeurs (histogramme allant de 2005 à 2022 par périodes triennales).

Un tiers de cette production scientifique est associé à des projets financés dans le cadre de France 2030. Les graphes mettent en évidence les nombreux projets France 2030 qui ont pu contribuer à ces champs. On y retrouve notamment les LabEx Dynamite, FUTURBAINS et IMU, l'ITE Efficacity, l'Institut Convergences LUS (Lyon Urban School), les projets MOPGA ACROSS, MAQGA et KM-IMPACTS, mais aussi beaucoup d'autres projets qui ont pu aborder ponctuellement des sujets relatifs à la ville. On y trouve aussi

plusieurs IdEx (A*MIDEX, UGA, université Paris-Sorbonne...), qui couvrent un champ très large pouvant inclure des recherches sur des sujets propres à la ville. Cette contribution issue de France 2030 est particulièrement importante dans certains micro-champs comme celui dédié à la gouvernance territoriale et surtout celui portant sur les capteurs bas coût pour mesurer la qualité de l'air, où 31 des 37 publications repérées sont associées à des projets France 2030 (essentiellement le projet MOPGA MAQGA et le LabEx IMU).



Figure 15. Projets identifiés en relation avec les micro-champs associés à l'aménagement des villes, à la mobilité et à la gouvernance. En bleu : les projets France 2030 ; en rouge : les projets du Plan d'action parmi les 132 projets repertoriés dans le cahier ; en noir : les autres projets du Plan d'action ; en vert : les champs OpenAlex.

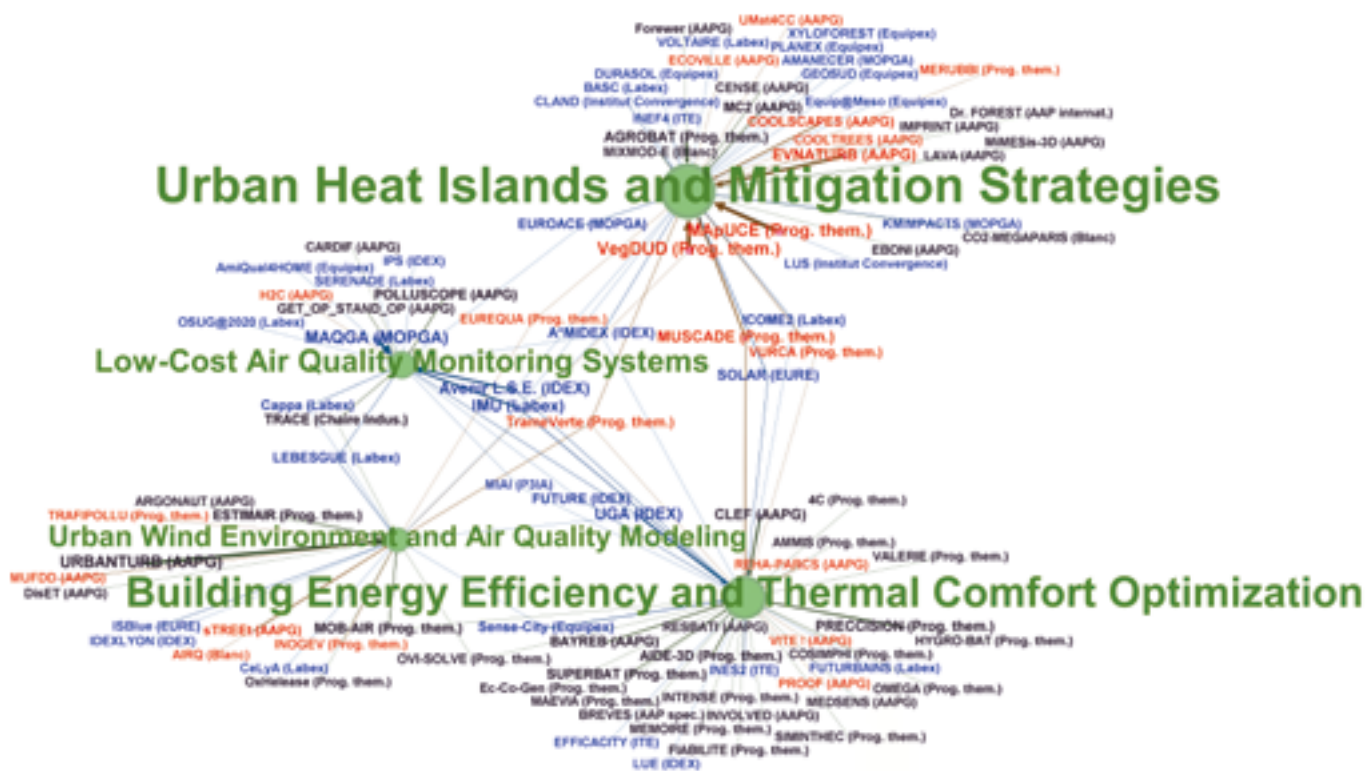


Figure 16. Projets identifiés en relation avec les micro-champs associés à l’îlot de chaleur urbain, la qualité de l’air, l’efficacité énergétique du bâti et au confort thermique.

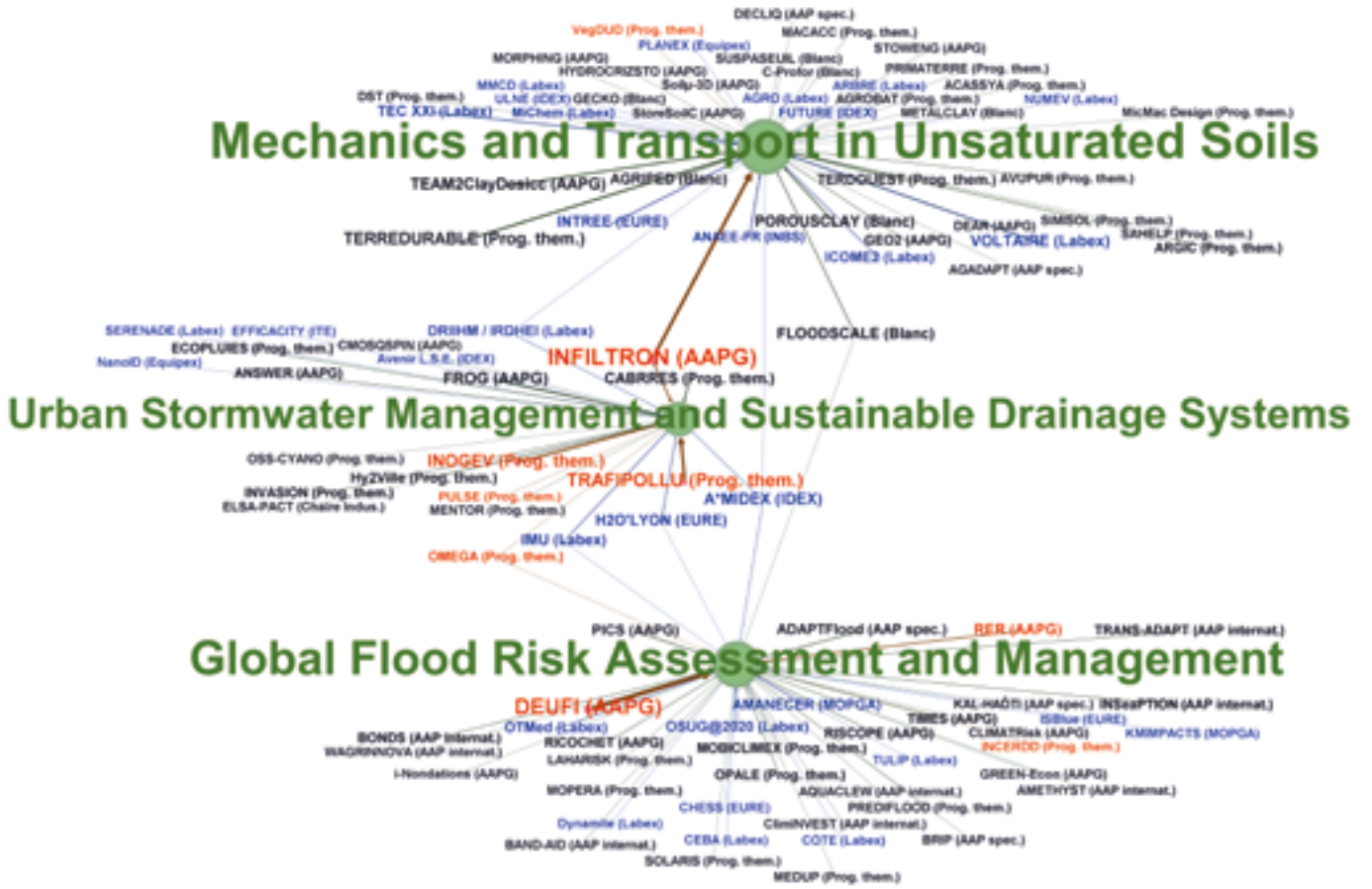


Figure 17. Projets identifiés en relation avec les micro-champs associés aux sols urbains, à l'eau en ville et aux risques d'inondation.

Chapitre 6

Quelques publications très visibles

Nous achevons ce volet bibliométrique par quelques mots sur la visibilité de cette production scientifique, mesurée en termes de citations reçues par les publications.

Comparer des nombres de citations par publication n'a de sens que si on réalise ces comparaisons à l'intérieur de domaines suffisamment homogènes, temporellement et en termes de sujets, de sorte que les publications, dont on compare les taux de citation, aient pu être citées par des articles parus ultérieurement dans le même domaine. Comparer ces taux entre des publications relatives au risque inondation et des publications sur l'agriculture urbaine auraient peu de pertinence. La classification basée sur l'algorithme de *clustering* de Leiden prend ici tout son intérêt, puisque l'on rappelle qu'il utilise les liens de citations entre publications pour regrouper ces publications en *clusters* : en d'autres mots, les micro-champs correspondent à des communautés qui se citent. On utilisera donc préférentiellement ces micro-champs pour y identifier les publications qui y font référence par leur nombre de citations reçues, comparativement aux autres publications agrégées dans le même micro-champ. C'est aussi le choix qui est fait pour élaborer le classement de Leiden des universités. Toutefois, nous ne présenterons pas d'analyses quantitatives

basées sur des indicateurs construits à partir des citations comme les déciles des publications les plus citées⁴², comme cela avait été effectué dans l'étude bibliométrique sur la production scientifique issue des projets France 2030⁴³. En effet, ici, les nombres de publications recensées sont trop petits pour assurer la robustesse des résultats et en tirer des conclusions définitives⁴⁴. Par exemple, le micro-champ le plus fourni en publications issues de projets du cahier, *Urban Heat Islands and Mitigation Strategies*, n'en agrège que 53, et 85 si on prend en compte toutes les publications mentionnant un projet ANR : avec au moins 9 publications dans le décile des publications les plus citées au monde, la performance des projets ANR serait meilleure que la moyenne mondiale, mais avec 8, on serait sensiblement en dessous. Ces petits nombres rendent les analyses quantitatives basées sur des indicateurs trop fragiles, compte-tenu des incertitudes et lacunes potentielles dans le recensement des publications mentionnées en préambule de ce chapitre d'une part, et des différences d'indexation, de classification en micro-champs et aussi de comptage des nombres de citations des bases de données OpenAlex et WoS d'autre part. En revanche, on peut chercher s'il y a des publications qui ont marqué l'histoire scientifique de leur domaine, et qui sont devenues des références pour les publications ultérieures.

| Micro-champs OpenAlex | Micro-champs Citation Topics | Nombre de publications dans les 5 % les plus citées | Nombre total de publications |
|---|------------------------------|---|------------------------------|
| Building Energy Efficiency and Thermal Comfort Optimization | 6.115.284 Thermal Comfort | 2 | 59 |
| Urban Heat Islands and Mitigation Strategies | 6.115.284 Thermal Comfort | 1 | 2 |
| Urban Heat Islands and Mitigation Strategies | 8.19.743 Urban Heat Island | 5 | 63 |
| Urban Wind Environment and Air Quality Modeling | 8.19.743 Urban Heat Island | 1 | 22 |
| Low-Cost Air Quality Monitoring Systems | 8.124.10 Aerosols | 1 | 5 |
| Low-Cost Air Quality Monitoring Systems | 8.124.552 Air Pollution | 3 | 16 |

Tableau 15. Les micro-champs des publications du top 5 % les plus citées du domaine climat urbain, à la thermique urbaine et à la qualité de l'air.

Le premier constat est que les publications les plus citées se retrouvent dans les deux bases, OpenAlex et WoS. Les nombres de citation diffèrent entre les bases mais on peut se reposer sur les classements en déciles calculés par rapport à des catégories définies comme l'intersection entre une année de publication donnée et un domaine scientifique (topic pour OpenAlex, micro-champ des *Citation Topics* pour le WoS) : les publications cataloguées dans les 5 % les plus citées des *Citation Topics* apparaissent à des niveaux de centiles encore plus élevés sur OpenAlex. Ce résultat est le reflet du positionnement plus sélectif du WoS par rapport à OpenAlex, qui agrège, au-delà de ce qu'indexe le WoS, beaucoup de publications moins visibles, peu citées : il est nettement plus difficile d'être dans les 10 % les plus cités du WoS que d'OpenAlex.

Une autre difficulté est liée aux classements en micro-champs qui ne se recouvrent pas entre bases de données, comme le montre le tableau 15 focalisé sur les quatre micro-champs OpenAlex du domaine 2 présenté dans la section précédente. Ce groupe agrège 167 publications qui se retrouvent à la fois sur OpenAlex et sur le

42. Voir par exemple <https://www.leidenranking.com/information/indicators> pour les définitions d'indicateurs basés sur les citations.

43. <https://anr.fr/fileadmin/documents/2023/France2030-bibliometrie-projets-2023.pdf>

44. Les indicateurs du classement de Leiden des universités reposent sur beaucoup plus de publications d'une part et les intervalles de stabilité des résultats (A stability interval provides insight into the sensitivity of an indicator to changes in the underlying set of publications) sont mentionnés d'autre part. Voir par exemple : Waltman, L., Calero-Medina, C., Kosten, J., Noyons, E.C.M., Tijssen, R.J.W., van Eck, N.J., van Leeuwen, T.N., van Raan, A.F.J., Visser, M.S. and Wouters, P. (2012), The Leiden ranking 2011/2012: Data collection, indicators, and interpretation. *J Am Soc Inf Sci Tec*, 63: 2419-2432. <https://doi.org/10.1002/asi.22708>

WoS dont 13 qui apparaissent dans le WoS comme appartenant aux 5 % les plus citées au monde de leur catégorie. Malheureusement, comme le montre le tableau, ces catégories peuvent différer entre les deux bases de données : par exemple, l'une des six publications les plus citées du micro-champ OpenAlex *Urban Heat Islands and Mitigation Strategies* se retrouve dans le micro-champ des *Citation Topics* 6.115.284 *Thermal Comfort* alors que les cinq autres se rattachent à 8.19.743 *Urban Heat Island*.

Toutefois, en dépit de ces obstacles, il reste indéniable que ces publications sont très citées par rapport à leur catégorie. Nous donnons ci-dessous la liste de ces publications issues de projets ANR qui font référence dans la production scientifique de leur domaine. Nous n'avons retenu que des publications parues au plus tard en 2021 : en effet, pour les publications plus récentes, la fenêtre temporelle de comptage des citations est trop courte (moins de 2 ans) pour avoir une ségrégation significative entre les publications les plus citées⁴⁵ et les autres (le basculement entre premier et second déciles se faisant alors souvent sur une seule citation) et l'influence du mois de publications trop important.

Pour conclure cette partie consacrée à la bibliométrie, on a représenté avec CORTEXT comment se situaient les cinq publications les plus citées du micro-champ *Urban Heat Islands and Mitigation Strategies*, dont trois sont associées à des projets de ce cahier, dans la chronologie des publications les plus citées de ce domaine. Pour réaliser la figure 18, on a téléchargé dans CORTEXT les données du WoS relatives à l'ensemble des publications citant un de ces cinq articles, puis l'on a tracé le réseau des liens de citations des 50 articles les plus référencés dans ces publications. Ce graphe présente deux clusters bien distincts, l'un, focalisé sur la modélisation climatique locale, qui trouve sa source dans un article ancien de 1973, avec quatre des publications ANR très citées s'inscrivant dans cette filiation, l'autre qui démarre avec un article publié en 1998, et qui intègre l'article issu du projet AGROBAT sur les toitures végétalisées.

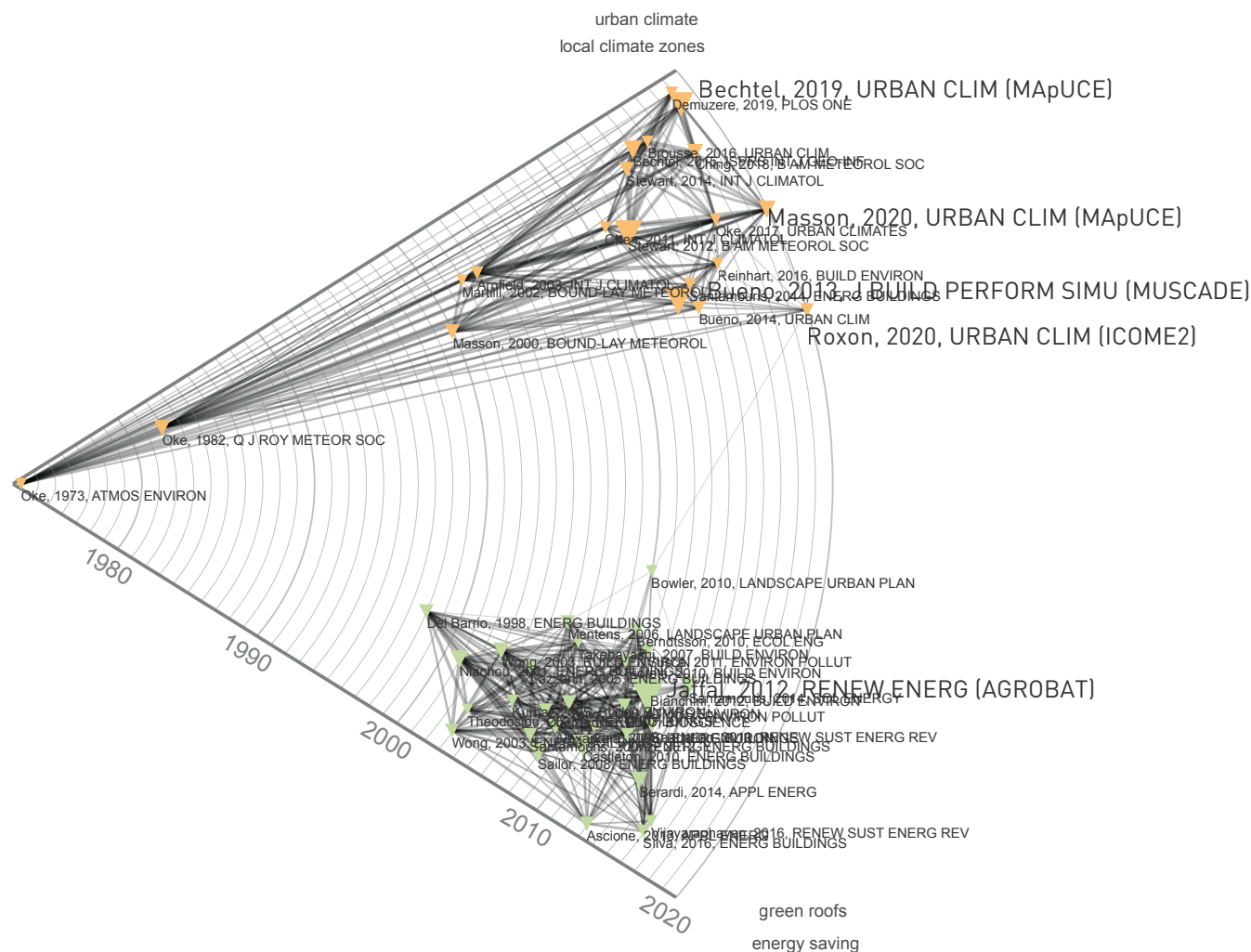


Figure 18. Les cinq publications les plus citées du micro-champ 8.19.743 Urban Heat Island dans la chronologie des publications les plus citées de ce micro-champ.

45. Les cinq publications de 2022 cataloguées comme appartenant aux 5 % les plus citées au niveau mondial sur le WoS n'avaient reçu qu'entre 15 et 27 citations au moment du prélèvement des données, en mai 2024.

| Micro-champs OpenAlex | Micro-champs Citation Topics | Titres des articles | Journaux | années |
|---|-------------------------------------|---|---|--------|
| Understanding Human Mobility Patterns | 4.13.6 Cellular Networks | Large-Scale Mobile Traffic Analysis: A Survey | <i>IEEE Communications surveys and tutorials</i> | 2016 |
| | 4.183.495 Travel Behavior | Estimating human trajectories and hotspots through mobile phone data | <i>Computer networks</i> | 2014 |
| | | Inferring dynamic origin-destination flows by transport mode using mobile phone data | <i>Transportation research. Part C, Emerging technologies</i> | 2019 |
| Territorial Governance and Environmental Participation | 6.269.1929 Environmental Ethics | Environmental Stewardship and Ecological Solidarity: Rethinking Social-Ecological Interdependency and Responsibility | <i>Journal of agricultural and environmental ethics</i> | 2018 |
| Building Energy Efficiency and Thermal Comfort Optimization | 6.115.284 Thermal Comfort | Multi-zone indoor temperature prediction with LSTM-based sequence to sequence model | <i>Energy and buildings</i> | 2021 |
| | | Optimal temperature control of intermittently heated buildings using Model Predictive Control: Part I - Building modeling | <i>Building and environment</i> | 2012 |
| Urban Heat Islands and Mitigation Strategies | 8.19.743 Urban Heat Island | A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance | <i>Renewable energy</i> | 2012 |
| | | City-descriptive input data for urban climate models: Model requirements, data sources and challenges | <i>Urban climate</i> | 2020 |
| | | Generating WUDAPT Level 0 data. Current status of production and evaluation | <i>Urban climate</i> | 2019 |
| | | The urban weather generator | <i>Journal of building performance simulation</i> | 2013 |
| | | Urban heat island impact on state residential energy cost and CO2 emissions in the United States | <i>Urban climate</i> | 2020 |
| Urban Wind Environment and Air Quality Modeling | 8.19.153 Internal Waves | Analysing the influence of different street vegetation on traffic-induced particle dispersion using microscale simulations | <i>Journal of environmental management</i> | 2012 |
| Confronting Grand Challenges in environmental fluid mechanics | | <i>Physical review fluids</i> | 2021 | |
| Low-Cost Air Quality Monitoring Systems | 8.124.10 Aerosols | Satellite remote sensing of atmospheric particulate matter mass concentration: Advances, challenges, and perspectives | <i>Fundamental research</i> | 2021 |
| | 8.124.552 Air Pollution | Development of a general calibration model and long-term performance evaluation of low-cost sensors for air pollutant gas monitoring | <i>Atmospheric measurement techniques</i> | 2019 |
| | | Fine particle mass monitoring with low-cost sensors: Corrections and long-term performance evaluation | <i>Aerosol science and technology</i> | 2020 |
| | | From low-cost sensors to high-quality data: A summary of challenges and best practices for effectively calibrating low-cost particulate matter mass sensors | <i>Journal of aerosol science</i> | 2021 |
| Global Flood Risk Assessment and Management | 4.169.91 NDVI | A Method for Automatic and Rapid Mapping of Water Surfaces from Sentinel-1 Imagery | <i>Remote sensing</i> | 2018 |
| | 6.153.558 Climate Change Adaptation | Multi-level stakeholder engagement in flood risk management. A question of roles and power: Lessons from England | <i>Environmental science & policy</i> | 2016 |
| | 7.57.340 Euler Equations | Modelling flash flood propagation in urban areas using a two-dimensional numerical model | <i>Natural hazards</i> | 2009 |
| | 8.205.814 Scour | Crowdsourced data for flood hydrology: Feedback from recent citizen science projects in Argentina, France and New Zealand | <i>Journal of hydrology</i> | 2016 |
| Mechanics and Transport in Unsaturated Soils | 2.90.930 Montmorillonite | Elastic Properties of Swelling Clay Particles at Finite Temperature upon Hydration | <i>Journal of physical chemistry C</i> | 2014 |
| | | Hydration Phase Diagram of Clay Particles from Molecular Simulations | <i>Langmuir</i> | 2017 |
| | 3.45.879 Soil Erosion | Hydration Properties and Interlayer Organization of Water and Ions in Synthetic Na-Smectite with Tetrahedral Layer Charge. Part 2. Toward a Precise Coupling between Molecular Simulations and Diffraction Data | <i>Journal of physical chemistry C</i> | 2011 |
| | | Impact of land use on the hydraulic properties of the topsoil in a small French catchment | <i>Hydrological processes</i> | 2010 |
| | | Experiment evidence on the temperature dependence of desiccation cracking behavior of clayey soils | <i>Engineering geology</i> | 2010 |
| Urban Stormwater Management and Sustainable Drainage Systems | 6.153.1452 Stormwater | Micropollutants in urban stormwater: occurrence, concentrations, and atmospheric contributions for a wide range of contaminants in three French catchments | <i>Environmental science and pollution research international</i> | 2014 |

Tableau 16. Les publications du top 5 % les plus citées recensées et associées à des projets (période 2008-2021).

| sur OpenAlex | sur le WoS | déciles WoS | Nombre de citations par an (OpenAlex) | Projets ANR associés (appel) |
|--------------|------------|-------------|---------------------------------------|------------------------------|
| 196 | 156 | 98,3 | 3 16 16 20 27 40 33 30 11 | ABCD (Infras) |
| 158 | 127 | 96,1 | 3 14 14 25 14 18 18 15 14 19 4 | ABCD (Infras) |
| 116 | 88 | 97,2 | 5 30 21 26 28 6 | SYSTEMX (IRT-France 2030) |
| 26 | 18 | 96,2 | 1 4 3 2 8 3 1 | MAGIC (JPI Climate) |
| 45 | 39 | 96,1 | 4 23 13 3 | MIAI (P3IA-France 2030) |
| 201 | 166 | 97,1 | 8 11 8 17 14 15 17 28 25 20 21 13 4 | (HABISOL) |
| 412 | 342 | 98,9 | 11 46 30 46 30 40 32 41 33 39 29 28 5 | AGROBAT (HABISOL) |
| 99 | 84 | 98,3 | 10 24 25 17 23 | MApUCE (VDBU) |
| 161 | 145 | 99,2 | 18 31 30 31 25 25 | MApUCE (VDBU) |
| 241 | 204 | 98,6 | 14 52 34 38 30 24 12 17 9 5 2 4 | MUSCADE (Villes Durables) |
| 67 | 57 | 95,3 | 8 17 27 9 6 | ICOME2 (LabEx-France 2030) |
| 221 | 213 | 96,9 | 7 25 27 27 26 16 22 19 18 15 11 8 | TrameVerte (Villes Durables) |
| 40 | 35 | 98,7 | 5 20 11 4 | DisET (AAPG-CE30) |
| 45 | 41 | 96,0 | 6 20 16 2 | Cappa (LabEx-France 2030) |
| 106 | 93 | 97,1 | 9 21 23 28 13 11 | MAQGA (MOPGA-France 2030) |
| 155 | 139 | 98,9 | 17 36 35 37 26 2 | MAQGA (MOPGA-France 2030) |
| 130 | 111 | 99,6 | 22 55 42 9 | MAQGA (MOPGA-France 2030) |
| 162 | 135 | 96,5 | 2 26 40 33 31 23 3 | TIMES (AAPG-CE30) |
| 132 | 95 | 95,4 | 2 10 8 22 35 16 10 16 13 | TRANS-ADAPT (JPI Climate) |
| 119 | 105 | 96,8 | 3 11 11 17 12 11 5 10 7 6 13 2 5 | OPALE (PGCU) |
| 152 | 133 | 99,7 | 5 20 25 17 20 32 17 16 | FLOODSCALE (Blanc) |
| 83 | 83 | 97,2 | 4 16 16 7 7 6 4 7 4 8 4 | ICOME2 (LabEx-France 2030) |
| 53 | 49 | 95,0 | 4 6 8 10 13 8 3 1 | TEAM2ClayDesicc (AAPG-CE05) |
| 139 | 133 | 97,6 | 1 4 10 11 13 4 12 16 13 19 7 16 10 | POROUSCLAY (Blanc) |
| 103 | 108 | 96,4 | 1 5 10 8 7 10 11 11 5 6 11 8 3 | AVUPUR (Vulnérabilités) |
| 243 | 233 | 99,5 | 12 41 39 31 23 17 16 11 20 9 6 5 2 | ARGIC (PGCU) |
| 155 | 127 | 99,0 | 4 13 19 23 25 17 14 20 11 6 3 | INOGEV (Villes Durables) |

Conclusion

Cette partie consacrée à l'étude de la production scientifique des projets présentés dans ce cahier a permis de mettre en évidence plusieurs éléments importants :

- la classification en micro-champs scientifiques disponible dans la base de données OpenAlex permet de voir que la production scientifique couvre un large nombre de sujets mais avec des points de concentration sur quelques thématiques majeures (l'adaptation au changement climatique, la place de l'eau et de la nature en ville...) particulièrement bien couvertes par les projets financés ;
- les publications conjointes à plusieurs projets permettent d'identifier facilement des liens entre projets ANR (voire aussi des liens entre projets ANR et projets soutenus par un autre guichet, national

comme l'Ademe par exemple, régional ou européen, même si cela n'a pas été fait dans le cadre de cette étude) :

- plus généralement, les classifications en micro-champs thématiques permettent aussi d'identifier d'autres projets qui ont pu contribuer à des problématiques voisines de celles des projets de ce cahier, notamment des projets soutenus dans le cadre de France 2030, qui ont souvent des couvertures scientifiques et thématiques larges ;
- enfin, peuvent être mises en évidence, à travers l'analyse des citations, des publications qui ont marqué l'histoire scientifique de leur domaine et ont ensuite été largement référencées par les publications ultérieures.

PARTIE 4 PANORAMA DES PROJETS FINANCÉS

L'Agence nationale de la recherche (ANR) remercie les coordinateurs et les coordinatrices des projets qui ont rédigé les fiches illustrant ce panorama. Cette sélection témoigne de la diversité des actions et dispositifs de financement mobilisés par l'ANR dans le cadre de son Plan d'action et de France 2030, pour la recherche sur les villes en transition.

| | |
|--------|--|
| P. 76 | Chapitre 1 Ville Numérique |
| P. 84 | Chapitre 2 Pollution en ville |
| P. 98 | Chapitre 3 Mobilité douce |
| P. 110 | Chapitre 4 Circuit court |
| P. 118 | Chapitre 5 Eau en ville |
| P. 136 | Chapitre 6 Climat et adaptation |
| P. 156 | Chapitre 7 Nature en ville |
| P. 176 | Chapitre 8 Habiter la ville |
| P. 192 | Chapitre 9 Forme et projets urbains |
| P. 216 | Chapitre 10 Programmes/Projets France 2030 |

Chapitre 1

VILLE NUMÉRIQUE

Gilles Gesquière (LIRIS, CNRS)

La ville numérique, appelée *smart city* pendant les deux dernières décennies fait référence à l'intégration des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans la conception et le développement des territoires. L'utilisation du numérique est partout. Il peut s'agir de favoriser une meilleure gestion de la dimension matérielle (bâtiments, transports, etc.), mais aussi immatérielle (gouvernance, services, participation citoyenne, etc.). La ville se fabrique avec des outils numériques dédiés qui permettent de mieux appréhender les évolutions dans une approche plus holistique et systémique.

Le combustible de ces villes numériques est la donnée. Comme le démontre les plateformes de données ouvertes des collectivités, elles sont de plus en plus nombreuses. Acquérir la ville numérique et en faire un double n'est pas une fin en soi, mais plutôt un moyen d'atteindre des objectifs cruciaux pour les villes et leurs citoyens. Les modalités d'acquisitions de données satellites permettent par exemple d'avoir des informations toujours plus pertinentes comme dans le projet **HYEP** (page 80) avec l'apport de l'imagerie hyperspectrale pour la planification urbaine environnementale. De nombreux capteurs viennent aussi équiper la ville afin de permettre d'en mesurer sa pollution, la circulation ou même détecter les incivilités via des caméras intelligentes. Toujours plus de données, mais pour quoi faire... Un retour à une vision moins consommatrice en ressources (terres rares, énergie, etc.) amène aujourd'hui à aller vers une utilisation plus raisonnée afin d'atteindre une production plus ciblée vers des besoins définis.

Les algorithmes sont souvent sous-jacents à

ces besoins et peuvent être considérés comme le moteur qui consomme les données ; ils permettent par exemple de calculer des potentiels solaires de toitures ou d'apporter des informations sur des possibles parcours fraîcheurs pendant une canicule. Les modèles et simulations fournissent des scénarios caractérisant la ville et ses possibles évolutions. L'intelligence artificielle (IA) permet à partir de ce que l'on connaît, de proposer des éléments de prédiction (par exemple assurer la maintenance prédictive de réseaux d'eaux). Le projet **ACTEUR** (page 78) visait, dès 2014 à développer des méthodes et outils accessibles pour mieux représenter et simuler les dynamiques urbaines et les risques associés. L'accès à de nouvelles données comme par exemple avec le relevé LidAr à l'échelle de la France amène aussi à proposer de nouveaux traitements basés sur l'IA, mais aussi à prendre en compte des nouvelles modalités de stockage et de visualisation ce qui avait été anticipé par la recherche menée dans le projet **iSpace&Time** (page 81) dès 2010. Plus récemment, le projet **NETURB** (page 185) vise à étudier les impacts des plateformes numériques (Airbnb, Uber, Deliveroo, etc.) sur les dynamiques urbaines, besoins importants pour une meilleure gestion de ces nouveaux modes de consommation.

Appréhender la ville et son évolution est souvent complexe. Résoudre un problème amène à convoquer plusieurs sciences, mais aussi de réfléchir à différentes échelles spatiales. C'est par exemple le cas du projet **ECOCIM** (page 79) dont l'objectif principal est de contribuer à l'amélioration des méthodes d'éco-conception des quartiers en utilisant des maquettes numériques de conception de la ville s'inscrivant dans l'analyse de son cycle de vie. L'approche diachronique est aussi

importante, dans un contexte géohistorique, il faut citer le projet **URBANIA** (page 82). La complexité qui réside dans l'étude des territoires amène souvent à convoquer de plus nombreuses sciences. La pluridisciplinarité se met alors au service de recherches mises en place pour une meilleure compréhension des territoires et de leur évolution (du passé au présent en s'intéressant aussi aux futurs possibles). Les LabEX (Laboratoires d'Excellence) se sont révélés être des structures pérennes sur plus de 10 ans permettant la rencontre d'une multiplicité d'acteurs (chercheurs et praticiens). **IMU** (Intelligences des Mondes Urbains, page 221), **Futurs Urbains** (page 220) et **Dynamite** (Dynamiques Territoriales, page 219) ont permis à leur tour de favoriser l'émergence de nombreuses recherches ayant trait à la ville numérique. Ces trois LabEx regroupent aujourd'hui plus de 1 500 chercheurs et 70 laboratoires sur les sites de Paris et Lyon – Saint-Étienne.

Enfin, la recherche nécessite souvent qu'elle soit en lien avec un territoire d'expérimentations. Il est aussi possible de mobiliser des démonstrateurs à l'échelle 1:1 comme l'**EQUIPEX Sense-City** (page 227) qui propose une chaîne d'équipements impliquant des micro et nano-capteurs pour la ville. Sense-City constitue aussi un démonstrateur réaliste d'innovation urbaine permettant de confronter une mini-ville aux aléas climatiques.

En conclusion, la ville numérique peut être un vecteur d'amélioration dans de nombreux registres, mais elle a ses limites. Les modèles, simulations et les modalités de visualisation sont des outils capitaux pour comprendre des phénomènes et éclairer la décision publique.

À ces données et algorithmes, il est important de leur adjoindre des limites inhérentes à la qualité des données et la précision et la pertinence des modèles. Prédire le développement d'une ville à l'horizon 2050 reste illusoire à partir du moment où de nombreux paramètres pourront aussi évoluer au cours du temps. Il s'agit bien d'explorer les possibles, pas de prédire l'avenir. Enfin chaque mobilisation du numérique nécessite d'être questionnée au regard des limites planétaires et en particulier en faisant référence au plancher social (fracture numérique, vie privée, etc.) et au plafond environnemental (consommation de terres rares, d'énergie, etc.) auxquels on peut adjoindre le coût financier des infrastructures nécessaires, ou même les risques de perturbations majeures en cas de panne ou de cyberattaque touchant les systèmes centralisés. L'équilibre à trouver est délicat et ne peut se faire qu'en convoquant une pluralité d'acteurs qu'ils soient chercheurs, praticiens, citoyens. La ville numérique est au service de la ville durable en mettant l'humain, la nature et le vivant au centre des préoccupations.

ACTEUR

Agents Cognitifs Territorialisés pour l'Étude des Dynamiques Urbaines et des Risques

Rappel des objectifs

Le monde, chaque année, connaît une augmentation de la population urbaine, ce qui soulève de nombreuses questions d'aménagement pour les décideurs. En effet, définir les meilleures politiques à mettre en place pour assurer un aménagement durable est une tâche compliquée en raison des interactions complexes entre la société et l'environnement. Un outil couramment employé pour faire face à ce défi est l'utilisation de la simulation informatique qui permet de fournir des éléments de réflexion sur l'impact de différentes politiques. Dans ce cadre, une approche qui a connu ces quinze dernières années un fort engouement pour étudier les systèmes urbains est la simulation à base d'agents. Elle consiste à modéliser le système étudié sous la forme d'une collection d'entités informatiques autonomes (des intelligences artificielles), appelées agents, interagissant ensemble et avec l'environnement. Les progrès de l'informatique ont permis le développement de modèles de plus en plus détaillés et riches permettant de répondre à toujours plus de questions. Néanmoins, si les modèles ont fait beaucoup de progrès concernant l'intégration de données massives, les agents utilisés pour représenter les différents acteurs influant sur la dynamique du système restent souvent simplistes, ce qui nuit au réalisme des simulations. L'objectif du projet ACTEUR était ainsi de proposer des outils pour mieux représenter ces comportements humains.

Résultats majeurs

L'idée derrière le projet ACTEUR était de partir de travaux en intelligence artificielle, psychologie, sciences cognitives, sociologie et philosophie pour proposer un modèle intégré et générique de comportement humain. Notre démarche a ainsi été d'identifier parmi ces modèles et théories ceux qui étaient compatibles entre eux de façon à proposer un cadre unifié pour représenter la prise de décision. Nous avons ainsi intégré dans une architecture d'agents, appelée BEN, des dimensions cognitives (comment l'agent va choisir une action à appliquer en fonction de ses croyances et désirs), émotionnelles (les émotions que l'agent va ressentir en fonction de ses états mentaux et l'impact de celles-ci sur la décision), les normes (impacts des lois et des normes sociales sur la décision), sociales (relations sociales avec

les autres) et de personnalité. De façon à rendre BEN facilement utilisable par le plus grand nombre – et cela même dans un contexte de modélisation participative – nous l'avons intégrée dans la plateforme de modélisation open source GAMA, qui est aujourd'hui utilisée par plusieurs milliers d'utilisateurs à travers le monde. BEN a depuis été utilisée dans de nombreux projets touchant à des questions aussi variées que l'évaluation de plans de prévention des risques (inondation, risques industriels, etc.), la gestion des infrastructures routières (*smart-cities*, évolutions des mobilités, etc.) ou le design de bâtiments (questions énergétiques, etc.). sts en 4polar-3D / sptPALM dans des cellules vivantes sont en cours.

Production scientifique et valorisation

Bourgais M., *et al.* (2020) BEN: An architecture for the behavior of social agents, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 23(4).
 Taillandier P., *et al.* (2019). Participatory Modeling and Simulation with the GAMA Platform, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 22(2), 1-3.
 Bourgeois M., *et al.* (2018). Emotion modeling in social simulation: a survey, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*.
 Taillandier P., *et al.* (2017) A BDI agent architecture for the GAMA modeling and simulation platform, *Multi-Agent Based Simulation XVII: International Workshop, MABS 2016, May 10, 2016, Singapore, Singapore. Revised Selected Papers 17*, Springer International Publishing, pp. 3-23.

Début du projet : 2014 | Durée : 60 mois

Financement ANR : 236 942 €

Coordination

Patrick Taillandier – UMR 6266, Identités et Différenciation de l'Environnement de l'Espace et des Sociétés (IDEES), CNRS
patrick.taillandier@inrae.fr

Simulation de l'évacuation de la ville de Rouen en cas d'accident industriel avec prise en compte des dimensions cognitives, affectives, sociales et normatives du comportement dans les décisions des habitants.
 © P. Taillandier, projet ACTEUR.



ECOCIM

Maquettes CIM pour l'éco-conception des quartiers

Rappel des objectifs

Le projet a pour objectif de contribuer à l'amélioration des méthodes d'éco-conception des quartiers, notamment via une approche conséquente, en utilisant les nouvelles opportunités offertes par le développement de maquettes CIM (City Information Modeling) géolocalisées. Une revue de littérature sur les apports potentiels des maquettes numériques pour l'éco-conception des projets urbains dans une approche conséquente permettra de déterminer les conséquences à intégrer aujourd'hui négligées (e.g. îlot de chaleur urbain), les outils et couplage existants, à l'échelle de la ville, du bâtiment et les possibilités d'adaptation aux cas des aménagements urbains. Des méthodologies seront ensuite développées pour prendre en compte le contexte territorial pour la modélisation des flux intermédiaires (système de transport, distance au lieu de production, système de gestion des déchets et potentiel de réemploi, système de production d'eau potable, sous-sol, etc.) et élémentaires (spatialisation des impacts, e.g. émission de particules fines en milieu dense, impact sur la biodiversité) dans l'analyse de cycle de vie (ACV) des quartiers. Des propositions d'amélioration des maquettes CIM et de leur gestion seront étudiées, en particulier pour produire une analyse des apports du géospatial à l'ACV à l'échelle du quartier, voire à l'échelle urbaine. Des recommandations méthodologiques sur la manière de mobiliser informations et outils géonumériques seront faites, notamment en lien avec l'évolution des formats standard internationaux pour les CIM 3D. Enfin, les développements proposés seront mis en œuvre sur des études de cas réels.

Début du projet : 2023 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 359 029 €

Partenaires
 École des Ingénieurs de la Ville de Paris | ARMINES

Coordination
 Adélaïde Feraille – ENPC
 adelaid.feraille@enpc.fr

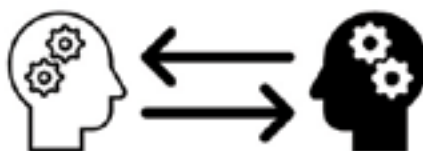


Illustration du partenariat Ecocim.

© C. Roux et F. Jacquinet, projet ECOCIM.

HYEP

Imagerie hyperspectrale pour la planification urbaine environnementale

CHAPITRE 1 | VILLE NUMÉRIQUE

Rappel des objectifs

Le projet HYEP (*Hyperspectral imagery for Environmental urban Planning*) avait pour objectif de préciser l'intérêt de capteurs hyperspectraux et de proposer un panel de méthodes et de traitements en tenant compte des caractéristiques des capteurs existants afin d'en comparer les performances. Le projet a permis de confirmer l'intérêt d'une approche globale du milieu urbain par télédétection et notamment en utilisant l'imagerie hyperspectrale (IH). Cette technique, par sa capacité à enregistrer des spectres dans des bandes étroites (10 nm) contiguës sur un large domaine spectral (0,4 à 2,5 µm) permet de fournir des informations sur la composition des matériaux et leur état, informations jusqu'ici inaccessibles avec les capteurs habituels. Les développements réalisés ont été appliqués et évalués sur des images aéroportées hyperspectrales acquises sur Toulouse et Kaunas (Lituanie). Ces données ont également été utilisées pour synthétiser des systèmes spatiaux : Sentinel-2, Hypxim/Biodiversity et Pléiades afin de comparer leurs performances et évaluer leur complémentarité. Ces évaluations ont porté sur des domaines d'intérêts pour les gestionnaires et aménageurs du milieu urbain : détection des surfaces imperméables, classification de la végétation haute (alignement d'arbres) ou encore la détection de panneaux solaires.

Résultats majeurs

Pour la correction atmosphérique, les résultats ont montré que le meilleur choix de corrections atmosphériques dépend de la résolution spatiale. Pour une très haute résolution spatiale (ground sample distance - GSD < 2 m), ICARE (prise en compte de la structure 3D de la ville) doit être choisi alors que pour une résolution spatiale moyenne (GSD > 8 m), COCHISE (hypothèse sol plat) est recommandé. Plusieurs options ont été étudiées pour constituer une base de données de signatures spectrales efficaces issues de données disponibles ou de mesures de terrain : matériaux urbains, panneaux solaires et végétation. L'étude de la variabilité spectrale a été réalisée pour extraire la variabilité inter-classe (entre matériaux) et intra-classe (même matériau). Les verrous liés à l'amélioration des capacités spatiales des capteurs et aux changements d'échelle spatiale ont été partiellement résolus par des approches de fusion et d'affinement. Pour la classification supervisée, le manque de données aéroportées a un impact direct sur la qualité

de l'apprentissage. Une alternative se présente en étudiant la complémentarité : soit avec des capteurs spatiaux moins riches spectralement mais avec une haute revisite, soit avec les nombreuses missions hyperspectrales qui sont prévues à partir de 2022. L'utilisation de données acquises doit améliorer les performances de classifications tout en tenant compte de la variabilité des sources et des effets de saisonnalité.

Production scientifique et valorisation

Weber C., et al. (2022) Hyperspectral Imagery and Urban Areas: Results of the HYEP project. Numéro spécial Imagerie Hyperspectrale n° 224, *Revue Française de Photogrammétrie et Télédétection*.

Aval J., et al. (2018) Object-based fusion for urban tree species classification from hyperspectral, panchromatic and nDSM data, *IJR*, TRES-PAP-2018-0200.R6.

Karoui M.S., et al. (2019) Partial Linear NMF-Based Unmixing Methods for Detection and Area Estimation of Photovoltaic Panels in Urban Hyperspectral Remote Sensing Data, *Remote Sensing*, vol. 11(18), 2164.

Roussel G., et al. (2018) Comparison of two atmospheric correction methods for the classification of spaceborne urban hyperspectral data depending on the spatial resolution, *International Journal of Remote Sensing*, n° 39(5), pp. 1593-1614.

Dépôt d'outils sur la plateforme ouverte : <https://openremotesensing.net/> et outils de fusion PAN-hyperspectrale Logiciels : *ToolBox pan/hyperspectrale* ONERA/CIPSA-LAB.

Début du projet : 2014 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 505 484 €

Partenaires

ONERA | IGN | CNRS | Université de Toulouse II Paul Sabatier | Institut Polytechnique de Grenoble

Coordination

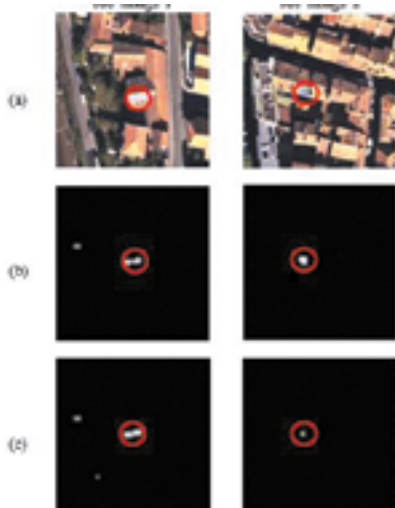
Christiane Weber – CNRS
Christiane.weber@cnrs.fr

Localisation et extraction de panneaux solaires : (a) Orthoimage.

Cartes des fractions d'abondance des panneaux photovoltaïques :

(b) Multiport- NMF, (c) Multi-NMF. Les cercles rouges englobent les panneaux solaires. La méthode b donne de meilleurs résultats.

© M. S. Karoui (IRAP), projet HYEP.



iSpace&Time

Le SIG 4D web de la ville Vers une convergence des technologies de cartographie, grille de capteurs, réalité immersive, d'animation et de simulation

Rappel des objectifs

Les applications de navigation immersive au niveau de la rue montrent généralement une ville statique, figée dans son état à l'instant de son acquisition. Cette visualisation n'est probablement pas représentative de la ville car elle ne prend pas en compte sa variabilité temporelle, nécessaire à la compréhension de la dynamique de la ville, telle que la variation du volume du trafic routier ou de la fréquentation piétonne de ses trottoirs et espaces publics. Une visualisation au niveau de la rue d'une ville, rendue dynamique par la visualisation animée d'un trafic piéton et routier archivé ou simulé, permet de mieux appréhender la dynamique de la ville, l'évolution de cette dynamique au cours de la journée, de la semaine, de l'année, et de mieux comprendre comment l'espace public est utilisé et utilisable. Ceci repose sur un filtrage dans les acquisitions image et lidar des pixels et points 3D des objets mobiles (véhicules, piétons, etc.), un rendu temps-réel des données statiques restantes pour visualiser une ville dépeuplée et une simulation multi-échelle du trafic routier et piéton permettant d'instancier des objets dynamiques virtuels à intégrer dans la visualisation interactive. Outre les applications touristiques où le dynamisme permet d'accroître le réalisme de la visualisation, le trafic visualisé peut être issu d'un processus de simulation permettant par exemple de représenter visuellement l'impact d'un réaménagement urbain sur le trafic.

Résultats majeurs

Le résultat majeur du projet est le développement de connaissances et de techniques complémentaires dans chacun des axes méthodologiques concourant conjointement à la réussite de celui-ci et la faisabilité de l'approche globale proposée.

La finalisation du développement du système d'acquisition Stéréopolis a permis l'acquisition de l'intégralité des rues de Paris intra-muros avec la qualité et la précision de recalage requises pour ce projet. Les algorithmes de détection d'objets mobiles dans les nuages de points 3D laser, ainsi que leur segmentation conjointe dans les données image et laser, ont permis d'atteindre une qualité de détection compatible avec les attentes du projet. Les algorithmes de rendu basé image et de rendu basé point ont été étendus notablement afin d'accroître leur performance et la qualité du rendu résultant. Un travail conséquent de préparation des données de simulation a été réalisé afin de permettre une description topologique de l'environnement

compatible avec les modèles d'estimation et de simulation de trafic routier et piéton. Les modèles eux-mêmes d'estimation de trafic, de simulation et d'animation de piétons et de véhicules ont été repensés pour permettre leur passage à l'échelle et leur application à des données réelles.

Production scientifique et valorisation

Calderon S., Boubekur T., (2014) Point Morphology, *ACM Transactions on Graphics*, 33, 4, 45, pp. 1-13.

Brédif M. (2013) Image-Based Rendering of LOD1 3D City Models for traffic-augmented Immersive Street-view Navigation, *ISPRS Annals CMRT*, II-3/W3, pp. 7-11.

Deymier C., et al. (2015) Étalonnage automatique d'un système d'acquisition Caméras-Centrale inertielle-Lidar 3D, *Traitement du Signal* 32, 2 3, pp. 121-145.

Leclercq L., Bécarie C. (2012) A Meso Lighthill-Whitham and Richards Model Designed for Network Applications, *Proc. TRB's Annual Meeting*, 10 p.

Ce projet a également donné lieu à la rédaction de 4 thèses : Yirci M., *Arrangements 2D pour la Cartographie de l'Espace Public et des Transports*.

Aijazi A., *3D urban cartography incorporating recognition and temporal integration*.

Deymier C., *Détection des objets mobiles au sein de données télématiques et caméras*.

Jørgensen C.-J., *Scheduling activities under spatial and temporal constraints to populate virtual urban environments*.

Début du projet : 2010 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 1 099 727 €

Partenaires

Université de Rennes | IGN | Télécom Sud Paris | Université Clermont Auvergne | Orange | Université Gustave Eiffel

Coordination

Mathieu Brédif – IGN
mathieu.bredif@ign.fr



Détection d'objets mobiles (à gauche), visualisation de la ville dépeuplée (au centre), visualisation de la ville repeuplée par simulation (à droite).
© M. Brédif, IGN, projet iSpace&Time.

URBANIA

Valorisation numérique des maquettes historiques de villes dédiées à des usages adaptatifs et innovants

Rappel des objectifs

La collection des plans-reliefs suscite un grand intérêt et constitue une entité emblématique de la mémoire collective. Ce type d'objet de taille importante, fragile et difficile d'accès nécessite de mettre en place de nouvelles formes de consultations exploitant conjointement la 3D et des données multimédia. L'objectif est donc d'établir un continuum numérique impliquant des phases de collecte, d'interprétation, de croisement des données hétérogènes fédérées au sein d'un support : le modèle numérique du plan-relief. La mise en place d'une chaîne de traitement dédiée partant d'un modèle 3D brute de la forme de l'objet, permet d'obtenir, dans un premier temps, un modèle 3D sémantique orienté ouvrages architecturaux. Associé à une collecte documentaire, historique et iconographique, ce modèle 3D sémantique devient « enrichi » pour être exploité au sein d'un système d'information géographique (SIG) adapté à la diffusion de ce type de connaissances. Ce continuum aux caractères innovants a pour finalité de valoriser auprès d'un plus large public le plan-relief dans toutes ses dimensions. La conception de ce continuum ne se veut pas spécifique à un seul plan-relief mais potentiellement adaptable à toute la collection. Une chaîne de traitement dédiée a donc été nécessaire pour obtenir un modèle 3D sémantique enrichi de toutes les ressources collectées.

Résultats majeurs

Dans le cadre de ce projet, une chaîne de traitement de l'information a été défini, allant de données d'acquisition jusqu'à l'intégration dans un SIG dédié à des usages variés. Plusieurs résultats ont été produits et ont permis de développer le caractère continu des informations générées. À travers un protocole d'acquisition spécifique, un jeu d'images a été acquis pour générer un nuage de points et un modèle maillé. Le traitement de ce modèle à travers une méthode de segmentation géométrique propre, sMaket, a permis d'extraire des attributs géométriques utiles à la modélisation sémantique. Cette dernière a été réalisée grâce à l'outil eMaket qui intègre les règles de construction des ouvrages étudiés afin d'assister la reconstruction sémantique des îlots, des fortifications et des ouvrages spécifiques. Parallèlement, une collecte et une synthèse documentaire par ouvrage ont été opérées. La phase

d'enrichissement s'est effectuée grâce à l'outil kMaKet. Il associe la synthèse documentaire aux différents ouvrages 3D modélisés donnant le caractère enrichi aux modèles.

Le projet a rendu possible l'implémentation d'un SIG multi-usages muni de moyens d'interactions innovants. Un utilisateur grand public ou technicien peut naviguer dans l'espace 3D géolocalisé et obtenir des informations sur les bâtiments du plan-relief numérique. Un objectif futur serait d'étendre cette méthode à l'échelle de la collection et de produire un système de visualisation capable de fédérer, analyser et croiser une quantité importante de données hétérogènes.

Production scientifique et valorisation

Jacquot K., *et al.* (2020) Numérisation et valorisation de maquettes anciennes de villes, In *Situ : Revue des patrimoines*, 42.

Gros A., *et al.* (2019) Knowledge-based framework for automatic semantisation and reconstruction of military architecture on city-scale models, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W9, pp. 369-375.

Macher H., *et al.* (2017) Photogrammetric recording and reconstruction of town scale models-the case of the plan-relief of Strasbourg, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, pp. 489-495.

Début du projet : 2015 | Durée : 24 mois

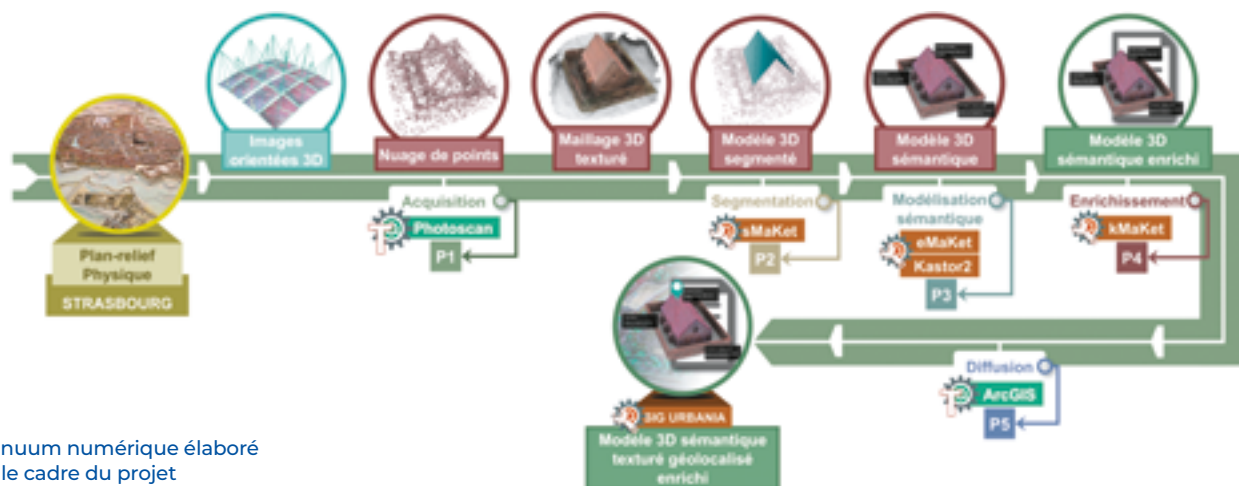
Financement ANR : 344 588 €

Partenaires

iCube | INGEO | ArXIT | Musée Historique, Service de l'Inventaire du Patrimoine - Grand-Est

Coordination

Gilles Halin, Tommy Messaoudi – Laboratoire MAP-CRAI, CNRS, ministère de la Culture
gilles.halin@univ-lorraine.fr
tommy.messaoudi@nancy.archi.fr



Continuum numérique élaboré dans le cadre du projet URBANIA.

© T. Messaoudi, projet URBANIA.

Chapitre 2

POLLUTION EN VILLE

Nadège Blond (LIVE, CNRS)

La ville est source de diverses pollutions : pollution de l'air, de l'eau, des sols, pollution lumineuse, pollution sonore, etc. Ces pollutions font nécessairement référence à des perturbations, qui nuisent au confort ou à la santé des populations et des écosystèmes. C'est souvent parce que des impacts sont observés que ces pollutions sont caractérisées et que des normes émergent pour tenter de les limiter. En ville, les impacts peuvent être importants car les sources de pollution se font en proche population.

Les grands défis de la recherche sur les pollutions en ville visent à guider la décision pour définir des stratégies de réduction des impacts de ces pollutions et/ou d'adaptation à leurs conséquences (par exemple, changement climatique pour ce qui concerne la pollution liée au gaz à effet de serre). Pour analyser l'efficacité de ces stratégies, la compréhension de toute la chaîne de processus qui, des sources de pollution, aboutissent aux impacts, et à la fin, aux décisions, est essentielle : aménagement du territoire, pratiques des citoyens, émissions de pollution issues de ces pratiques, dispersion de la pollution, transformation biophysicochimiques et dépôt de la pollution, exposition à la pollution générée, impacts sur le confort et la santé des socio-écosystèmes, perception/représentation des risques, choix individuels et collectifs face à ces risques, etc. L'hétérogénéité de la ville et sa dynamique d'évolution rendent les relations de cause à effet complexes à analyser dans le temps et à anticiper.

Les émissions de polluants atmosphériques au sein de la ville sont étudiées par secteur d'activités polluantes. La pollution émise par le trafic routier est évaluée en couplant des

outils de simulation du trafic routier avec des modèles de consommations de carburant et d'émissions de polluant. La dispersion de la pollution de l'air par le vent est étudiée à l'échelle de la rue, du quartier ou de la ville avec divers modèles numériques. Certains choix de modélisation (simplifications) sont nécessaires en fonction de l'objectif poursuivi. Le projet **TRAFIPOLLU** (page 97) se focalise sur l'évaluation des transferts de la pollution de l'air émise par le trafic dans l'eau et les sols. Le projet **Eval-PDU** (page 90) évalue les impacts sanitaires du trafic (pollution de l'air et bruit) ainsi que les bénéfices socio-économiques d'un Plan de Déplacement Urbain (PDU). Dans le projet **SYMEXPO** (page 96), le citoyen est représenté comme un agent mobile évoluant dans un champ de pollution soumis à des variations spatiales et temporelles (bruit et pollution atmosphérique). Le projet **APIMAMA** (page 87) étudie les conséquences sanitaires de la pollution générée par la cuisson domestique et commerciale jusqu'à la gestion des déchets à Abidjan. Le projet propose des stratégies de réduction des expositions aux particules fines. Le projet **ERASEd** (page 89) se focalise sur les conséquences sanitaires des activités d'une usine d'amiante/ciment localisée à Sibaté en Colombie, où des taux d'incidence élevés de mésothéliome pleural dans sa population sont observés : ce travail passe par l'identification des sources d'émission, et des expositions à l'amiante passées et présentes. Le projet **COoL-AMmetropolis** (page 88) étudie les émissions de CO₂ de la métropole Aix-Marseille-Provence (tous secteurs confondus). Il caractérise aussi les conditions de dispersion de la pollution dans l'atmosphère, la variabilité diurne et saisonnière de la hauteur de la couche limite atmosphérique, et l'îlot de

chaleur urbain de la métropole Aix-Marseille-Provence.

La pollution émise dans l'espace urbain peut se transformer chimiquement lors de sa dispersion dans l'atmosphère (son transport vers d'autres territoires, le mélange turbulent, le dépôt, etc.). Le projet **MEGAPOLI-PARIS** (page 95) interroge la formation et la constitution des aérosols dans un panache urbain. Il vise plus spécifiquement une meilleure caractérisation des sources d'émissions et des voies de formation de l'aérosol organique. Le projet **ACROSS-AO** (page 86) étudie l'interaction de la pollution urbaine avec les émissions de composés organiques volatils émanant des forêts environnantes pour comprendre comment cette interaction impacte la qualité de l'air et le climat. Pour mener à bien ces deux projets, une campagne de terrain a été organisée en région parisienne pour rassembler une base de données de mesures de la pollution à la fois au sol et par avion (et notamment de la composition chimique des aérosols), au sein de l'agglomération et dans ses environs.

Le projet **INFILTRON** (page 93) étudie les nanopolluants émergents et les communautés bactériennes dans les eaux pluviales ainsi que leur transfert dans les sols. Un ensemble de dispositifs d'infiltrométrie couplés à un radar géologique permet de caractériser par la mesure l'infiltration d'eau, les écoulements préférentiels et le transfert des nano-traceurs dans des sols hétérogènes, et de proposer des modélisations.

Les processus décisionnels face aux conditions environnementales des ressources sont également l'objet d'études. Les objectifs visent à comprendre les processus d'appropriation

de l'information sur les pollutions, de représentation ou de perception des risques, ainsi que la production de données et d'indicateurs de suivi des changements de pratiques. **GreenLand** (page 92) étudie comment les conditions environnementales sont prises en considération dans les usages du sol, les choix de localisation résidentielle, et les valeurs des propriétés résidentielles. Il étudie aussi le poids des politiques environnementales dans l'agenda des décideurs politiques. Les effets de la forme urbaine sur l'exposition des résidents à la pollution liée aux transports dans un contexte d'essor du télétravail, multi-exposition à la pollution (au domicile - au travail - trajet domicile/travail), sont évalués. Le projet **Financing Clean Air** (page 91) explore le potentiel des mécanismes de captation des plus-values foncières (i.e. l'accroissement de la valeur foncière résultant de l'investissement public, non imputable aux efforts des propriétaires fonciers/immobiliers ; Land Value Capture, [LVC]) pour cofinancer les adaptations au changement climatique, afin d'assurer une plus grande durabilité économique, sociale et environnementale des villes. Le projet **LUNNE** (page 94) propose une quantification de l'impact de stratégies de réduction de la pollution lumineuse sur les écosystèmes, les perceptions (ambiances nocturnes, sécurité) et les pratiques des usagers (mobilité), et une meilleure compréhension des freins et des leviers à l'acceptabilité des politiques publiques d'éclairage.

ACROSS-AO

Chimie atmosphérique des forêts suburbaines - Observations aéroportées

Rappel des objectifs

Le projet ACROSS Airborne Observations (ACROSS-AO) vise à étudier comment la pollution urbaine interagit avec les émissions émanant des forêts environnantes et comment ces interactions impactent ainsi la qualité de l'air et le climat. Il a pour objectif plus particulièrement d'améliorer notre compréhension de ces interactions, notamment sur l'oxydation des composés organiques volatils et sur la formation de polluants secondaires tels que les aérosols et l'ozone. Ce mélange de masses d'air urbaines et forestières environnantes est en effet la situation typique de Paris et des grandes villes européennes. Pour cela, le projet s'appuie sur une campagne de terrain d'envergure en région parisienne et plus précisément sur des mesures de la composition et des propriétés atmosphériques à l'aide d'instruments installés à bord de l'avion de recherche ATR-42 de SAFIRE. Si le panache urbain parisien a fait l'objet de recherches dans le passé, peu d'études ont été réalisées sur les impacts du mélange de masses d'air d'origine anthropique et biogénique sur les rendements en produits secondaires. Ceci est important car les impacts régionaux des émissions urbaines pourraient être grandement affectés par l'environnement dans lequel l'oxydation a lieu.

Résultats majeurs

L'avion ATR-42 a été déployé avec l'ensemble des instruments prévus dans le projet ACROSS-AO sur l'aérodrome de Pontoise du 14 juin au 7 juillet 2022. Quinze vols scientifiques ont pu être réalisés selon 5 plans de vol, soit un total de 47,3 heures de vol, constituant ainsi une base de données très riche. La campagne ne s'étant achevée qu'en juillet 2022, et en raison de la richesse de cette base de données et du parc instrumental particulièrement large, la validation de l'ensemble des données récoltées est en cours de finalisation avec leur soumission, et leur analyse détaillée commence. Les premiers résultats montrent que les schémas de vol ont effectivement permis d'échantillonner le panache de Paris lorsqu'il a rencontré des zones forestières proches avec des émissions de carbone organique volatil biogénique. L'évolution des espèces a été suivie sous le vent de Paris alors que l'avion effectuait de multiples transects du panache. Occasionnellement, il a également été possible, au cours du même vol, de surveiller les émissions biogènes sans

influence urbaine significative. Ces situations semblaient parfois indiquer une nouvelle formation de particules (comme en témoigne le grand nombre de très petites particules) et une modification de leurs propriétés. Le profilage vertical effectué lors de nombreux vols indique les différences de composition et de propriétés entre la couche limite, où résident la plupart des émissions, et la troposphère libre, généralement plus propre.

Production scientifique et valorisation

Cantrell C., Michoud V., (2022) An Experiment to Study Atmospheric Oxidation Chemistry and Physics of Mixed Anthropogenic-Biogenic Air Masses in the Greater Paris Area, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 103, pp. 599-603.

Yu C., et al. (2023), Characterisation of particle single scattering albedo with a modified airborne dual-wavelengths CAPS monitor, *Atmospheric Measurement Techniques*, 17, pp. 3419-3437.

Beekmann M., et al. (2023) Meteorological variability and regional pollutant distributions during the summer 2022 ACROSS/PANAME campaign, *EGU General Assembly 2023*, 23-28 april 2023, Vienna, Austria.

Di Antonio L., et al. (2023) Aerosol complex refractive index retrieval in the Paris urban area and its forested surroundings during the ACROSS field campaign: variability and constraint for direct radiative effect estimation in regional models, *EGU General Assembly 2023*, 23-28 april 2023, Vienna, Austria.

Début du projet : 2021 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 717 860 €

Partenaires

IMT Nord Europe | CNRM | University of Chieti - Pescara (Italie)

Coordination

Vincent Michoud – UMR 7583 LISA, Université Paris-Est Créteil, CNRS
vincent.michoud@lisa.u-pec.fr



Photo de l'ATR-42 de SAFIRE et des participants à la campagne ACROSS-AO durant l'été 2022.
© C. Cantrell, projet ACROSS-AO.

APIMAMA

Air Pollution Mitigation Actions for Megacities in Africa

Rappel des objectifs

Dans les villes africaines, les effets sanitaires de la pollution de l'air issue des sources de combustion sont élevés, et risquent de croître démesurément par les effets combinés de la croissance démographique et des taux importants d'urbanisation. Le projet APIMAMA a pour objectif de contribuer à réduire ces risques, en se focalisant sur la ville d'Abidjan en Côte d'Ivoire et la pollution par les particules qui constitue le risque sanitaire prédominant. Poursuivant une démarche interdisciplinaire et participative, les objectifs détaillés du projet sont de : (i) rassembler les chercheurs et les acteurs de la ville (associations, décideurs) afin de piloter les actions du projet ; (ii) tester l'impact de technologies et pratiques améliorées sur la réduction des risques sanitaires, lors des activités de cuisson domestiques et commerciales réalisées par les femmes, couplant des études sanitaires, d'exposition personnelle à la pollution et de rapport aux risques ; (iii) établir une cartographie des sources d'émission anthropique à l'échelle urbaine et évaluer l'impact sur la pollution de l'air et la santé, des évolutions des infrastructures et des technologies liées au trafic, aux activités résidentielles et commerciales à la gestion des déchets ; (iv) déterminer les leviers et contraintes de mise en œuvre future de ces stratégies d'atténuation notamment fondées sur le changement d'équipement et de pratiques et restituer les résultats de recherche à un large public.

Résultats majeurs

Après la constitution du groupe pilote d'APIMAMA, les travaux de la première phase du projet ont débuté par la réalisation de trois groupes de 30 femmes : des femmes au foyer, des femmes qui fument le poisson et des femmes qui fabriquent le charbon de bois. Des campagnes de mesures interdisciplinaires, dont les analyses croisées sont en cours, ont été menées avec chaque groupe en 2022 et 2023 lorsque les femmes utilisaient leur méthode de cuisson traditionnelle. Les premiers résultats montrent des expositions personnelles des femmes en particules fines en moyenne 25 fois supérieures aux normes OMS. La suite du projet a porté sur la distribution de 90 foyers domestiques améliorés et à la construction et réparation de fours de fumage améliorés. Les deuxièmes campagnes de mesures auront lieu après une année d'utilisation de ces nouveaux outils. La deuxième phase du projet a démarré par l'amélioration de l'inventaire d'émissions à l'échelle d'Abidjan, tout particulièrement sur les feux de décharge et par des premières études sur les changements organisationnels et sociaux au sein du trafic routier abidjanais.

Il faut noter enfin la mise en place de nouvelles collaborations :

- avec le programme IPORA (université de Bordeaux) et la création d'APIMAMAkids afin d'étendre les études aux enfants des femmes participant à APIMAMA ;
- avec le projet Coop'Air (<https://anr.fr/Projet-ANR-23-SSRP-0002>) afin de mener des actions de vulgarisation communes sous forme de théâtre forum avec les mamans APIMAMA et leurs enfants.

Production scientifique et valorisation

Scandella M., *et al.* (2024) Réduire la pollution de l'air à Abidjan. De l'ambition scientifique à la fabrique du terrain : la science en train de se faire. *Global Africa*, à paraître.

Fourcade L. (2022) Changement organisationnel et social au sein du transport abidjanais, *rapport de stage de M2*.

Jossinet M., (2022), Pollution de l'air urbain-Fumage artisanal de poisson à Abidjan. La résistible émergence d'un problème public, *rapport de stage de M2*.

Yapo A. J., (2023), La cartographie du brûlage des déchets à ciel ouvert dans les communes de Yopougon et d'Anyama, *rapport de stage de M2*.

Liousse C., *et al.* (2022) Présentation du projet APIMAMA, *Conférence internationale de l'AGU*, 12-16 décembre 2022, Chicago, États-Unis.

Site internet du projet APIMAMA : <https://apimama.org/>

Début du projet : 2022 | Durée : 42 mois

Financement ANR : 662 916 €

Partenaires

Laboratoire Géosciences Environnement Toulouse | CNRS | IRD | Université de Toulouse | CNES | Institut Desbrest d'Épidémiologie et de Santé Publique | Université de Montpellier | Inserm | Biologie Fonctionnelle et Adaptative | Université Paris Cité | Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)

Coordination

Cathy Liousse – Laboratoire d'Aérologie, Université de Toulouse, CNRS, IRD
lioc@aero.obs-mip.fr

Photo du groupe de femmes de Yao Sehi (Yopougon, Abidjan) participant au projet APIMAMA au titre de leurs activités domestiques polluantes. Elles sont équipées du capteur mesurant les particules fines en temps réel.
© C. Liousse, projet APIMAMA.



COoL-AMmetropolis

Vers la réduction des émissions de CO₂ et de l'îlot de chaleur urbain de la métropole Aix-Marseille-Provence

Rappel des objectifs

Les zones urbanisées comptabilisent la majorité de la population mondiale et font l'objet de forts enjeux climatiques et sanitaires. Les villes, avec leurs infrastructures industrielles, représentent plus de 70 % des émissions globales de CO₂ issues de la combustion des énergies fossiles. De plus, l'augmentation locale de la température observée en ville du fait de l'îlot de chaleur urbain (ICU) s'ajoute au réchauffement climatique créé majoritairement par les émissions globales de CO₂, pouvant mettre particulièrement en danger la santé humaine.

Le projet COoL-AMmetropolis vise à accompagner les acteurs politiques et socio-économiques de la métropole d'Aix-Marseille-Provence dans la transition environnementale pour : (i) réduire les incertitudes actuelles sur l'ICU et les émissions de CO₂ de la métropole ; (ii) construire des scénarios vertueux de réduction de ces derniers aux horizons 2030 et 2050 en interaction avec les acteurs politiques et socio-économiques locaux et régionaux pour que ces scénarios puissent être transformés en schémas légaux de planification urbaine ; (iii) modéliser ces scénarios à fine échelle pour identifier les zones d'Aix-Marseille-Provence les plus émettrices de CO₂ et les plus soumises à l'ICU, afin d'aider à la prise de mesure de réduction plus efficace.

Le projet est basé sur une synergie interdisciplinaire entre des chercheurs en sciences atmosphériques et en sciences sociales et juridiques, et des acteurs socio-économiques et politiques des territoires d'Aix-Marseille-Provence.

Résultats majeurs

Ce projet a permis : (i) de développer un réseau d'observation du CO₂ et de la dynamique atmosphérique sur Aix-Marseille-Provence ; (ii) de caractériser pour la première fois la variabilité diurne et saisonnière de la hauteur de la couche limite à Marseille ; (iii) d'analyser également pour la première fois la variabilité spatio-temporelle du CO₂ atmosphérique sur la métropole Aix-Marseille-Provence et de quantifier l'impact des émissions métropolitaines (urbaines, industrielles, maritimes), de la hauteur de la couche limite et de processus dynamiques spécifiques de la métropole (mistral, brises) sur la concentration locale du CO₂ ; (iv) d'estimer pour la première fois de façon indépendante l'inventaire d'émissions de CO₂ local grâce à des mesures atmosphériques, notamment de confirmer les rôles clés du trafic et du chauffage au gaz dans les émissions de CO₂ de Marseille, et de révéler une sous-estimation des émissions actuelles de CO₂ issues de la combustion de bois en ville ; (v) de fournir une analyse critique des plans climat et de protection de la qualité de l'air d'Aix-Marseille-Provence en évaluant l'avancée, la faisabilité et l'efficacité des mesures annoncées et de concevoir un scénario

d'évolution des émissions de CO₂ de la métropole en 2030 basé sur les trajectoires actuelles ; (vi) de modéliser plusieurs scénarios de réduction des émissions de CO₂ sur la métropole à fine échelle et leur impact sur le CO₂ atmosphérique local.

Production scientifique et valorisation

Lelandais L., *et al.* (2022) Analysis of 5.5 years of atmospheric CO₂, CH₄, CO continuous observations (2014-2020) and their correlations, at the Observatoire de Haute Provence, a station of the ICOS-France national greenhouse gases observation network, *Atmospheric Environment*, p. 119020.

Riandet A., *et al.* (2023) Variability of the Atmospheric Boundary-Layer Height in Marseille (France) for Mistral and Sea/Land Breeze Conditions, *Remote Sensing*, 15(5), p. 1185.

Xueref-Remy, I., *et al.* (2023) Analyzing the atmospheric CO₂ variability in the Mediterranean region of the Aix-Marseille metropolis and its coastal region area at different time scales. *Atmospheric Environment*, p. 100208.

Autres valorisations

Ce projet a à ce stade donné lieu à environ 20 communications orales, l'organisation de trois colloques, la rédaction de deux thèses, l'encadrement de dix stagiaires (M1, M2), la rédaction de plus de cinq rapports dont un en collaboration avec les Académies nationales des sciences, de l'ingénierie et de médecine américaines : <https://nap.nationalacademies.org/catalog/26641/greenhouse-gas-emissions-information-for-decision-making-a-framework-going>

Début du projet : 2019 | Durée : 66 mois

Financement ANR : 748 949 €

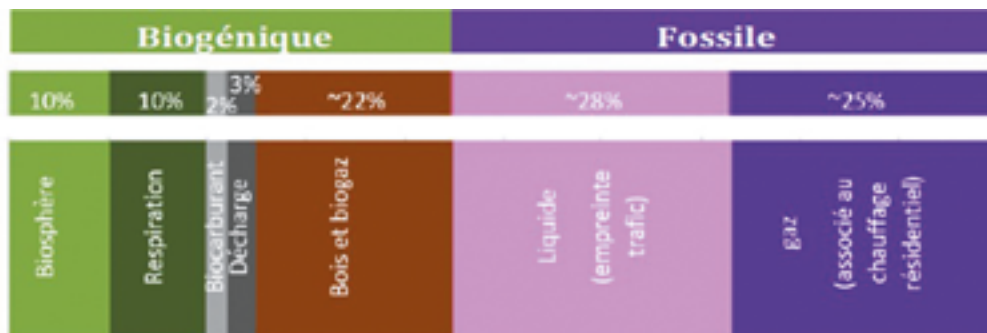
Partenaires

CNRM | CNRS | Météo-France Toulouse | Aix-Marseille Université | ATMOSUD Provence Alpes Côte d'Azur | Université Paris Saclay | INRAE PACAESPACE
Université de Toulon | ICEA | GNS (Nouvelle-Zélande)

Coordination

Irène Xueref-Remy – UMR 7263, IMBE, Aix-Marseille Université
irene.REMY-XUEREF@univ-amu.fr

Contribution relative des sources d'émissions de CO₂ atmosphérique à Marseille en hiver issue des analyses de la campagne intensive hivernale du projet COoL-AMmetropolis.
© L. Lelandais, projet COoL-AMmetropolis.



ERASEd

Evaluer le Risque Amiante à Sibaté

Rappel des objectifs

Sibaté, localité colombienne du département de Cundinamarca, se trouve à environ 25 km au sud-ouest de Bogota. Elle est renommée pour avoir accueilli la première usine d'amiante-ciment du pays et pour présenter des taux d'incidence élevés de mésothéliome pleural dans sa population. Au fil des décennies, de nombreux résidents ont signalé la présence de dépôts d'amiante en centre-ville, suggérant un lien avec la situation sanitaire actuelle. Ce projet de recherche, mené par des équipes colombiennes et françaises, vise à identifier les sources passées et présentes d'exposition à l'amiante, à comprendre la perception du risque par la population locale, et à fournir des données pour orienter les politiques d'aménagement du territoire. Parmi les méthodes employées, citons : l'analyse de la presse, une enquête par questionnaire, la reconstitution de l'évolution de l'usage des sols, la cartographie participative, l'évaluation des populations potentiellement impactées par les dépôts d'amiante au cours des décennies 1980 et 1990 à l'aide de la modélisation à base d'agent, la localisation des toitures en amiante-ciment par apprentissage automatique à partir d'une image satellitale et l'évaluation de la faisabilité de l'usage d'un radar à pénétration de sol pour détecter l'amiante de manière non invasive.

Résultats majeurs

Le projet ERASEd a amélioré significativement la compréhension de l'exposition au risque d'amiante à Sibaté et la connaissance de la perception du danger. L'aléa - *i.e.*, une couche d'amiante friable en sous-sol - a été cartographié. Par ailleurs, il apparaît que le risque d'amiante reste relativement méconnu par la population de Sibaté ou considéré comme secondaire derrière d'autres nuisances identifiées. Des développements méthodologiques ont également été menés dans le cadre de ce projet. À ce titre, une estimation des effectifs de populations potentiellement impactées par cette pollution a été réalisée à l'aide d'un modèle à base d'agents selon plusieurs scénarios ; une cartographie des toitures d'amiante-ciment et la mesure de sa précision ont été menées à l'aide du plugin *RoofClassify* sous QGIS ; enfin, l'usage d'un géoradar semble concluant dans l'identification - à une échelle inframétrique - de la couche d'amiante présente dans le sous-sol. Les

résultats ont été transmis à la municipalité et permettront d'intégrer des restrictions d'usage dans le prochain plan d'occupation des sols. Les partenariats noués au cours d'ERASEd sont appelés à se poursuivre dans le cadre de la soumission d'un projet *Wellcome Grants (UK)* visant à caractériser l'ensemble de l'exposome amiante de Sibaté en associant des spécialistes colombiens, italiens et français.

Production scientifique et valorisation

Ramos-Bonilla JP., *et al.* (2023) Sibaté y la amenaza del asbesto - Contaminación ambiental e impactos en la salud de la población. Ediciones Uniandes. 72 p.

Lysaniuk B., *et al.* (2020) Where are the landfilled zones? Use of historical geographic information and local spatial knowledge to determine the location of underground asbestos contamination in Sibaté (Colombia), *Environmental Research*, 191, p. 110182.

Lysaniuk B., *et al.* (2021) Using GIS to Estimate Population at Risk Because of Residence Proximity to Asbestos Processing Facilities in Colombia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), p. 13297.

Les membres d'ERASEd sont corécepteurs de la *Mención de Honor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible - Camila Botero Restrepo* de la Fondation Alejandro Ángel Escobar (Colombie) pour l'étude *Contaminación ambiental e impactos en la salud a nivel poblacional derivados del uso del asbesto en Colombia: El caso de Sibaté*. Les résultats d'ERASEd ont pleinement alimentés ce travail.

Début du projet : 2019 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 91 347 €

Partenaires

Universidad de Los Andes (Colombie)

Coordination

Benjamin Lysaniuk – UMR 8586 PRODIG, IRD – benjamin.lysaniuk@cnr.fr



Centre urbain de Sibaté depuis le Cerro La Inmaculada en direction de l'ouest.

© B. Lysaniuk, projet ERASEd.

Eval-PDU

Évaluation des impacts environnementaux d'un PDU et de leurs conséquences socio-économiques : développements méthodologiques et tests sur le PDU de Nantes Métropole

Rappel des objectifs

La mobilité est au cœur des enjeux pour rendre les villes durables. D'un point de vue environnemental, les déplacements urbains sont une des sources majeures de pollution locale et d'émissions de gaz à effet de serre (GES). D'un point de vue économique, la qualité de desserte des territoires est un moteur ou un frein à leur attractivité et à leur dynamisme. D'un point de vue social, l'offre de transports conditionne l'accessibilité des habitants aussi bien à l'emploi, qu'aux services et commerces ou aux loisirs.

Les Plans de Déplacements Urbains (PDU) sont l'outil principal dont disposent les collectivités locales pour une meilleure maîtrise de la mobilité. Depuis le Grenelle de l'Environnement en 2007, leur évaluation obligatoire porte sur leur efficacité et leurs incidences environnementales.

Notre méthode s'appuie sur une suite de modèles à base physique des facteurs environnementaux et de modèles statistiques de leurs conséquences socio-économiques.

Les étapes de modélisation incluent les flux de trafic, les consommations des véhicules, leurs émissions de polluants, leurs concentrations dans l'air et leurs impacts sanitaires, les indices de nuisance sonore. Les conséquences sur le bien-être des populations sont estimées par un modèle de prix hédonique des transactions immobilières, et par une enquête de satisfaction des usagers du Busway, action phare du PDU nantais en 2010. Le dispositif est alimenté en données réelles pour les années de référence et en données virtuelles pour des scénarios alternatifs.

Résultats majeurs

Le programme a permis de développer plusieurs logiciels de modélisation et/ou de les tester dans les conditions réelles de l'agglomération nantaise : Visem-Visum pour les flux de trafic multimodal, CopCETE (devenu CopCEREMA) pour les émissions des véhicules, ADMS Urban pour les concentrations de polluants, *NoiseModelling* (ex. *NoiseMap*) pour les indices de bruit, et l'indicateur IISCEP pour l'impact sanitaire des émissions de polluants. L'infrastructure de données spatiales Car-topolis a été créée sur la base du SIG OrbisGIS pour concentrer toutes les données de modélisation et les analyser avec le modèle de prix hédonique des transactions immobilières pour évaluer les conséquences sur le bien-être des populations.

Le dispositif a été appliqué au PDU nantais, pour deux années de référence et dix scénarios portant sur des analyses de sensibilité, ou sur des PDU alternatifs ou sur des actions majeures localisées.

Les impacts environnementaux sont généralement faibles en termes de populations totales impactées, car ils sont le plus souvent très localisés. Certaines actions majeures donnent lieu à des reports d'itinéraires qui en diluent ou annulent les effets bénéfiques escomptés.

L'accessibilité au réseau de transport collectif et la qualité de l'air ne sont généralement pas capitalisées dans les prix immobiliers. L'exposition au bruit a une faible incidence sur les prix. En revanche, les impacts environnementaux ont des incidences nettes sur le bien-être ressenti des habitants.

Production scientifique et valorisation

Mestayer P., *et al.* (2015) Évaluation environnementale du PDU nantais 2000-2010 à partir des simulations numériques des scénarios alternatifs du programme Eval-PDU. *Recherche Transport Sécurité*, 02, pp. 97-120.

Lépicié V., *et al.* (2013) Developing an indicator for the chronic health impact of traffic-related pollutant emissions. *Environmental Impact Assessment Review*, 38, pp. 35-43.

Brécard D., *et al.* (2018) Accessibility, local pollution and housing prices. Evidence from Nantes Métropole, France. *Economics and Statistics*, 500-502, pp. 97-115.

Bocher E., *et al.* (2019) NoiseModelling: An Open Source GIS Based Tool to Produce Environmental Noise Maps », *ISPRS International Journal of Geo-Information* 8 (3), p. 130.

Début du projet : 2009 | Durée : 36 mois
Financement ANR : 1 078 482 €

Partenaires

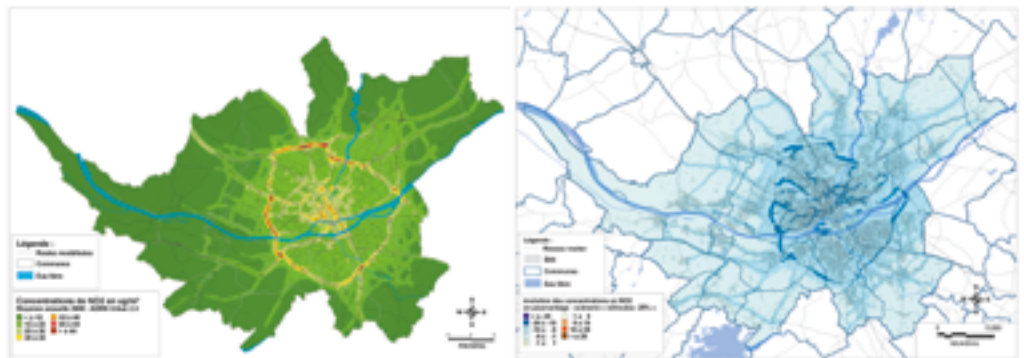
Air Pays de la Loire | IMT Atlantique | Université Gustave Eiffel | Nantes Université | Université Paris-Est Créteil | Cerema

Coordination

Patrice Mestayer – CNRS
patrice.mestayer@orange.fr

Concentration moyenne annuelle du dioxyde d'azote aérien dans Nantes Métropole en 2008 (à gauche) et sa diminution dans un scénario d'augmentation du covoiturage (distance moyenne annuelle parcourue par les véhicules individuels réduite de 25 %, à droite).

© T. Schmidt, F. Ducroz, AIRPL, Projet Eval-PDU.



Financing Clean Air

Financing tomorrow's clean urban air: the potential of land value capture to secure sustainable urban development supporting air quality enhancement

Rappel des objectifs

L'objectif du projet Financing Clean Air était d'explorer le potentiel des mécanismes de captation des plus-values foncières (*Land Value Capture*, LVC) pour cofinancer les adaptations au changement climatique, afin d'assurer une plus grande durabilité économique, sociale et environnementale des villes. La pratique de LVC consiste à capter tout ou partie de l'accroissement de la valeur foncière résultant de l'investissement public et non imputable aux efforts des propriétaires fonciers/immobiliers. Notre équipe s'est focalisée sur les usages de la LVC pour le cofinancement des réseaux de métro, en particulier à Paris et à Londres, mais également en Chine et aux Pays-Bas. Il s'agissait de répertorier les différents mécanismes de LVC, d'étudier leur appropriation par les acteurs publics et privés (dont notamment les opérateurs ferroviaires), et d'analyser leurs effets sur le partage de la rente foncière extraite ainsi que sur les caractéristiques de la matérialité urbaine produite.

La recherche a été menée selon une méthodologie qualitative, basée sur des entretiens semi-structurés avec une grande diversité d'acteurs (État, promoteurs, aménageurs, collectivités locales, bureaux d'étude...), complétés par l'analyse d'articles de presse, de publications institutionnelles et professionnelles.

Résultats majeurs

On observe dans les quatre pays une prévalence des instruments de LVC basés sur la promotion immobilière au détriment des outils fiscaux. En conséquence, les opérateurs de transport, qui sont d'importants propriétaires immobiliers, tendent à privilégier des montages immobiliers leur permettant de maximiser leurs recettes, en tension avec des exigences de performance environnementale et de durabilité sociale. Cet objectif les conduit à s'approprier les outils, savoirs et pratiques de l'industrie immobilière, ce qui contribue à leur professionnalisation, spécialisation et autonomisation, mais tend à les éloigner de l'intérêt général. Nos enquêtes nous ont menés au constat que les pratiques de LVC évoluent face aux enjeux croissants de la transition écologique. Nous

observons l'apparition de nouvelles approches de valorisation des biens immobiliers détenus par des opérateurs de transport. Nos recherches menées en France (SNCF) et aux Pays-Bas sur « l'écologisation du foncier » ont livré des résultats intéressants concernant l'optimisation de terrains inconstructibles selon une logique de valorisation énergétique.

Ces résultats feront l'objet d'une exploitation plus approfondie et de publications ultérieures en prolongement du projet.

Production scientifique et valorisation

Mouton M., *et al.* (2023) Leveraging land-value capture in contexts of urban austerity: evidence from the Grand Paris Express (France), *European Planning Studies*, 32(1), pp. 45-58.

Aveline-Dubach N. (2023) Land Value Capture and Its Large-Scale Application in Northeast Asia, in Aveline-Dubach N. (dir.) Globalization and dynamics of urban production, *Encyclopedie des Sciences*, ISTE/Wiley, Londres, pp. 127-154.

Maulat J., Pedro M., (2024) De nœud de réseau à actif immobilier : l'évolution du modèle économique des lieux de transport, in Frétiigny J.-B. (dir.) *Les transports et leurs lieux*, ISTE-Wiley, pp. 81-106.

Pedro M., *et al.* (sous presse) Carte blanche ? Négociations entre acteurs publics et promoteurs privés autour de la captation des outils de plus-values foncières en France, en Angleterre et aux Pays-Bas, *Revue Internationale d'Urbanisme*.

Début du projet : 2019 | Durée : 42 mois

Financement ANR : 244 800 €

Partenaire

Université Paris-Est Créteil

Coordination

Natacha Aveline-Dubach – CNRS

natacha.aveline@cnrs.fr

Opération de promotion résidentielle à Shenzhen (Chine) sur un ancien dépôt de métro à la station Changzhen. © S. Ruicheng, projet Financing Clean Air.



GreenLand

Green Land Uses in Urban Regions

Rappel des objectifs

Ce projet étudie comment les conditions environnementales sont incorporées dans les usages du sol dans les villes. La relation est à double sens : les aménités environnementales influencent les choix de localisation dans les villes et, en retour, la structure urbaine qui en résulte a un impact sur ces aménités, et donc sur la performance environnementale des villes. Premièrement, nous soutenons que l'absence de consensus sur la forme urbaine soutenable provient d'une ignorance de la structure interne de la ville. Les attributs environnementaux sont alors caractérisés à travers le système urbain pour identifier des tendances similaires et divergentes liées à la structure urbaine. Deuxièmement, il s'agit de déterminer si et comment les arbitrages environnementaux sont incorporés dans les choix de localisation résidentielle et les valeurs des propriétés résidentielles consécutives. Des comportements différenciés sont attendus en fonction des villes. Troisièmement, nous apportons un éclairage sur le rôle des politiques environnementales qui occupent une place importante dans l'agenda des décideurs politiques. Celles-ci sont nombreuses dans les espaces urbains (politiques de planification, de zonage ou de conservation telles que les ceintures vertes, les zones à faibles émissions). Ces politiques traitent diverses questions environnementales, avec des effets potentiels ambigus ou des conséquences involontaires qui nécessitent un examen attentif.

Résultats majeurs

Sur 800 villes européennes, une étude sur la pollution de l'air par le NO₂ montre l'influence prépondérante du contexte : contexte local pour les stations au sol (zone industrielle, zone de trafic dense, etc.) et contexte régional pour les données satellitaires (dispersion des polluants sur de grandes échelles spatiales dans la troposphère : ceci génère une concentration régionale de fond importante dans les zones où les villes sont proches, notamment la « banane bleue »). Des recherches interrogent les effets de la forme urbaine sur l'exposition des résidents à la pollution liée aux transports dans un contexte d'essor du télétravail. La prise en compte de la multi-exposition à la pollution (au domicile, au travail, trajet domicile-travail) modifie les

conclusions sur le lien entre la distance du centre-ville au lieu de résidence et le niveau d'exposition à la pollution : les ménages périurbains sont fortement émetteurs de pollution et fortement exposés.

Sur la France, des recherches examinent la force du label biologique pour être capitalisé dans les prix des localisations résidentielles. Les résultats sont en faveur d'une nécessité d'affichage plus renforcée du label bio. Les recherches sur la perception de la pollution mettent en évidence que les variables de voisinage du logement (surface en forêt ou enherbée, espaces verts, proximité au réseau routier ou autoroutier) affectent de manière significative le niveau de perception de l'exposition à la pollution par les ménages.

Production scientifique et valorisation

Kanore M., *et al.* (2023) Econometric analysis of the determinants of air pollution risk perception: a residential location choice interpretation, *13es Journées thématiques de la FAERE*, 1-2 juin 2023, Université Gustave Eiffel (Cité Descartes, Champs-sur-Marne), Paris.

Legras S., *et al.* (2022) Commute, work, sleep : urban form and pollution exposure, *Séminaire du GATE*, 12 mai 2022, Lyon.

Coinon M., *et al.* (2023) We love green: Household's valuation of organic farming and challenges of Signalling, *Sokolov Family Seminar Series*, 22 mars 2023, Penn State Smeal College of Business, The Pennsylvania State University Park.

Début du projet : 2021 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 364 384€ €

Partenaires

CNRS | INRAE | Université de La Réunion

Coordination

Rachel Guillain – UR7467 LEDI, Université de Bourgogne

Franche-Comté

rachel.guillain@u-bourgogne.fr



Green in my city.

© Rachel Guillain, projet GREENLAND.

INFILTRON

Dispositif INFILTRON pour une évaluation des fonctions infiltration & filtration des sols urbains dans un contexte de gestion des eaux pluviales

Rappel des objectifs

Le projet INFILTRON vise à développer un outil expérimental et numérique pour déterminer les fonctions d'infiltration et de filtration des polluants dans les sols urbains. Ces fonctions sont cruciales pour la reperméabilisation des villes et la gestion des eaux pluviales. Cependant, elles sont antinomiques car les écoulements, nécessaires à l'infiltration, transportent les polluants vers les nappes, réduisant ainsi la filtration. Le projet INFILTRON vise l'évaluation simultanée des fonctions infiltration et filtration par la mise au point d'un combo associant le dispositif expérimental INFILTRON-Exp au modèle d'interprétation INFILTRON-Mod. La méthodologie du projet repose sur quatre axes : (i) la mise au point du dispositif expérimental INFILTRON-Exp pour le suivi de l'infiltration d'eau (fonction infiltration) et du transfert de nano-traceurs (fonction filtration) ; (ii) le design et la production des nano-traceurs ; (iii) la validation des nano-traceurs en conditions contrôlées (laboratoire) ; (iv) le développement du modèle INFILTRON-Mod pour interpréter les données. INFILTRON propose un infiltromètre de grande taille permettant d'activer la perméabilité à grande échelle et de suivre les nano-traceurs, fabriqués pour simuler des polluants, être détectables par radar géologique et écologiquement inoffensifs.

Résultats majeurs

Le projet INFILTRON a fourni des informations précieuses sur les nano-polluants émergents et les communautés bactériennes dans les eaux pluviales, ainsi que sur leur transfert dans les sols (à travers des colonnes de laboratoire). Le projet a aussi permis de développer un ensemble de dispositifs d'infiltrométrie, comprenant un infiltromètre de grande taille et une série d'infiltromètres automatisés de taille standard, en les couplant à un radar géologique pour la détection de l'eau et des nano-traceurs injectés (INFILTRON-Exp). INFILTRON-Exp a été validé sur le terrain et s'est avéré très efficace pour caractériser l'infiltration d'eau, les écoulements préférentiels et le transfert des nano-traceurs. Ces derniers fournissent une base intéressante pour la simulation de nanopolluants modèles, en termes de détectabilité et de comportement contrôlé. Enfin, les premiers éléments

d'INFILTRON-Mod ont été mis en place, avec un cadre de modélisation développé pour les données générées par INFILTRON-Exp ainsi que pour les systèmes d'infiltration réels. En plus de ces réalisations, de nombreuses études et investigations ont été menées pour améliorer la caractérisation hydraulique des sols, ainsi que la modélisation de l'infiltration et des transferts de polluants dans des sols hétérogènes.

Production scientifique et valorisation

Asry A., et al. (2023) Sets of infiltration models for water infiltration in sustainable urban drainage systems, *Journal of Hydrology*, 623, p. 129477.

Colin Y., et al. (2020) Coalescence of bacterial groups originating from urban runoffs and artificial infiltration systems among aquifer microbiomes, *Hydrology and Earth System Sciences*, 24, pp. 4257-4273.

Concialdi P., et al. (2020) An open-source instrumentation package for intensive soil hydraulic characterization, *Journal of Hydrology*, 582, p. 124492.

Raimbault J., et al. (2021) Investigating the impact of exit effects on solute transport in macroporous media, *Hydrology and Earth System Sciences*, 25, pp. 671-683.

Début du projet : 2018 | Durée : 60 mois

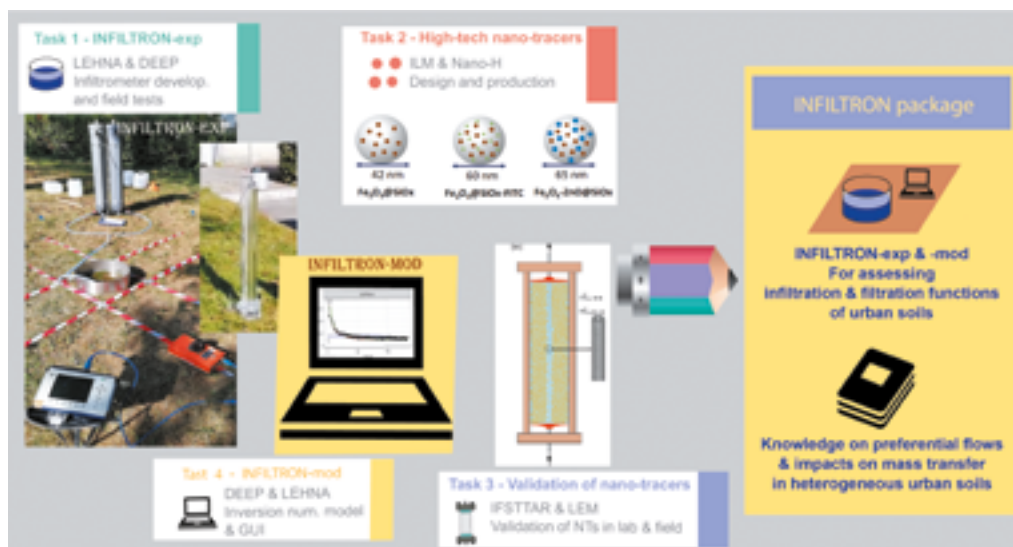
Financement ANR : 624 812 €

Partenaires

Université Claude Bernard - Lyon 1 | Université Gustave Eiffel | Nano-H | University of Melbourne (Australie) | Monash University (Australie) | University of Palermo (Italie)

Coordination

Laurent Lassabatere – UMR 5023, LEHNA, Université Claude Bernard - Lyon 1
laurent.lassabatere@entpe.fr



Projet INFILTRON : tâches principales et produits.
© L. Lassabatere, projet INFILTRON.

LUNNE

La Lumière la Nuit à l'Environnement

Rappel des objectifs

L'aménagement nocturne de villes durables passe par une utilisation parcimonieuse de l'éclairage artificiel la nuit (Artificial Light at Night - ALAN) pour répondre aux besoins sociétaux de sécurité, de mobilité, de vie économique et sociale, tout en limitant les consommations d'énergie, les nuisances pour les humains, pour le climat et pour l'environnement. Mais pour promouvoir la sobriété lumineuse, les modifications de l'éclairage doivent être acceptables par la population et réalisables techniquement.

L'extinction de l'ALAN n'étant pas toujours une option acceptable, il est nécessaire de comprendre les contraintes et les besoins des différents acteurs pour promouvoir un éclairage urbain soutenable. Le développement de la *smart city* et les possibilités offertes par la technologie LED offrent des stratégies de réduction de l'ALAN tout en contrôlant leur impact sur la qualité de vie des usagers et sur les écosystèmes.

Le projet LUNNE aborde plusieurs verrous scientifiques associés à la réduction de l'ALAN : (i) une quantification plus adaptée de l'impact de stratégies de réduction de l'ALAN sur les écosystèmes à travers le développement de nouveaux indicateurs à différentes échelles spatiales ; (ii) une meilleure connaissance et quantification de l'impact de ces stratégies sur les usagers (mobilité, sécurité, ambiances nocturnes) ; (iii) une meilleure compréhension des freins et des leviers à l'acceptabilité de ces politiques publiques d'éclairage.

Ces trois dimensions se rejoignent dans la proposition d'indicateurs, de méthodes et de pistes d'action pour aider les collectivités à faire évoluer leur éclairage en tenant compte des spécificités de leur territoire. L'impact des modifications d'éclairage sera étudié en associant la collecte de données comportementales dans des observatoires urbains, le recueil de données subjectives et comportementales par enquêtes, des mesures photométriques et des modèles de calcul.

Début du projet : 2023 | Durée : 42 mois

Financement ANR : 463 848 €

Partenaires

Montpellier Méditerranée Métropole | Rennes Métropole |
Territoire Energie Tarn | École Nationale Supérieure
d'Architecture de Nantes, Université Rennes 2 | Institut
National Polytechnique Toulouse | Cerema

Coordination

Roland Brémond – Université Gustave Eiffel
roland.bremond@univ-eiffel.fr



Éclairage urbain, Montpellier.
© R. Brémond, projet LUNNE.

MEGAPOLI-PARIS

Pollution des Aérosols : Impact sur la qualité de l'air et quantification des Sources

Rappel des objectifs

Les particules (ou aérosols) ont un impact majeur sur la qualité de l'air des grandes mégapoles. L'aérosol organique constitue une fraction majeure de l'aérosol fin. Le projet MEGAPOLI vise en particulier à une meilleure caractérisation des sources d'émissions et voies de formation de l'aérosol organique, encore mal quantifiées. Pour ceci, une campagne de terrain d'envergure a été organisée en région parisienne, mégapole de caractère tertiaire, pour rassembler une base de données de mesures au sol et par avion à la fois de la composition chimique des aérosols et de ses précurseurs gazeux, au sein de l'agglomération et dans ses environs.

Pour remplir ces objectifs, un consortium de 25 équipes françaises et européennes a déployé un vaste ensemble instrumental lors de deux volets d'été et d'hiver en juillet 2009 et en janvier-février 2010. Sur trois sites primaires urbains et péri-urbains et sur plusieurs sites secondaires, une instrumentation très complète, alliant mesures in situ rapides des propriétés physico-chimiques et de composition chimique de l'aérosol, et de la phase gazeuse, incluant une mesure des radicaux, a été mise en œuvre. Des observations aéroportées, à partir des avions de recherche français ATR-42 et Piper Aztec, ont permis de documenter l'évolution chimique du panache de pollution de l'agglomération. En parallèle, des simulations numériques avec un modèle chimique très détaillé (GECKO-A) et le modèle de qualité de l'air CHIMERE (<https://www.lmd.ipsl.fr/modelisations/chimere/>) ont visé une analyse fine des processus de formation d'aérosol lors de la campagne et l'évaluation des scénarios de réductions d'émissions pour des échéances plus longues.

Résultats majeurs

L'origine des particules fines en région parisienne a pu être déterminée à partir d'un faisceau de différents types de mesures et de traitements statistiques. Nos travaux montrent une source importante d'aérosol fin organique due à la combustion de bois en hiver, mais également une source due aux activités de cuisine en hiver et en été. En été, l'aérosol organique présent en agglomération parisienne est majoritairement transporté depuis l'extérieur et d'origine biogénique. S'y ajoute dans le panache de l'agglomération une quantité significative d'aérosol organique formé à partir de composés organiques volatils d'origine anthropique.

Les campagnes de terrain en été et en hiver ont permis de mettre en évidence l'importance de la source hétérogène de l'acide nitreux en tant que source du radical OH.

La prise en compte du schéma Volatility Basis set dans le modèle CHIMERE permet d'améliorer les simulations surtout en été, par rapport à une simulation avec un schéma d'aérosol classique.

Le projet a inspiré la mise en place du projet ACROSS (Atmospheric Chemistry of the Suburban Forest) dans le cadre de l'appel Make our Planet Great again de France 2030.

Production scientifique et valorisation

Beekmann M., *et al.* (2015) In situ, satellite measurement and model evidence on the dominant regional contribution to fine particulate matter levels in the Paris megacity, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15, pp. 9577-9591.

Borbon A., *et al.* (2013) Emission ratios of anthropogenic volatile organic compounds in northern mid-latitude megacities: Observations versus emission inventories in Los Angeles and Paris, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118, pp. 2041-2057.

Michoud V., *et al.* (2012) Radical budget analysis in a suburban European site during the MEGAPOLI summer field campaign, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12, pp. 11951-11974.

Zhang Q.J., *et al.* (2013) Formation of organic aerosol in the Paris region during the MEGAPOLI summer campaign: evaluation of the volatility-basis-set approach within the CHIMERE model, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, pp. 5767-5790.

Début du projet : 2009 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 500 000 €

Partenaires

AIRPARIF | INERIS | INSU | Université Grenoble Alpes | Université Versailles Saint-Quentin

Coordination

Matthias Beekmann – INSU
matthias.beekmann@lisa.ipsl.fr

Campagne MEGAPOLI en été 2009 : site du SIRTA, de l'École Polytechnique à Palaiseau (en haut) ; avion de recherche français ATR42 (en bas à gauche) ; installation d'un container de mesure au site du Service Parisien de la Santé Environnementale (en bas à droite).

© Projet MEGAPOLI-PARIS.



SYMEXPO

Approche systémique pour l'évaluation de l'impact de la mobilité urbaine sur les expositions aux pollutions environnementales

Rappel des objectifs

Le projet SYMEXPO vise à développer une approche systémique pour évaluer l'impact de la mobilité urbaine sur l'exposition aux pollutions environnementales, basée sur un cadre de modélisation où un citadin est représenté comme un agent mobile évoluant dans un champ de pollution (bruit et polluants atmosphériques) soumis à des variations spatiales et temporelles. Les avancées scientifiques attendues sont les suivantes :

- L'utilisation de l'analyse des données pour mieux comprendre : (i) quels facteurs de mobilité individuelle (mode de transport, activités, etc.) sont associés à des expositions élevées ; (ii) quels indicateurs reflètent les effets de la dynamique temporelle des expositions.
- La construction des chaînes de modélisation intégrées en open source capables de déterminer les variations spatiales et temporelles des pollutions, et basées sur des modèles de trafic capturant les effets des politiques de mobilité. Deux échelles sont considérées, à savoir le quartier et l'échelle métropolitaine, nécessitant deux modèles de trafic différents, SYMUVIA et MATSim, calibrés sur le même site d'étude dans la métropole de Lyon. La chaîne de modélisation pour le bruit s'appuiera sur le logiciel *NoiseModelling*. La chaîne de modélisation pour les polluants atmosphériques s'appuiera sur HBEFA et SIRANE.
- La proposition d'un cadre d'évaluation multicritère pour les politiques de mobilité, intégrant la dimension de la justice environnementale et tenant compte de la mobilité de l'agent.

Résultats majeurs

Les principales avancées scientifiques du projet comprennent :

- L'élaboration et les réflexions sur les chaînes de modélisation, pour l'estimation du bruit et des polluants atmosphériques, à l'échelle de la métropole, et à l'échelle du quartier.
- La conceptualisation de méthodes et d'indicateurs pour des analyses d'impact incluant la mobilité des personnes, et la prise en compte du statut sociodémographique.
- L'analyse de l'incidence des pratiques de mobilité sur l'exposition au bruit, au travers d'analyses issues de données de cohortes.

Au-delà de ces avancées scientifiques, le projet a permis des rapprochements et nouvelles collaborations avec :

- KTH (Stockholm, Suède), autour de l'étude des impacts du bruit (nouveaux indicateurs, prise en compte de la dynamique du bruit). Cette collaboration s'est matérialisée par l'accueil de Johan Nygren à l'UMRAE, et se poursuivra par le début d'une thèse co-encadrée en novembre 2023 (programme Clear-Doc).
- Le laboratoire MAST de l'université Gustave Eiffel, autour de l'étude de l'impact acoustique des chantiers, avec prise en compte de la dynamique du bruit et la proposition de nouveaux indicateurs.

Production scientifique et valorisation

Gastineau P., *et al.* (2023) Modeling exposure to mobility-related: Review and key challenges, accepted, *Transportation Research Record*.
 Le Bescond V., *et al.* (2023) Population noise exposure modelling using large scale multi-agent simulation. *Proceedings of Forum Acusticum 2023*, 11-15 September 2023, Torino, Italy.

Fancello G., *et al.* (2023) Moving beyond the residential neighbourhood for the assessment of daily noise exposure: experimental evidence with space time activity data. *Proceedings of Forum Acusticum 2023*, 11-15 September 2023, Torino, Italy.

Tirico M., *et al.* (2023) Assessing pollutant emissions on an urban area using different traffic simulation approaches: multi-agent modelling and microscopic modelling. *Proceedings of TAP and S&E conference 2023*, 25-26 September, Gothenburg, Sweden.

Début du projet : 2021 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 601 877 €

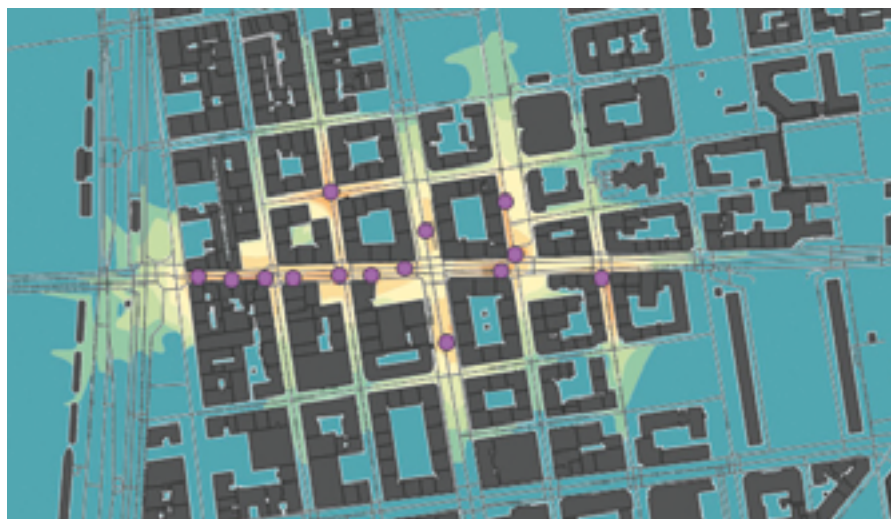
Partenaires

Université Gustave Eiffel | ENTPE | Inserm | INSA Lyon | Acoucity | ATmo Aura

Coordination

Arnaud Can – Université Gustave Eiffel
 Arnaud.can@univ-eiffel.fr

Capture écran de la carte de bruit dynamique issue du couplage entre le modèle de trafic SYMUVIA et le modèle de prévision du bruit NoiseModelling (résolution temporelle : 1 seconde). Les points violets représentent la position des véhicules et les surfaces les niveaux sonores à l'instant représenté.
 © Projet SYMEXPO.



TRAFIPOLLU

Modélisation multi-échelles de la pollution due au trafic dans un environnement urbain

Rappel des objectifs

Le projet TRAFIPOLLU a pour objectif principal le développement d'outils intégrés d'aide à la décision, permettant d'observer, d'analyser et de modéliser les flux de polluants liés au trafic à travers les échelles, dans un environnement urbain. Il a permis de mettre en œuvre aux différentes échelles urbaines (rue, quartier et ville) les chaînes de modélisation permettant de prévoir : (i) le comportement du trafic ; (ii) les émissions de polluants associés ; (iii) la dispersion des polluants dans l'atmosphère ; (iv) le dépôt de ces polluants ; (v) leur transfert dans l'eau et dans les sols. Une analyse approfondie des interfaces entre modèles a été menée au travers d'études de sensibilité aux données d'entrée et de comparaison de modèles.

De plus, les phénomènes étudiés comprennent une forte variabilité sur de grandes gammes d'échelles spatio-temporelles, ce qui a conduit à mener des analyses à travers les échelles des observations et des modélisations.

Enfin, l'accent a été mis sur le problème des données pour répondre aux besoins des différentes modélisations. Afin de valider la chaîne de modèles utilisée à l'échelle la plus fine, une expérimentation multimilieux d'envergure a été réalisée. Les résultats de l'expérimentation à l'échelle locale ont permis de mettre en avant la prédominance de certains phénomènes, ainsi que d'interroger les différents modèles et leur paramétrisation.

Résultats majeurs

À l'échelle locale, les observations ont permis d'interroger les modélisations : faible corrélation entre trafic et concentrations, re-suspension des particules dans l'air non négligeable, prédominance de l'arrachement lié à la pluie, contribution atmosphérique aux dépôts accumulés et contamination des sols par infiltration limitée.

Aux échelles supérieures, plusieurs chaînes de modélisation intégrant les différents milieux ont produit des résultats contrastés selon les polluants étudiés : sensibilité aux données d'entrée des émissions et concentrations, comparaison de modèles de flux d'eau et de polluants. La génération de données urbaines augmentées a permis d'accompagner le travail de modélisation. D'autre part, une chaîne de modélisation opérationnelle trafic-émission-air a été mise en œuvre (démonstrateur). Cela a notamment permis d'analyser l'impact de la

prise en compte du bâti dans les modèles de dispersion et de différents scénarios de trafic sur la qualité de l'air. Concernant la modélisation hydrologique, de nouveaux modèles ont été proposés et une nouvelle plateforme a permis de reproduire le pic de pollution observé à l'exutoire.

Concernant la tâche de traversée d'échelle, des analyses statistiques du premier et second ordre, fractales et multifractales ont été effectuées sur les données de l'expérimentation. Ces valeurs empiriques contribueront à évaluer les modèles et à générer des modèles stochastiques de prévision dans un futur proche.

Production scientifique et valorisation

Hong Y., *et al.* (2016) New insights into the urban washoff process with detailed physical modelling, *Science of The Total Environment*, 573, pp. 924-936.

Hong Y., *et al.* (2016) A new approach of monitoring and physical-based modelling to investigate urban wash-off process on a road catchment near Paris, *Water Research*, 102, pp. 96-108.

Hong Y., *et al.* (2016) Development and assessment of the physical-based 2D/1D model «trenoe» for urban stormwater quantity and quality modelling, *Water*, 8 (12).

Lejri D., *et al.* (2018) Accounting for traffic speed dynamics when calculating COPERT and PHEM pollutant emissions at the urban scale, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, pp. 588-603.

Début du projet : 2013 | Durée : 45 mois

Financement ANR : 999 996 €

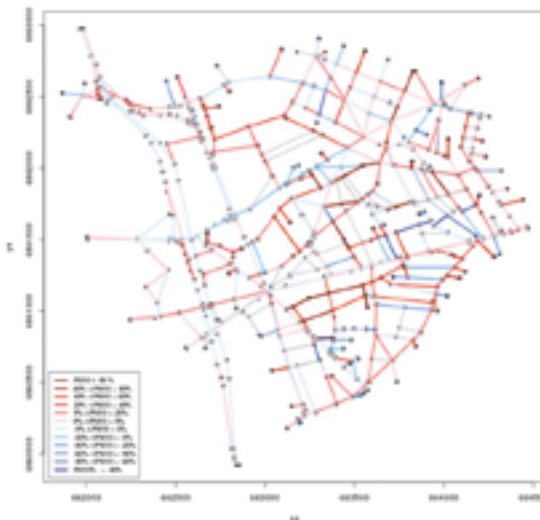
Partenaires

Université Gustave Eiffel | École des Ponts Paritech | Centre d'Études Techniques de l'Équipement - Île-de-France | Airparif | IGN

Coordination

Ludovic Leclercq – Université Gustave Eiffel
ludovic.leclercq@univ-eiffel.fr

Évolution relative des émissions de PM10 sur le réseau Trafipollu, un jour ouvré, pour le scénario « régulation de trafic » par rapport au scénario de référence, exprimée en pourcentage.
 © E. Lecoer, projet Trafipollu.



Chapitre 3

MOBILITÉ DOUCE

Sonia Chardonnel (Laboratoire Pacte, CNRS)

La régulation des mobilités spatiales quotidiennes est devenue un objectif majeur de l'adaptation des territoires pour faire face aux effets déjà visibles du changement climatique et ainsi contribuer à l'atténuation du réchauffement global. Responsable de 23 % des émissions de gaz à effet de serre dans l'Union européenne et de 30 % en France (selon l'AEE, 2023), le transport est le seul secteur dont le taux n'a pas diminué ces trente dernières années, augmentant, au contraire, de plus de 16 %. Si l'accès généralisé à l'automobile a contribué à transformer les modes d'habiter et à élargir les espaces de vie, les déplacements motorisés individuels sont en contrepartie responsables pour une bonne part de la dégradation de la qualité de l'air des villes et de l'augmentation de la sédentarité des personnes, impactant donc directement la santé des populations.

En France, les enjeux environnementaux et sanitaires liés à la mobilité des personnes ont été déclinés sous différents angles dans les politiques urbaines depuis la fin des années 1990 articulant : le droit au transport (LOTI, 1982), la protection de l'environnement (LAURE, 1996 ; Grenelle 1, 2009 et Grenelle 2, 2010) avec des dispositifs visant le développement des modes « doux », l'accessibilité physique généralisée (Loi sur l'égalité des chances, 2005) obligeant à considérer la chaîne de déplacements sans rupture entre modes de transport et espaces publics. Dans cet élan, la dernière Loi d'orientation des mobilités (2019) appelle à une « transformation profonde de la politique pour les mobilités » afin de répondre aux besoins d'accessibilité dans tous les territoires sans dépendre uniquement de l'automobile. Ainsi, les nouvelles autorités organisatrices des

mobilités, initialement compétentes sur les transports publics, ont vu leur rôle se renforcer au cours de ces dernières décennies pour concourir au développement de modes de déplacement non motorisés, la marche et le vélo guidant aujourd'hui la mise en place d'infrastructures et de dispositifs urbains innovants dans les Plans de Mobilité.

Les recherches présentées dans cette section s'inscrivent dans ce contexte de transformation des logiques d'aménagement urbain et de développement des transports. Elles apportent des connaissances importantes pour comprendre les dynamiques de changements dans les pratiques d'une part et pour accompagner le développement de solutions sociotechniques pour des mobilités urbaines durables d'autre part.

L'évolution des usages des modes de transport est analysée à plusieurs échelles spatiales et temporelles. À l'échelle nationale, le projet **MoDe** (page 102) démontre que la « démotorisation » des ménages s'opère encore de manière limitée et sur le temps long, étant somme toute envisageable si les alternatives proposées sont adaptées aux besoins des individus.

En complément, d'autres résultats insistent sur la nécessité de développer des environnements urbains favorisant le potentiel de la marche (**VQM**, page 108) ou du vélo (**Velotactique**, page 107) interrogeant ainsi le « potentiel d'accueil » des territoires aux nouveaux modes (**URFE**, page 105). Au défi de fabriquer des villes hospitalières pour les modes doux, s'ajoute alors celui de les rendre sécurisées au regard des infrastructures et des autres modes de transport pour éviter les conflits d'usage et les accidents (**Cyclope**, page 100, URFE).

L'enjeu de « marchabilité » et de « cyclabilité » semble encore plus essentiel lorsque l'on s'intéresse aux populations enfantines (**MOBIKIDS**, page 101) dont l'autonomie de déplacement (sans adulte accompagnateur), qui a beaucoup diminué ces dernières décennies, doit être favorisée par des espaces « capacitants » qui aident au développement de l'enfant, à sa socialisation et à son inclusion dans l'espace public urbain. Au-delà du cas des enfants, les politiques de mobilité durable doivent aussi être interrogées sous l'angle critique de leurs effets en termes de cohésion sociale et d'inégalités (**RED**, page 104) au risque de les rendre inefficaces et illégitimes.

Enfin, l'apparition de nouvelles offres de transport associées aux modes doux comme le vélo en libre-service (**VEL'INNOV**, page 106) ou les petits engins électriques (**NewMob**, page 103) engage les chercheurs à questionner les mécanismes d'adoption de ces innovations (par qui, comment) et à observer l'apparition de nouvelles manières de se déplacer en milieu urbain (où, quand).

Ce florilège de résultats de recherche s'appuie sur des équipes aux compétences et disciplines variées et complémentaires, associant des sciences humaines avec des sciences de l'information et de l'ingénieur. Très ancrées dans la réalité des terrains observés et des innovations analysées, ces recherches font aussi l'objet de partenariats fructueux avec des acteurs de la mobilité publics et privés.

CYCLOPE

CYCLO Protection électronique des cyclistes

Rappel des objectifs

L'objectif du projet collaboratif CYCLOPE est de développer des solutions techniques pour améliorer la sécurité et le sentiment de sécurité des cyclistes dans le trafic des bus urbains, entraînant un plus grand confort des conducteurs de bus.

Pour alerter le cycliste de la présence d'un bus, l'un des moyens utilisés a été l'exploitation des signaux de communication radio émis par le bus vers son poste de contrôle. Quant à la présence d'un cycliste dans l'environnement proche du bus, ce sont les signaux d'un système anti-collision de type radar ultra large bande à faible coût qui ont été traités.

Des scénarios ont été sélectionnés pour leur dangerosité intégrant des situations de conflits entre le bus et le vélo. Des études de comportement ont pu être menées sur un simulateur de conduite de vélo et un simulateur de conduite automobile avec plusieurs dizaines de participants.

Les dispositifs d'alarme informant le cycliste de la présence d'un bus dans son environnement ont ainsi pu être testés sur le simulateur vélo. L'expérience réalisée dans le simulateur de conduite automobile a permis de quantifier la dangerosité des comportements que pourraient adopter les cyclistes qui en seraient équipés.

Nous avons pu dimensionner, réaliser et mesurer un dispositif permettant d'augmenter la visibilité d'un ensemble vélo-cycliste éclairé par une onde radar émise par un bus. Une validation expérimentale d'un système embarqué d'alerte sur le vélo a aussi été réalisée au travers des campagnes de mesures sur le site de l'exploitant à Rennes.

Résultats majeurs

Le projet a permis une amélioration des fonctionnalités d'immersion du simulateur vélo à Marne-la-Vallée en tant qu'équipement scientifique unique en France.

L'utilisation de dispositifs spéciaux (métamatériaux, dièdre) a permis d'augmenter la Surface Équivalente Radar (SER) du cycliste afin qu'il soit mieux détecté par les radars anticollision des véhicules routiers. Le traitement des signaux électromagnétiques couplé à des algorithmes spécifiques et l'association des radars ULB et des algorithmes de *deep learning* ont offert une meilleure reconnaissance des différentes signatures des usagers de la route, automobilistes et cyclistes. Dès 2014, nous avons eu l'intuition que le mode vélo allait se développer fortement en milieu urbain et que la sécurité des cyclistes allait devenir un enjeu fort de société. Les chiffres de la sécurité routière

nous donnent raison aujourd'hui. Le développement des Engins de Déplacement Personnel (EDP type trottinettes électriques) va encore augmenter le risque d'accidents.

Les prototypes que nous avons imaginés, développés et testés, sur simulateurs vélo et automobile, avec des utilisateurs, ainsi que sur site, sont transposables à ces nouveaux modes. Ils offrent des solutions à bas coût qui s'appuient sur des équipements électromagnétiques existants sur les bus et également sur les automobiles. De plus, le déploiement de véhicules autonomes obligera à une plus grande protection des cycles et des EDP.

Production scientifique et valorisation

Srour H., *et al.* (2018) Analysis of the Retrodirective Mechanism of a Flattened Dihedral, *IET Microwaves Antennas and Propagation*, 12 (5), pp. 699-705.

Sadli R., *et al.* (2018) UWB radar recognition system based on HOS and SVMs, *IET Radar, Sonar & Navigation*, 12(10), pp. 1137-1145.

Laurent S., *et al.* (2017) La mobilité sous toutes ses formes au service des collectivités et des citoyens, *Mobilité urbaine des cyclistes : sécurité par le nombre*, 16-17 octobre 2017, Université Laval-Qébec.

Sadli R., *et al.* (2017) Statistics on Ultra Wideband Short-Range Radar (UWB-SRR) for Cyclist Detection, 3rd Annual International Conference on Transportation, Athens, Greece: The 4th Order, 5-8 June 2017.

Gillard R., Méric S. (2017) Plateau TV, Espace des Sciences, fête de la Science, <https://www.youtube.com/watch?v=6eyRdEOBgtY&feature=youtu.be&t=1m59s>, 7 octobre 2017.

Méric S., *et al.* (2016) fondation BPO : Projet de « dièdre aplati », lauréat 2016 sur le thème « PROJETS DU FUTUR ».

Début du projet : 2014 | Durée : 54 mois

Financement ANR : 698 590 €

Partenaires

KEOLIS Rennes | Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis | CNRS

Coordination

Guillaume Uster – Université Gustave Eiffel – guillaume.uster@univ-eiffel.fr



Cycliste sur simulateur de vélo en immersion virtuelle dans le trafic.

© Université Gustave Eiffel, projet CYCLOPE.

MOBIKIDS

Le rôle des cultures éducatives urbaines (CEU) dans l'évolution des mobilités quotidiennes et des contextes de vie des enfants. Collecte et analyse de traces géolocalisées et enrichies sémantiquement

Rappel des objectifs

Le programme MOBIKIDS vise à comprendre comment évoluent les mobilités et l'autonomie des enfants en ville dans un contexte de transformation des modes de vie et d'encouragement aux modes actifs. Cette recherche interdisciplinaire analyse les rôles des contextes urbains, des expériences sensibles et des cultures éducatives urbaines dans le processus d'autonomie des déplacements des enfants.

Un protocole de collecte, basé sur des méthodes mixtes, a été mis en œuvre dans des écoles de deux communes de l'agglomération de Rennes Métropole. Une enquête est menée auprès de 90 familles et répétée sur deux périodes scolaires (CM2 et 6^e). Dans chaque famille, un enfant et un parent passent trois phases d'enquête : d'abord, ils sont équipés d'un capteur GPS pour enregistrer l'ensemble de leurs positions géographiques, puis, ces traces sont enrichies au cours d'un entretien pour qualifier les modes de transport, les accompagnements, les activités et pour renseigner les rapports à l'espace, l'autonomie, la socialisation et les attitudes parentales. Enfin, une dernière phase permet d'observer le vécu des enfants en situation de mobilité sur le trajet école-domicile.

Résultats majeurs

Suivant les tendances actuelles, les enfants enquêtés se déplacent majoritairement accompagnés et souvent en voiture. Le passage au collège marque une hausse de l'indépendance dans les trajets à la faveur de modes actifs, mais des nuances apparaissent selon le genre de l'enfant (i.e. les filles utilisent moins les modes actifs) et le contexte (i.e. l'indépendance augmente plus fortement en milieu urbain). Être capable de se déplacer seul s'accorde aussi avec la capacité de faire face à des situations inattendues auxquelles les enfants réagissent variablement selon les styles éducatifs des parents. Si les enfants passent beaucoup de temps dans des lieux programmés pour leurs activités, des situations spontanées émergent montrant l'importance des pratiques informelles dans l'espace public. Enfin, les sensibilités des enfants à l'environnement participent au développement de compétences (cognitives, gestuelles, émotionnelles) pour se déplacer. En conclusion, l'autonomie des enfants relève de la capacité à s'adapter à des situations nouvelles et à développer ses propres expériences. Ceci nécessite que l'enfant chemine dans des espaces qui facilitent l'accès aux activités et favorisent des expériences plus informelles. S'intéresser à la mobilité des enfants contribue à porter une attention

particulière à la qualité des espaces urbains, à leur potentiel récréatif, socialisant et autonomisant.

Sur le plan méthodologique, le programme livre un dispositif de collecte et traitements de données incluant des capteurs GPS (traces brutes), une plateforme de stockage et prétraitements, un questionnaire d'enrichissement (traces sémantiques et narratives) sur dispositif mobile et un protocole de parcours commentés (traces sensibles). Enfin, des outils d'analyse statistique et de visualisation des traces ont été conçus pour faciliter l'exploration des patterns d'activité et de mobilité.

Production scientifique et valorisation

Depeau S., et al. (2023) When children move to middle school: a small transition or a major change in their daily travel autonomy?. *Articulo - Journal of Urban Research*.

Audas N., et al. (2023) Les expériences sensibles enfantines dans le processus d'autonomisation. *Strenæ*.

Chardonnel S., et al. (2021) La trace : notion partagée pour une recherche interdisciplinaire sur la mobilité des enfants. *EspacesTemps.net*.

Duroudier S., et al. (2020) Diagnostic qualité et apurement des données de mobilité quotidienne issues de l'enquête mixte et longitudinale MOBIKIDS. *Revue Internationale de Géomatique, Lavoisier*, 30 (1-2), pp. 127-148.

Moreau C., (2021) Fouille de séquences de mobilité sémantique : sur l'élaboration de mesures pour la comparaison, l'analyse et la découverte de comportements, Thèse de doctorat en informatique de l'Université de Tours.

Début du projet : 2017 | Durée : 42 mois

Financement ANR : 501 473 €

Partenaires

Université de Grenoble Alpes | ENSA Grenoble | Université Tours | ALKANTE SAS | IRF TRACK SAS

Coordination

Sandrine Depeau – CNRS –
mobikids@services.cnrs.fr

Illustrations des déplacements et des lieux fréquentés par les familles. La visualisation en 3D représente le nombre cumulé de parents (cube bleu) et d'enfants (orange) présents dans un lieu.

© S. Depeau, C. Kerouanton, A. Lepetit, B. Mericskay, CC-BY-NC-ND 4, projet MOBIKIDS.



MoDe

Motifs de démotorisation dans les aires urbaines françaises

Rappel des objectifs

Au regard des enjeux sanitaires, énergétiques et climatiques, la perspective de quartiers ou de villes sans voiture ou avec un nombre réduit de voitures, commence à être envisagée par les autorités publiques. Le projet MoDe s'est intéressé aux enjeux de la démotorisation en France. La recherche s'est appuyée sur des données nationales et sur trois enquêtes : la première, par questionnaire, auprès de 2 000 ménages français, et les deux autres par entretiens biographiques auprès d'une cinquantaine de ménages démotorisés et d'acteurs publics en charge des politiques de transport et d'aménagement. Les entretiens ont ciblé quatre aires urbaines (Paris, Lyon, Bordeaux et Dijon).

Résultats majeurs

La démotorisation est très minoritaire (moins de 8 % des ménages français chaque année) et ne connaît pas d'augmentation. Elle est majoritairement liée à des situations fortement contraintes : pauvreté, absence de permis de conduire après le décès du conjoint, diminution de la taille du ménage, ou encore problèmes de santé. Néanmoins, les situations de démotorisation « choisie » sont en légère augmentation ces dernières années. Elles concernent surtout des ménages plutôt aisés habitant au centre d'une grande aire urbaine, notamment Paris.

L'analyse des processus de démotorisation confirme l'influence de facteurs subjectifs (comme le rapport à la voiture), des modalités de socialisation à la mobilité, et de certains événements biographiques : divorce, déménagement, passage à la retraite, etc. La démotorisation opère souvent sur des temporalités longues, actant des changements réalisés en amont dans l'organisation du quotidien. Aussi, si l'on veut inciter les ménages à se démotoriser, il faut les accompagner vers une reconfiguration de leur quotidien autour d'un format praticable sans voiture (ou avec une seule voiture), et cibler en priorité certaines étapes clés de leur cycle de vie.

Au plan politique, la démotorisation est devenue, dans les centres de certaines grandes métropoles, un marqueur de projets locaux, qui

s'introduit dans les politiques d'urbanisme et fait évoluer le métier des opérateurs urbains (aménagement et stationnement). En revanche, les politiques de restriction de l'usage de la voiture sont très peu envisagées dans des territoires moins denses où la voiture reste vue, par les usagers comme les acteurs publics, comme incontournable. Ces constats montrent l'urgence de mettre en œuvre des politiques d'aménagement et des alternatives à la voiture individuelle crédibles dans les territoires moins denses.

Production scientifique et valorisation

Belton Chevallier L., Cacciari J., Aguilera A. (2023) Demotorization and space: The influence of spatial factors on car-dependency reduction in France. *Urban Planning*, 8(3), pp. 6-13.

Emery J., Motte B., Hivert L. (2021) Motifs de démotorisation des actifs et retraités dans les aires urbaines françaises: premiers résultats statistiques de l'enquête MoDe. *RTS-Recherche Transports Sécurité*, 18 p.

Korsu E., Aguilera A., Proulhac, L. (2021) La vie après-voiture, ou comment les ménages démotorisés s'adaptent à un quotidien sans voiture personnelle. *RTS-Recherche Transports Sécurité*, 13 p.

Thébert M., Jégou A. (2024) Sous les parkings, la plage ? La démotorisation des ménages comme nouvel horizon des politiques locales. *Espace, Population, Sociétés*, à paraître.

Début du projet : 2017 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 375 611 €

Partenaires

Université Gustave Eiffel | Université de Bourgogne

Coordination

Anne Aguilera – Laboratoire Ville Mobilité Transport (LVMT),

Université Gustave Eiffel –

anne.aguilera@univ-eiffel.fr



NewMob

Nouvelles mobilités : comportements et interactions avec les autres usagers

Rappel des objectifs

La prise de conscience environnementale et la volonté des politiques de planification urbaine en faveur des villes « propres » font évoluer la mobilité urbaine. Cela se traduit par le développement de nouveaux usages de mobilités utilisant de nouvelles générations d'engins : trottinettes électriques, vélo à assistance électrique (VAE) et gyroroues. La multiplication de ces engins au côté des modes de déplacement classiques entraîne de nouvelles situations de mobilité et de nouvelles situations à risque.

Les chiffres montrent une augmentation des accidents pour ces usagers (ONISR, 2020). Chez les cyclistes, on note une hausse de 7 % des accidents entre 2018 et 2019 (5 % de ces accidents impliquent un VAE). Sur la même période, on note une augmentation de 17 % du nombre de blessés et 13 % des morts. Sur la période 2010-2019, le nombre de morts est en hausse de 34 % pour ces usagers.

Ces nouvelles mobilités inquiètent les pouvoirs publics et font émerger un besoin de redéfinir le partage des voies autorisé ou imposé par ces usagers.

Ce projet vise ainsi une meilleure compréhension des nouvelles situations de mobilité tant du point de vue des usages que des risques. Le projet s'appuie sur une approche pluridisciplinaire associant des tests sur la dynamique des véhicules, des données recueillies en situation réelle et des simulations en réalité virtuelle.

Résultats majeurs

Le projet est actuellement dans sa phase de recueil de données. Les résultats attendus sont des connaissances sur : (i) l'usage des capacités dynamiques de ces véhicules et les comportements de conduite (vitesses, accélérations, styles de conduite, etc.) ; (ii) les processus cognitifs de ces usagers et leurs stratégies de gestion de la sécurité ; (iii) la cartographie (zone de mobilités, aménagements) et la caractérisation (nature, occurrence, facteurs, etc.) des situations à risque de ces usagers. La compréhension des nouvelles situations de mobilité ne

s'arrête pas au comportement des usagers de ces nouvelles mobilités : il est nécessaire de considérer la situation globale de conduite, c'est-à-dire en intégrant les autres usagers de la route au moyen d'environnements virtuels. Les résultats attendus portent sur les processus cognitifs et les déterminants du risque des autres usagers : les automobilistes, les piétons, etc. Ces résultats permettront d'aboutir à un modèle du comportement dans ces nouvelles situations, modèle qui fait défaut actuellement et qui est pourtant nécessaire en vue de concevoir des infrastructures, des réglementations ou des formations qui soient adaptées et efficaces. Les retombées applicatives porteront sur l'amélioration de la sécurité des usagers cibles et des autres usagers, tout en accompagnant le développement des mobilités actives.

Production scientifique et valorisation

Naude C., *et al.* (2023) Braking and acceleration capabilities of e-bicycles, e-scooters and e-monowheels, *31st Annual Congress of the European Association for Accident Research and Analysis (EVU)*, Limassol-CYPRUS, 5-7 octobre 2023, 9 p.

Naude C., *et al.* (à paraître) Powered Micromobility on the Edge: The Reality of Critical Interactions with Other Road Users, *10th conference TRA (Transport Research Arena)*, Dublin-IRELAND, 6 p.

Début du projet : 2021 | Durée : 42 mois
Financement ANR : 830 148 €

Partenaires

Université Gustave Eiffel | MOVIDA Production | Ergocentre

Coordination

Philippe Cabon – Université Paris Cité –
philippe.cabon@u-paris.fr

Instrumentation embarquée pour le suivi des usagers de trottinettes.

© UGE, LMA-ERGOCENTRE, projet NewMob.



RED

Les Risques Emergents de la mobilité Durable

CHAPITRE 3 | MOBILITÉ DOUCE

Rappel des objectifs

Freiner le système automobile et promouvoir des alternatives pour s'orienter vers un système de transport et de déplacements écologiquement soutenable est une priorité politique affichée à toutes les échelles de gouvernement (locale, nationale, internationale).

Si légitimes qu'elles soient d'un point de vue écologique, ces inflexions peuvent générer de nouveaux dysfonctionnements et de nouveaux risques au sein du système de circulation.

Or, il semble que la grandeur de la justification écologique relègue au rang d'impensés et d'angles morts les dysfonctionnements et risques émergents induits par les nouvelles politiques de mobilité durable. Grâce à la compréhension fine et territorialisée de l'évolution des usages et des pratiques de mobilité, il s'agit donc d'interroger l'efficacité mais aussi la légitimité des politiques contemporaines en faveur de la mobilité durable au prisme de trois risques : leur rôle par rapport au processus d'intensification de la spécialisation urbaine, leur effet dans le champ de la cohésion sociale et des inégalités, leur impact en termes de conflits d'usage et de sécurité des déplacements.

Ainsi, les recherches conduites analysent l'action publique territoriale et le déploiement spatialisé des objets et des aménagements de la mobilité durable, de leur phase de conception jusqu'à celle de leur réalisation et de leur mise en œuvre effective. Fédérant des géographes, des économistes, des aménageurs-urbanistes, des politistes, des psychologues, des ingénieurs en transport, ce projet mobilise les méthodes et cadres d'analyse des sciences humaines et sociales au service de cette approche territorialisée de la mobilité durable. Trois agglomérations, Marseille, Strasbourg et Caen, ont été observées. En complément, en contrepoint et en comparaison, d'autres territoires ont néanmoins été étudiés.

Résultats majeurs

Les analyses territoriales conduites, par leur accumulation et leurs croisements, fournissent plus qu'une somme d'études de cas. Se dégagent en effet des recherches menées quelques tendances lourdes et enseignements généraux.

Ces travaux défendent l'idée que l'impératif d'attractivité et l'intensité des flux qui caractérisent nos sociétés urbaines jouent en défaveur d'une mobilité plus socialement et écologiquement soutenable. Ils

mettent en lumière, aussi, les incohérences de ces politiques souvent propices à des conflits d'usages sur les espaces publics. Mobilisant le concept d'ergonomie spatiale et ses outils, ils révèlent enfin que les marges de manœuvre des citoyens pour changer de mode de déplacement sont inégalement réparties selon leur situation dans l'espace urbain.

Production scientifique et valorisation

Reigner H., Brenac T. (2021) Les faux-semblants de la mobilité durable. Risques sociaux et environnementaux, Presses de la Sorbonne, collection Mobilité et société.

Fournier J.-Y., et al. (2016) Sécurité des piétons dans les rues équipées de couloirs réservés aux bus, *Recherche Transports Sécurité*, vol. 2016, no1/2, pp. 27-42.

Propeck-Zimmermann E., et al. (2018). Mapping and assessing territorial resilience through Spatial Ergonomics, *International Journal of Cartography*, 4(1), pp. 104-122.

Reigner H., Brenac T. (2019) Safe, sustainable... but depoliticized and uneven – A critical view of urban transport policies in France, *Transportation Research Part A*, 121, pp. 218-234.

Clabaux, N., Prix du « CNRS Images » 2016, concours Filmer sa recherche : « Se faufiler dans les embouteillages : quels risques pour les usagers des deux roues motorisés ? ».

Reigner H., France Culture, émission *Du Grain à Moudre*, « Faut-il chasser les voitures des villes ? », 23 août 2017.

Début du projet : 2014 | Durée : 60 mois

Financement ANR : 295 467 €

Partenaires

Université Gustave Eiffel | Université de Caen Basse Normandie | CNRS

Coordination

Hélène Reigner – Université d'Aix-Marseille – helene.reigner@univ-amu.fr

Photomontage réalisé à partir de documents de communication produits par les collectivités locales présentant des projets en faveur de la mobilité durable.

© F. Hernandez, B. Romeyer, projet RED.



URFE

Aménagement de l'espace urbain et mobilités à faible impact environnemental

Rappel des objectifs

Depuis quelques années, on assiste au développement de modes de déplacements recourant à des engins légers non motorisés ou à moteur électrique de faible puissance : vélos, vélos à assistance électrique, trottinettes électriques et autres engins de déplacement personnels. Cette évolution est en partie encouragée par les politiques publiques – concernant les cycles – et résulte également de l'émergence d'un marché (trottinettes électriques) et de nouveaux services développés par des opérateurs privés (*free floating*). URFE traite de l'hospitalité de l'espace urbain vis-à-vis de cette mobilité individuelle à faible impact environnemental, qui semble confrontée à divers obstacles : (i) des problèmes de sécurité persistants ; (ii) l'inadéquation des espaces urbains aux caractéristiques de ces modes et aux aspirations de leurs usagers ; (iii) une action publique qui, tout en cherchant à encourager les alternatives à l'automobile, doit faire face aux bouleversements apportés par ces pratiques émergentes, et leurs nouveaux acteurs. Il s'agit de mieux comprendre ces obstacles et les moyens de les surmonter. Le projet s'appuie sur des études de terrain, l'analyse de cas d'accidents, des enquêtes auprès des usagers et des acteurs publics de l'aménagement urbain, et ce, dans le cadre d'analyses spatialisées multi-échelles en accordant une large place aux spécificités des territoires étudiés : les métropoles de Marseille, Lyon, Strasbourg, et l'agglomération de Lausanne.

Résultats majeurs

Le premier volet du projet s'intéresse aux usagers de ces modes individuels légers et à leurs pratiques. Le volet 2 interroge le « potentiel d'accueil » du territoire dans ses dimensions relatives aux espaces publics, aux systèmes de déplacements, à l'intermodalité et à l'ergonomie spatiale. Le volet 3 s'intéresse enfin au rôle que peuvent tenir les acteurs pour infléchir ce potentiel d'accueil, dans le sens d'un territoire plus hospitalier vis-à-vis des pratiques, des modes de vie, des attentes et aspirations de ses habitants, favorisant ainsi la contribution de ces formes de mobilité à un développement plus soutenable. Le consortium est pluridisciplinaire et associe des agences d'urbanisme. Les enquêtes conduites auprès de plusieurs centaines de cyclistes sur les terrains de Lyon et de Marseille ont permis de mieux connaître les itinéraires empruntés par les cyclistes et les lieux

de collision et de chute. Les analyses suggèrent que l'usage des aménagements cyclables, tels qu'ils sont conçus actuellement, ne diminue pas sensiblement le risque d'accident. L'étude détaillée de plusieurs centaines de cas d'accidents a permis de décrire les principaux scénarios types d'accidents et d'en tirer des enseignements pour une conception plus sûre des voies cyclables. Concernant les usagers de vélos à assistance électrique, les analyses conduites n'ont pas permis de mettre en évidence une accidentalité particulière.

Production scientifique et valorisation

Clabaux N., *et al.* (2021) Sécurité des usagers de vélos à assistance électrique en ville. Similitudes et dissemblances avec les utilisateurs de vélos traditionnels. *Recherche transports sécurité*, vol.2021, 16 p.

Pillonnet P.J., *et al.* (2023) Collision and fall rates by regular cyclists on bicycle facilities. *Transportation Research Procedia*, volume 72, pp. 3832-3836.

Rabaud M., Richer C. (2022) Quand les engins de déplacement personnel transforment la mobilité urbaine, in : Cerema, *Les mobilités décarbonnées : un défi global*. Ed. Ceremma, Coll. Les Dossiers, pp. 59-62.

Richer C., Rabaud M. (2022) Le retour du vélo dans les métropoles ?, in : Cerema, *Mobilités du quotidien. Comprendre les années 2010-2020 pour mieux appréhender demain*. Ed. Cerema, coll. Références, pp. 96-103.

Début du projet : 2020 | Durée : 50 mois

Financement ANR : 410 238 €

Partenaires

CNRS | Université d'Aix-Marseille | Université de Caen Bassel | Normandiel | Ceremal | Université de Lausanne (Suisse)

Coordination

Frédérique Hernandez – Université Gustave Eiffel – frederique.hernandez@univ-eiffel.fr

Réaménagement d'une artère urbaine intégrant un réseau dédié aux modes individuels légers.

© C. Richer, projet URFE.



VEL'INNOV

Les vélos en libre-service automatisé. Un système socio-technique innovant et ses appropriations sociales

Rappel des objectifs

Le projet VEL'INNOV s'intéresse à l'innovation sociotechnique que représentent les systèmes de location instantanée de vélos en libre-service (VLS) urbains. Il repose sur un partenariat associant un consortium de six laboratoires de l'université de Lyon et de l'École Polytechnique de Montréal, un opérateur industriel international (JCDecaux Cyclocity) et une collectivité locale (le Grand Lyon).

Le consortium de recherche rassemble un large faisceau de disciplines et compétences scientifiques (économie des transports, sociologie, géographie et géomatique, physique statistique et des systèmes complexes, traitement statistique du signal, fouille de données, informatique). Vélo'v, le service de location de VLS opérationnel depuis 2005, est l'un des premiers systèmes de ce type mis en place par Cyclocity. La pertinence de nos résultats a été analysée par comparaison aux systèmes de VLS Bixi à Montréal (Canada) et à VLS Cyclocity à Valence (Espagne).

Ce projet de recherche s'est donné comme objectifs : (i) la caractérisation du VLS comme système sociotechnique évolutif et sa modélisation ; (ii) l'analyse des modes d'appropriation individuels et collectifs de cette innovation sociotechnique et les mutations des pratiques et des représentations qui l'accompagnent ; (iii) l'élaboration, sur cet objet particulier, d'un ensemble d'outils et de méthodes statistiques fondé sur l'analyse des systèmes complexes et la mise en place d'un dispositif spécifique de collaboration interdisciplinaire.

Résultats majeurs

Le projet VEL'INNOV sur les systèmes VLS (notamment sur Vélo'v et Bixi) met en évidence finement, et permet de mieux comprendre les rythmes temporels et spatiaux d'usage de ce type de système, en associant de manière automatique des quartiers de ville à des usages. Des méthodes originales d'analyse ont été développées, notamment la mise au point d'un prototype de web mapping interactif grâce aux outils et techniques SIG utilisées. L'élaboration de modèles de génération de la demande journalière en VLS selon l'environnement socio-économique des stations a également contribué à cette meilleure compréhension des usages des VLS. Ces modèles ont été valorisés dans les études de développement de Vélo'v pour le Grand Lyon. L'analyse des usages et des usagers a permis de dégager les modalités

et obstacles à l'adoption du VLS, notamment selon le genre et l'âge. L'intégration de Vélo'v dans la panoplie des modes de déplacements (à travers l'abonnement annuel) est liée à une certaine proximité résidentielle aux stations. Toutefois, la prédisposition des individus aux positions sociales plus élevées à utiliser le système de VLS interroge les politiques publiques.

La comparaison de trois villes équipées de systèmes de VLS (Lyon, Valence, Montréal) a mis en évidence des similitudes remarquables quant aux catégories d'usagers, selon leur intensité et leur régularité d'usage, depuis des usagers très intensifs, jusqu'aux usagers très occasionnels du VLS, y recourant comme mode d'appoint.

Production scientifique et valorisation

Raux C., *et al.* (2017) Who are bike sharing schemes members and do they travel differently? The case of Lyon's "Vélo'v" scheme, *Transportation research part A: policy and practice*, 106, pp. 350-363.

Hamon R., *et al.* (2016) Extraction of the Temporal Network Structures From Graph-Based Signals, *IEEE Transactions on Signal and Information Processing over Networks*, 2(2), pp. 215-226.

Borgnat P., *et al.* (2013) A Dynamical network view of Lyon's Vélo'v shared bicycle system», in Mukherjee A., *et al.* *Dynamics On and Of Complex Networks*, Volume 2: Applications to Time-Varying Dynamical Systems. Springer, pp. 267-284.

Huré M. (2015) Entre alternatives et entrepreneurialisme, le renforcement des pouvoirs politiques urbains. Gouverner les vélos en libre-service en Europe (1965-2010), *Métropoles*, n° 15.

Début du projet : 2013 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 293 675 €

Partenaires

Decaux Cyclocity | ENS de Lyon | INSA Lyon | Grand Lyon

Coordination

Charles Raux – CNRS –
charles.raux@let.ish-lyon.cnrs.fr



Vélo'v, le service de location de VLS du Grand Lyon.
© Projet VEL'INNOV.

Velotactique

De l'urbanisme tactique cyclable au changement durable : une comparaison internationale des politiques publiques et des pratiques en contexte de pandémie

Rappel des objectifs

La pandémie de Covid-19 a incité les pouvoirs publics à repenser l'usage de l'espace public afin de développer des moyens de transport efficaces et adaptés au contexte sanitaire. Redoutant une désertion des transports en commun et un report massif vers l'automobile, les personnels politiques et territoriaux d'Europe, d'Amérique du Nord et du Sud se sont tournés vers les modes actifs, dont le vélo, apparu comme un véhicule adapté pour assurer une distance physique suffisante.

L'objectif de Velotactique a été de collecter des données qui apportent aux praticiens comme aux chercheurs des éléments de connaissance sur la mise en œuvre et la réception de l'urbanisme tactique cycliste en se basant sur un travail comparatif mené dans sept métropoles françaises, deux métropoles suisses, et à Montréal et Bogotá.

Velotactique s'est appuyé sur une approche exploratoire et comparative, et a collecté et analysé de nombreuses données sur les politiques, leurs évolutions, leur réception auprès des usagères et usagers.

Le programme de travail de Velotactique s'est structuré autour de trois tâches complémentaires, chacune permettant d'associer les différents sites et partenaires : (i) une analyse des politiques publiques au sein des métropoles étudiées ; (ii) la cartographie évolutive des pistes cyclables et des flux et fréquentation des pistes ; (iii) l'observation de la réception des aménagements et mesures auprès des cyclistes sous la forme d'entretiens embarqués et de la passation d'un questionnaire.

Résultats majeurs

Velotactique a montré la force politique des infrastructures et leur effet d'entraînement. La dynamique impulsée pendant la pandémie se poursuit dans la plupart des villes étudiées et les pistes cyclables qui n'ont pas été pérennisées après la pandémie ont été réaménagées de façon à être intégrées dans le réseau cyclable favorisant l'usage du vélo depuis les périphéries vers les centres selon un réseau en étoile. La fréquentation des « coronapistes » dépend fortement de l'appréciation du confort, de la sécurité et de la sûreté de la piste par les cyclistes, laquelle varie selon le contexte, le type d'aménagement et

leur expérience. Les attentes et les insatisfactions produites par les aménagements transitoires nous renseignent sur l'importance de prendre en compte la diversité des usages lors de la conception comme la qualité matérielle et l'entretien, invitant à penser la politique cyclable dans sa globalité.

Des constats conduisent à postuler que plus une ville souhaite devenir cyclable, plus elle doit proposer des formes différentes d'aménagements afin de favoriser plusieurs niveaux et types de pratiques, invitant ainsi à conceptualiser une offre de voirie tenant compte des inégalités sociospatiales et des différences culturelles. De nouvelles recherches portant sur une meilleure prise en compte de ces dimensions dans les politiques incitant au changement dans les pratiques de déplacement sont à réaliser.

Production scientifique et valorisation

Ortar N., Rérat P. (2024) *Cycling through the pandemic*, Springer.

Ortar N., *et al.* (2022) Comment les coronapistes ont influencé les pratiques cyclistes, *Espaces politiques*, [En ligne], 47-48.

Rérat P., *et al.* (2022) Cycling in the Era of Covid-19: The Effects of the Pandemic and Pop-up Cycle Lanes on Cycling Practices. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 15, p. 100677.

Début du projet : 2020 | Durée : 12 mois

Financement ANR : 149 593 €

Partenaires

Université de Besançon | Université Gustave Eiffel
Université Grenoble Alpes | Université de Rennes 2 |
Université Paul Valéry – Montpellier 3 | Université du Québec (Canada) | Université de Lausanne (Suisse)

Coordination

Nathalie Ortar – ENTPE –
nathalie.ortar@entpe.fr



Rond-point du pont Bocuse, Collonges-au-Mont-d'Or, avril 2021.

© N. Ortar, projet Velotactique.

VQM

Des villes qui marchent : Tendances durables en santé, mobilité et urbanisme

Rappel des objectifs

La sédentarité et les problèmes de santé liés à l'obésité augmentent de façon alarmante en Europe et dans le monde. Ces tendances peuvent s'expliquer en partie par la réalisation croissante d'infrastructures urbaines favorisant des moyens de locomotion ne mettant pas notre corps à contribution. Cette pratique se généralisant en milieu urbain, la mobilité est devenue un enjeu majeur concernant l'environnement construit et la durabilité des infrastructures et leur impact sur la santé publique. À l'heure où l'élaboration de nouveaux principes de planification urbaine s'impose, ces tendances ne peuvent pas rester sans réponse, car elles sont les principales responsables de la consommation excessive de sol et autres ressources non renouvelables, et produisent des effets négatifs sur la qualité de vie.

Il existe aujourd'hui une prise de conscience croissante de l'influence de la conception de l'environnement construit sur la mobilité, en particulier, sur les pratiques locales de la marche à pied et sur le niveau d'activité physique des habitants.

La mobilité douce, basée sur la force musculaire des individus, et en particulier la marche à pied, apparaît comme un moyen efficace et bon marché pour, d'une part, diminuer la charge croissante posée par la sédentarité et les problèmes liés à l'obésité sur les coûts de la santé individuels et collectifs, et d'autre part pour réduire les nuisances du trafic et améliorer le cadre de vie dans les zones urbaines. Les stratégies visant un développement urbain durable devraient s'appuyer sur ces éléments.

Résultats majeurs

Au terme de l'étude, nous avons pu relever :

- un ensemble de mesures de promotion de la marche adaptées au contexte de nouveaux quartiers péri-centraux. Ces mesures doivent s'appuyer sur une démarche intégrée combinant planification urbaine et politique de mobilité. Ces mesures étant facilement transférables d'un contexte à un autre, leur reproductibilité permet de garantir une diffusion rapide dans d'autres villes ;
- des pratiques exemplaires et des standards de référence à l'aide desquels d'autres villes pourront mesurer leurs propres initiatives concernant la promotion de la mobilité douce ;

- des stratégies et des recommandations pour une planification urbaine plus durable, intégrant les modes actifs et assurant les gains pour la promotion de la santé.

Les études de cas fournissent une valeur ajoutée immédiate en illustrant de manière concrète les mesures identifiées dans les villes étudiées. Ces « meilleures pratiques » pourront être implémentées dans d'autres villes françaises, suisses ou européennes au profil similaire. Les standards de référence qui ressortent de cette étude sont utiles aux professionnels, aux politiciens et aux fonctionnaires administratifs en charge de la planification, de la mise en œuvre de l'aménagement de nouveaux quartiers ou de la rénovation de quartiers existants.

Production scientifique et valorisation

Lavadinho S., Winkin Y. (2008) Du marcheur urbain, *Urbanisme*, 359, pp. 44- 49.

Thomas R. (2010) *Marcher en ville. Faire corps, prendre corps, donner corps aux ambiances urbaines*, Archives contemporaines, 196 p.

Thomas R., et al. (2010) L'aseptisation des ambiances piétonnes au XXIe siècle. Entre plasticité et passivité des corps en marche, PIRVE CNRS MEDDN Cresson, rapport n°78, 124 p.

Winkin Y., Lavadinho S. (2008) Enchantment Engineering and Pedestrian Empowerment: The Geneva Case, in Tim Ingold T., Vergunst L. (eds.), *Ways of Walking. Ethnography and Practice on Foot*, Aldershot, Ashgate, pp. 155 167.

Début du projet : 2005 | Durée : 24 mois

Financement ANR : 200 000 €

Partenaires

École d'Architecture de Grenoble | Université de Genève (Suisse) | Urbaplan | Équiterre

Coordination

Yves Winkin, Sonia Lavadinho – ENS Lyon –
sl@bfluid.com



© Adobe Stock.

Chapitre 4

CIRCUIT COURT

Marc Dumont (TVES)

Depuis l'ère industrielle, tout en concentrant l'innovation et les moteurs de la productivité, les villes n'ont eu de cesse de consommer de manière exponentielle d'immenses quantités de ressources présentes ou produites ailleurs que sur leur territoire. Cette dimension prédatrice des villes et des métropoles pour subvenir à leurs besoins, à leur fonctionnement productif, en soutien au principe d'accumulation d'un capitalisme de plus en plus extractiviste, a été accélérée à travers deux transformations. D'abord, via un découplage entre villes et campagnes, engagées sur des trajectoires divergentes notamment en raison de l'intensification, de la modernisation et de l'internationalisation de l'agriculture, de l'introduction d'engrais chimiques et de l'avènement de systèmes techniques modernes de gestion des excréments urbains et du développement de l'industrie. Puis, l'accentuation de la mondialisation, sur la base d'une économie linéaire largement dominante, a produit de très fortes segmentations entre des espaces de production, de transformation et de consommation, induisant de manière exponentielle des flux de circulations liés à ces chaînes de création de valeur par ailleurs de plus en plus fragmentées. Ce régime linéaire, couplant métropolisation et mondialisation, perturbant les cycles biogéophysiques, a impliqué une colonisation d'espaces ressources lointains (télécouplage) destinés prioritairement aux gigantesques besoins d'espaces urbains en croissance, que ce soit de ressources en eau, en aliments, en matériaux de construction et en terres rares, en énergie, et générant en sortie d'immenses quantités de déchets eux-mêmes réinscrits dans des flux internationaux de valorisation. Dans une approche globale, les mesures de l'empreinte écologique se proposent d'appréhender les quantités autant que les

impacts de ces consommations.

Trois crises cumulées sont venues ébranler successivement cette dynamique des systèmes urbains : écologique, sanitaire et géopolitique. Des dépendances très fortes sont apparues en termes d'approvisionnement de matières premières autant que d'aliments, ainsi que des fragilités face à des ressources rares en eau ou d'épuisement des sols. Les politiques publiques ont affiché des objectifs de relocalisation, de réindustrialisation, de ré-agricolisation de leur territoire. Sur la base de mesures de l'empreinte écologique, la recherche scientifique s'est intéressée de manière croissante aux enjeux des métabolismes urbains ou territoriaux à mesurer les larges flux impliqués par la vie des sociétés urbaines, à identifier des marges de progression (dématérialisation) et des scénarios d'alternatives en matière de politiques publiques au service d'une possible ville circulaire. À partir de méthodologies basées sur des bilans comptables de matières et des analyses de cycle de vie (ACV), les recherches ont visé à quantifier les flux en circulation dans les systèmes urbains pour appuyer des stratégies d'économie circulaire, sur des niveaux d'analyse (échelles) distincts. À l'échelle large d'une ville ou d'une métropole, **SYRACUSE** (page 115) teste ainsi, sur la base d'études quantitatives, des méthodologies multiscalaires et multiflux du métabolisme urbain pour appuyer la mise en œuvre de symbioses urbaines, une figure qui a exercé une fascination certaine dans les recherches en écologie industrielle et territoriale mais dont la capacité de transposition reste cependant discutée.

De manière plus sectorielle, les recherches questionnent aussi la possible transformation des systèmes alimentaires des métropoles.

Dans le cas de Montpellier (**URBALIM**, page 116), les résultats proposent une évaluation de la durabilité des formes d'approvisionnement alimentaire, des méthodologies pour mieux appréhender le rapprochement des lieux de production et de consommation, et répondre pour partie aux enjeux d'approvisionnement.

À une échelle plus réduite, se pose l'enjeu de quantifier également les stocks de matériaux, de déchets générés par les projets urbains, et d'évaluer leur impact environnemental, d'appuyer les gouvernances des projets dans leurs choix en vue de développer des stratégies d'économie circulaire (**CREATE**, page 113). D'autres résultats insistent sur l'intérêt d'introduire la variable temporelle de ces consommations (**ACV Quartiers**, page 112) notamment dans le cadre des écoquartiers, permettant de réguler ou d'optimiser sur la base de la connaissance des consommations horaires et du développement d'ACV dynamiques, des modèles de gestion économe des sols ou de minimiser l'empreinte environnementale de la production d'énergie. Sur des échelles encore plus fines, du chantier et de ses interfaces avec le reste de la ville (**FURET**, page 114), les résultats démontrent les capacités de réglages à ces échelles, de métabolismes perturbés, et de minimiser les impacts des transformations urbaines.

Si l'entrée par le métabolisme s'est imposée comme un nouveau paradigme précieux pour travailler sur la durabilité des systèmes urbains, elle a ouvert un immense gisement de recherches à investir avec quelques limites à souligner. La première limite serait de substituer sur la base d'une approche technocentrée du métabolisme, un nouveau paradigme métabolique au modèle de la *smart city*, visant la rationalisation des consommations, l'optimisation d'écosystèmes urbains, davantage que l'impulsion de

stratégies de transformation par dématérialisation ou décroissance au service d'une transition socio-écologique ambitieuse et nécessaire. Une autre limite serait, dans une quête d'outils d'aide à la décision, de manquer l'articulation encore à construire entre la connaissance et la production de données et la traduction souvent peu efficiente en politiques publiques de circularisation dépendantes de leurs échelles d'exercice et de légitimité.

Des recherches sur les données croisées, à des échelles multiples restent ainsi à construire avec des verrous scientifiques majeurs liés entre autres à l'accès aux univers économiques (privés) de production de ces données, qui sont souvent aussi stratégiques (concurrence entre opérateurs de gestion de déchets industriels, par exemple). La part des données maîtrisées (notamment par l'action publique) reste trop faible, les données peu disponibles ou peu construites localement notamment à l'échelle des métropoles, contraignant à procéder par forçage de statistiques nationales ou régionales, par extrapolation. Enfin, les interdépendances multiples dans lesquelles s'insèrent les villes, requièrent de dépasser le seul prisme méthodologique de l'analyse des relations fonctionnelles ville/campagne et des potentiels de transformations de celles-ci pour investiguer des modèles de gouvernance et de coopération multiscales et interterritoriales.

ACV Quartiers

Aide à l'éco-conception des quartiers par l'analyse de cycle de vie

Rappel des objectifs

La sensibilisation des collectivités locales aux problématiques environnementales a induit la création d'écoquartiers, sans que ce concept soit précisément défini. Or l'importance des risques, du niveau local au niveau planétaire, demanderait une gestion plus rigoureuse de ces problèmes. Dans ce contexte, l'analyse de cycle de vie (ACV) constitue un apport méthodologique pour aider les décideurs à réduire les impacts environnementaux des projets grâce à une démarche de conception appropriée. Le projet ACV Quartiers vise à améliorer les outils existants, et à tirer parti de ces outils pour mieux répondre aux besoins des utilisateurs. Il convient en particulier d'étudier les concepts de quartier à énergie positive en considérant leurs implications en termes de morphologie urbaine, de transports et de réseaux d'énergie. L'intermittence des productions et des consommations d'électricité doit être prise en compte, car les moyens de production, et donc les impacts environnementaux, évoluent dans le temps. L'énergie représente une part importante de certains impacts tout comme le changement climatique, l'épuisement des ressources, la santé et la biodiversité. Mais le projet concerne également les aspects liés à la consommation d'eau, l'occupation des sols, la fabrication des matériaux, leur traitement en fin de vie et leur recyclage éventuel.

Après l'analyse de quelques premières expériences d'écoquartiers, il s'agit d'élaborer un modèle incluant les bâtiments, les espaces publics (voiries, espaces verts, etc.) et les réseaux (eau, chauffage urbain, etc.), en tenant compte des aspects temporels. Des indicateurs environnementaux sont calculés de manière à exprimer une performance environnementale multicritère.

Résultats majeurs

Une chaîne logicielle a été développée et certains outils sont diffusés par un éditeur de logiciels (www.izuba.fr). Ces outils ont été appliqués à titre expérimental dans plusieurs études de cas, en particulier pour évaluer des concepts correspondant aux meilleures pratiques (quartier Vauban à Fribourg, Allemagne). Un projet concernant la Cité Descartes (Champs-sur-Marne) a ensuite été étudié. Dans cet exemple, des choix adaptés en termes de morphologie urbaine et de technologies permettent d'obtenir une performance environnementale au niveau des meilleures pratiques. Ces premières études de cas ont montré la faisabilité d'appliquer l'ACV comme aide à l'éco-conception des quartiers.

L'analyse de cycle de vie dynamique, effectuée au pas de temps

horaire, apporte un gain en précision non négligeable dans le cas étudié de maisons passives : une différence de 30 % est obtenue sur plusieurs indicateurs par rapport à une ACV statique au pas de temps annuel. La contribution de l'étape d'utilisation, en lien avec les aspects énergétiques, est importante quand une durée de vie réaliste est considérée pour les bâtiments (considérer 50 ans relève de l'obsolescence programmée). Ces travaux ont montré l'intérêt environnemental de projets passifs ou à énergie positive.

Les perspectives ouvertes par ce projet ont conduit à lancer plusieurs thèses pour affiner la modélisation du système électrique, la prise en compte du comportement des habitants, et la mise en œuvre de techniques d'optimisation.

Production scientifique et valorisation

Herfray G., Peuportier B. (2010) Life Cycle Assessment applied to urban settlements, *Proceedings of SB10mad Sustainable Building Conference*, paper C041, 28-30 April 2010, Madrid, Spain.

Herfray G., *et al.* (2011) Life cycle assessment applied to urban settlements and urban morphology studies, *Proceedings of CISBAT 2011*, 14-16 september 2011, Lausanne, Suisse.

Peuportier B., *et al.* (2012) LCA application in urban design, *International Symposium Life Cycle Assessment and Construction*, 11 juillet 2012, Nantes.

Herfray G., Peuportier B. (2012) Evaluation of electricity related impacts using a dynamic LCA model, *International Symposium Life Cycle Assessment and Construction*, 11 juillet 2012, Nantes.

Ce projet a permis de compléter la chaîne logicielle Pléiades par un module d'évaluation des projets urbains intégrant plusieurs bâtiments, des voiries, des réseaux et des espaces verts.

Début du projet : 2009 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 377 758 €

Partenaires

Vinci Construction France | ACT consultants associés | IZUBA Energies

Coordination

Bruno Peuportier – ARMINES, Mines ParisTech
bruno.peuportier@mines-paristech.fr



Quartier basse énergie
(quartier Vauban à Fribourg,
Allemagne).
© Projet AVC Quartiers.

CREATE

Embedding advanced urban material stock methods within governance processes to enable circular economy and cities resilience

Rappel des objectifs

Le projet CREATE vise à aider les collectivités territoriales et les acteurs du BTP à mettre en œuvre des stratégies d'économie circulaire dans leurs projets. Il s'agit plus particulièrement de développer une approche pour comprendre, estimer et visualiser les stocks et les flux de matériaux de construction et ressources secondaires (potentiels déchets de chantiers), ainsi que comparer l'impact environnemental de l'utilisation de ressources primaires (issues du milieu naturel) ou secondaires. Des laboratoires urbains sont déployés pour expérimenter des formes de gouvernance entre collectivités et acteurs des projets de construction et aménagement urbain. Il s'agit de Rennes Métropole (projets Bégassière et Technicentre), du quartier de la gare à Nijmegen (Pays-Bas), du parc immobilier de la ville de Göteborg (Suède). Le projet a pour objectifs de : (i) définir une méthodologie commune pour évaluer les stocks et les flux de matériaux de construction liés aux bâtiments et principales infrastructures (routes, eau potable et assainissement) ; (ii) développer des solutions de visualisation des stocks et des flux de matériaux ; (iii) évaluer les cas d'étude sélectionnés afin d'analyser les impacts liés à l'utilisation des matériaux (émissions de gaz à effet de serre, impacts socio-économiques, etc.) ; (iv) cocréer des dispositifs de gouvernance qui tiennent compte des différentes structures physiques, économiques et sociale, publiques et privées, et facilitent la prise de décision ; (v) améliorer la compréhension des freins et leviers par le biais d'une plateforme qui crée des interfaces science-citoyen-politique.

Résultats majeurs

Les activités du projet CREATE au cours de la première année ont porté sur la compréhension des pratiques actuelles et des besoins des *living labs* ainsi que sur l'état de l'art des méthodes et outils numériques d'analyse des stocks et flux de matériaux et de leur impact environnemental selon une approche de cycle de vie (ACV). Trois méthodes d'enquête complémentaires ont été croisées : (i) une revue de la littérature ; (ii) un questionnaire en ligne auprès des principaux acteurs de l'économie circulaire dans les trois *living labs* (47 réponses obtenues) ; (iii) des entretiens semi-dirigés avec les acteurs clés des *living labs* (11 représentants interrogés).

Ce travail a permis de définir le cahier des charges pour le développement de solutions adaptées aux contextes spécifiques des *living labs*. Ces recommandations ont été élaborées conjointement avec des représentants des collectivités partenaires et validées par ces derniers lors d'un atelier organisé en juin 2023 à Rennes.

Les travaux en cours ont permis de définir les premiers éléments de méthodologie d'analyse des stocks et flux de matériaux et de leur impact environnemental. Un modèle a été développé afin de comparer différents scénarios liés à un projet de construction ou aménagement. Il permet de prendre en compte des paramètres portant sur la conception du projet (choix de démolir ou réhabiliter par exemple) et sur le choix des matériaux (matériau primaire ou de réemploi par exemple). Le développement d'un outil numérique de visualisation a été lancé.

Production scientifique et valorisation

Augiseau V., *et al.* (2023) Stakeholder practices and needs, *Deliverable 2.1*. Report, 60 p.

Reynaud C., *et al.* (2023) Description of material and energy flows of urban building and infrastructure construction, *Deliverable 5.1*. Report, 83 p.

Début du projet : 2022 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 212 717 €

Partenaires

Université de Chalmers (Suède) | BRGM | Austrian Institute of Technology (Autriche) | Wageningen University and Research (Pays-Bas) | BEIA Consult International (Roumanie) | Municipality of Nijmegen (Pays-Bas) | Göteborgs Stad (Suède) | Brasov Metropolitan Agency for Sustainable Development (Roumanie)

Coordination

Vincent Augiseau – CitéSource – v.augiseau@citesource.fr



Poster du projet CREATE.
© Liu, Y., Lanau, M., Rosado, L., Wallbaum, H., 2023, projet CREATE.

FURET

Chantiersfurtifs urbains

CHAPITRE 4 | CIRCUIT COURT

Rappel des objectifs

Le projet FURET vise la définition et l'opérationnalisation de nouveaux modèles de furtivité des chantiers urbains et de minimisation des gênes. L'approche systémique adoptée du territoire tient compte des interactions complexes des chantiers avec leur contexte, les usages et fonctionnement urbains, et des différents acteurs politiques et techniques. Elle s'est concrétisée par des prototypes d'outils d'aide à la décision, associés à une démarche opérationnelle, ainsi qu'un benchmarking international, le tout structuré en 3 niveaux : (i) la « furtivité territoriale », qui s'adresse aux gestionnaires de l'espace public et aux maîtres d'ouvrage, et vise à planifier, dans l'espace et dans le temps, un flux de chantiers répartis sur l'ensemble du territoire urbain de manière à réduire les gênes et leur étalement ; (ii) la « furtivité de chantier », destinée aux maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre, afin d'optimiser l'organisation et la planification d'une opération de chantier dans un lieu et un temps donnés, en l'intégrant le mieux possible à son environnement urbain ; (iii) la « furtivité ciblée » qui propose des actions spécifiques à mener envers certaines populations (écoles, personnes âgées, commerçants, etc.) ou certains dispositifs particuliers qui viennent créer des points d'interface entre la vie du chantier et la ville (visites de chantiers, rencontres des riverains avec les équipes du chantier, petits aménagements et commodités temporaires, etc.)

Résultats majeurs

Sans imposer de bouleversement des procédures de travail des acteurs de terrain des chantiers urbains, les résultats du projet FURET sont des aides à la décision, sous deux formes principales. D'une part, un guide méthodologique, support de compréhension, d'organisation et de stratégie des acteurs impliqués, ainsi qu'une plateforme de connaissances sur la furtivité des chantiers sous la forme d'un portail Internet. D'autre part, un support logiciel constitué de deux prototypes d'aide à la décision : (i) SDIST, un Système Décisionnel d'Information Spatio-Temporel comme moyen de coordination des travaux, offrant une interface web géographique reliée à un entrepôt de données spatio-temporelles ; (ii) une base de connaissances expertes issues des travaux des experts du projet FURET intégrée à l'entrepôt permet de traiter nuisances et gênes à l'échelle du chantier individuel (furtivité de chantier). Ainsi les décideurs pourront choisir entre différentes options de furtivité, simuler des scénarios et évaluer leurs impacts et risques à différentes échelles. Néanmoins, le

prototype ainsi élaboré ne constitue qu'une première version d'un outil amené à évoluer. Aujourd'hui, les acteurs du projet réfléchissent à une intégration des deux outils qui ont été élaborés séparément. Enfin, ce projet a donné lieu à du contenu pédagogique, diffusé via la plateforme FUN (France Université Numérique) sous forme d'un MOOC. Dans sa première édition, plus de 1 500 inscrits venant de 54 pays, mélangeant les milieux académiques et professionnels, ont suivi et bien évalué cette formation à distance. Le MOOC FURET a contribué à diffuser les connaissances et les méthodes développées par le projet FURET à un public international.

Production scientifique et valorisation

Amanzougarene F., et al. (2011) A new approach for annoyances assessment of the urban building sites, *International Review of Modelling and Simulations*, 4(2).
 Hankach P., et al.(2011) Decision support to the public space administrator for managing urban building sites nuisances, *International Journal of Computer Applications*, 3, pp. 6-12.
 Amanzougarene F., et al. (2012) Qualitative representation of building sites annoyance, *Proceedings of the 2012 ACM workshop on City data management workshop (CDMW '12)*, Maui, Hawaii, USA, pp. 13-30.
 Sadoun I., et al. (2011) Un système d'aide à la décision pour la réduction des gênes des chantiers urbains, *SAGEO*, Paris La Défense.
 Beurier G., et al. (2019) FURET: Acceptabilité des Chantiers Urbains, FUN-MOOC, <https://www.my-mooc.com/fr/mooc/furet-acceptabilite-des-chantiers-urbains/>.

Début du projet : 2009 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 823 450 €

Partenaires

Egis | Ville de Paris | Lille Métropole | RATP | Colas-Rail | Université de Versailles – Saint-Quentin-en-Yvelines | EIVP | Université Gustave Eiffel | 6T - Bureau de Recherche

Coordination

Jean-Pierre Christory – Centre d'études techniques de l'équipement en Ile-de-France
jean-pierre.christory@equipement.gouv.fr



SYRACUSE

Symbioses réticulaires adaptées à des contextes urbains soutenables

Rappel des objectifs

L'objectif de ce projet était d'analyser, dans le cadre d'une coopération entre chercheurs en sciences sociales et bureaux d'études relevant de la sphère d'un grand groupe de services environnementaux (eau, énergie, déchets), certaines configurations techniques visant à augmenter la durabilité urbaine. Le projet a reposé sur l'étude approfondie des processus de conception de divers dispositifs technologiques visant à améliorer la performance environnementale et énergétique des cycles urbains majeurs, ainsi que des conditions pratiques de leur mise en œuvre, croisés avec une analyse critique des contextes de développement de ces dispositifs. L'objectif était d'identifier les facteurs déterminants dans la mise en place d'un rapport plus durable de la ville aux ressources et d'élaborer des indicateurs susceptibles de caractériser les configurations les plus prometteuses. Ont ainsi été examinés, pour une série de cas d'étude formant la trame d'une possible typologie, les cycles de l'eau et des déchets, et les diverses consommations énergétiques liées à ces cycles, en s'attachant à identifier des modalités de conception ou d'organisation susceptibles de contribuer significativement à une plus grande durabilité urbaine. L'originalité de ce projet reposait notamment sur le travail commun de chercheurs en sciences sociales spécialisés dans l'évaluation des politiques de durabilité urbaine et d'ingénieurs apportant aux réflexions des éléments quantitatifs susceptibles de rendre les instruments créés pertinents en termes d'aide à la décision.

Résultats majeurs

Les études de cas ont montré le caractère émergent, généralement expérimental et souvent laborieux du développement de symbioses urbaines. Les études quantitatives en termes de métabolisme urbain ont confirmé leur caractère encore marginal, sauf pour le cas des filières bien établies de valorisation énergétique des déchets (incinération notamment) et pour la réutilisation des eaux usées, qui a un potentiel significatif lorsqu'elle est portée par les pouvoirs publics et s'applique aux grands systèmes techniques (Windhoek, Singapour). Les analyses conduites indiquent cependant que la portée de ces dispositifs en termes d'innovation sociotechnique et sociopolitique et de transformations urbaines ne doit pas être exclusivement appréciée à l'aune de leur poids dans le métabolisme des régions urbaines considérées. Comme certains travaux portant sur les politiques énergéto-climatiques l'ont souligné, les expérimentations sociotechniques peuvent agir comme de puissants facteurs de changement

politique et urbain. Les études quantitatives de métabolisme urbain ont permis de tester une méthodologie d'évaluation multiflux et multiscalaire du métabolisme et ont alimenté le développement d'un outil informatique d'aide à la décision visant à exploiter au mieux le potentiel symbiotique en matière d'organisation des services urbains sur un territoire. Cet outil a pu être expérimenté par les équipes SAFEGE et EXPLICIT dans le cadre du projet sur le territoire de l'EPA Plaine de France.

Production scientifique et valorisation

Coutard O., Rutherford J. (2014) 'Towards hybrid socio-technical solutions for urban water and energy provision', in Grosclaude J-Y., Pachauri R., Tubiana L. (eds.) *Innovation for Sustainable Development (A Planet for Life 2014)*, Paris, AFD-IDDR-TERI, 2014, pp. 91-100.
 Curien R. (2014) Chinese urban planning : environmentalising a hyper-functional machine ? *China Perspectives / Perspectives chinoises*, 3, pp. 23-31.
 Lafforgue M., Lenouvel V. (2015) Closing the urban water loop: lessons from Singapore and Windhoek, *Environmental Science: Water Research & Technology*, 1(5), pp. 622-631.
 Lorrain D., Halpern C., Chevauché C. (dir.) (2018) *Villes sobres. Nouveaux modèles de gestion des ressources*, Paris, Presses de Science Po.
 Ce projet a donné lieu à l'organisation d'un colloque, à plus de 20 communications orales (dont 15 dans des colloques internationaux), à la rédaction d'une thèse et à la mise en place d'un outil par l'entreprise partenaire du projet.

Début du projet : 2011 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 737 846 €

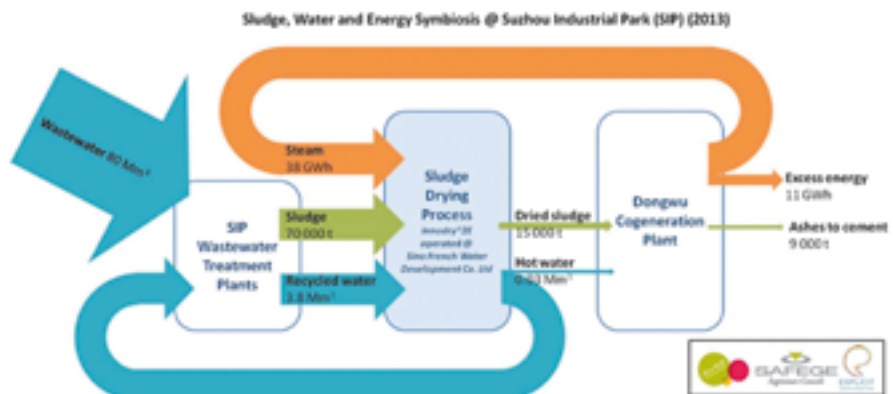
Partenaires

SUEZ Environnement | PACTE – IEP Grenoble | SAFEGE | EXPLICIT | EPA Plaine de France | Fondation Nationale des Sciences Politiques

Coordination

Olivier Coutard – coutard@enpc.fr
 LATS, ENPC

Les échanges d'eau, d'énergie et de matières dans le système circulaire de Dongwu (Suzhou Industrial Park, Chine). © CURIEN R., (2012) Services essentiels en réseaux et fabrique urbaine en Chine : la quête d'une environmentalisation dans le cadre d'un développement accéléré. Enquêtes à Shanghai, Suzhou et Tianjin. Thèse de doctorat (UPEC), p. 186. Figure réalisée avec le concours d'ingénieurs de SUEZ Environnement, SAFEGE et EXPLICIT), projet SYRACUSE.



URBALIM

Evaluer la durabilité environnementale de l'approvisionnement alimentaire des villes selon une perspective cycle de vie

Rappel des objectifs

Nourrir les villes de manière durable est l'un des principaux défis auquel est confrontée l'humanité. Dans un contexte de changements globaux et face à une demande sociétale croissante pour des produits alimentaires plus respectueux de l'environnement, de nouveaux circuits d'approvisionnement alimentaire émergent. Basés sur des changements profonds dans les pratiques en amont (e.g. le développement de l'agriculture biologique) et en aval (e.g. la commercialisation en circuit court), ces circuits révèlent également un fort intérêt pour le rapprochement des lieux de production et de consommation afin de sécuriser l'approvisionnement des villes. Toutefois, des méthodes d'évaluation quantitative sont nécessaires pour fournir des informations objectives sur les performances environnementales de ces nouveaux circuits et sur leur capacité à répondre pleinement aux besoins alimentaires des villes. Le projet URBALIM vise à construire un cadre méthodologique innovant pour évaluer la durabilité environnementale de l'approvisionnement alimentaire des villes afin de : (i) fournir un diagnostic exhaustif du système pour identifier les principaux leviers d'amélioration des performances environnementales tout en évitant les transferts de pollution ; (ii) caractériser dans une perspective de cycle de vie la vulnérabilité du système à des perturbations environnementales ou socio-économiques ; (iii) comparer l'éco-efficacité de différentes stratégies.

Résultats majeurs

Les développements méthodologiques sont basés sur le cadre de l'analyse de cycle de vie (ACV) et sont mis en œuvre pour évaluer la durabilité environnementale de l'approvisionnement alimentaire de la métropole de Montpellier en collaboration avec les responsables locaux. Des approches simplifiées ont été développées pour la collecte des données permettant ainsi de généraliser la démarche d'évaluation à d'autres territoires. Les premiers résultats permettent d'identifier les principales marges de manœuvre pour réduire les impacts environnementaux de l'approvisionnement alimentaire, de l'extraction des matières premières à la gestion des déchets. Ainsi, les principaux impacts sont générés au niveau de la production

agricole (entre 70 et 90 % des impacts pour les produits d'origine animale) et le poids des chaînes logistiques (hors derniers kilomètres parcourus par les consommateurs) est relativement faible même si elles sont étalées sur de très longues distances. À un stade plus préliminaire, de nouvelles métriques sur la vulnérabilité de l'approvisionnement alimentaire ont été proposées en se basant sur les méthodes de criticité des ressources (minéraux, eau, terre). Une première application sur différents circuits d'approvisionnement en pain a permis d'identifier de potentiels compromis entre des scénarios diminuant les impacts environnementaux et des scénarios moins dépendants de ressources critiques et donc moins vulnérables à différentes perturbations.

Production scientifique et valorisation

Loiseau E., *et al.* (2023) Life cycle assessment of urban food supply: key findings and recommendations from a French metropolitan area case study, *Journal of Cleaner Production*, 401, article 136788, 13 p.

Deteix L., *et al.* (2023) The importance of land in resource criticality assessment methods: a first step towards characterising supply risk, *Science of the Total Environment*, [En ligne], p. 163248.

Loiseau E., *et al.* (2024) Implementation of resource supply risk characterisation factors in the life cycle assessment of food products: application to contrasting bread supply chains. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, [En ligne].

Vidéo pédagogique sur Comprendre l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) territoriale : <https://www.youtube.com/watch?v=9NzuZGY9XG4>

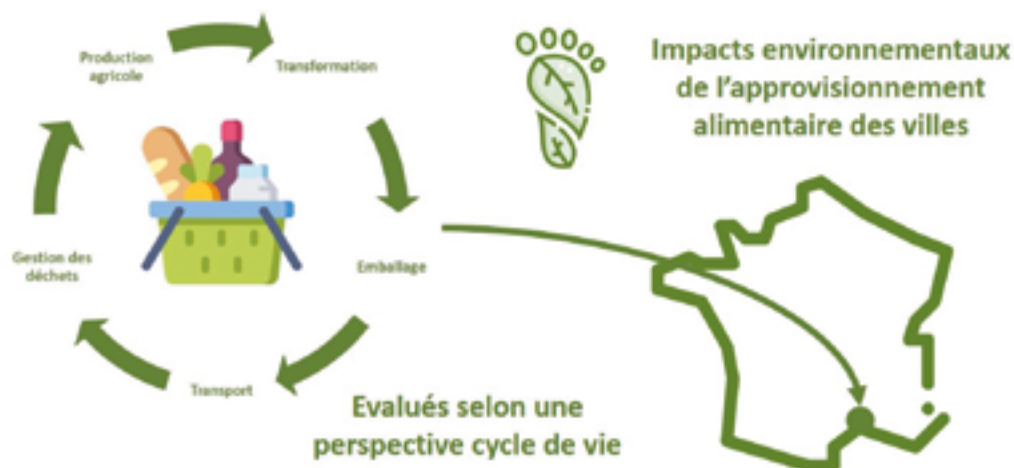
Début du projet : 2021 | Durée : 45 mois

Financement ANR : 166 803 €

Coordination

YEléonore Loiseau – UMR ITAP, INRAE

Eleonore.Loiseau@inrae.fr



Évaluer la durabilité environnementale de l'approvisionnement alimentaire des villes selon une perspective cycle de vie.

© E. Loiseau, Freepik, Pikepicture, projet URBALIM.

Chapitre 5

EAU EN VILLE

Bernard de Gouvello (LEESU, Cerema)

Quatre axes thématiques majeurs se dessinent au travers de cet ensemble de projets : l'assainissement des eaux usées, la gestion des inondations, la gestion intégrée des ressources et les enjeux de qualité et de pollution des eaux urbaines. L'assainissement des eaux usées urbaines constitue la thématique centrale de bon nombre de projets. Ceux-ci s'attachent à une meilleure compréhension des usages et du fonctionnement du réseau, à l'amélioration de sa gestion, voire à une redéfinition en profondeur de l'assainissement urbain, parfois en interaction avec la gestion des eaux pluviales et/ou l'alimentation en eau potable, voire au-delà du secteur de l'eau. **EGOUT** (page 124) analyse les matériaux transportés et accumulés dans les égouts, tout en cartographiant les pratiques de rejet des habitants. **CROQUIS** (page 120) vise à améliorer le traitement et l'organisation des données de gestion du réseau via l'utilisation de l'intelligence artificielle. Dans la perspective du développement de la réutilisation des eaux traitées, **IDOUM** (page 127) se penche sur le développement de systèmes de traitement décentralisés et à faible coût énergétique, par le recours à des nanomatériaux naturels. **OMEGA** (page 130) propose une approche intégrée et multi-échelle pour la gestion des systèmes d'assainissement urbains, combinant des perspectives opérationnelles et de recherche. **DESIGN** (page 121) a exploré, via le développement de nouvelles toilettes et des scénarios prospectifs, la voie de la sortie des excréments du réseau d'assainissement, piste qui est reprise et approfondie par **TANGO** (page 134) qui analyse la perspective d'une gestion combinée des excréments et des matières organiques. Cette logique de décroisement de la problématique des

eaux usées est également présente dans le cas de **GEDEAH** (page 125), projet spécifiquement consacré à Haïti, qui s'intéresse à son articulation avec la gestion des déchets dans une perspective d'économie circulaire.

La gestion des risques d'inondation constitue le second thème fédérateur de plusieurs projets visant à comprendre et à renforcer la capacité des villes à faire face aux crises hydrologiques et à développer des stratégies de gestion des risques adaptatives. **RESILIS** (page 132) a permis de développer des solutions innovantes pour améliorer la résilience urbaine post-crise, en se concentrant sur les dimensions organisationnelles, culturelles et techniques. **RGC4** (page 133) a permis le développement d'outils pour la gestion des réseaux techniques critiques lors de crues lentes, avec une application particulière au Grand Paris ; **INCERDD** (page 128) a cherché à intégrer les incertitudes dans les décisions durables, appliquées à la gestion des réseaux d'assainissement et des risques naturels, incluant les inondations ; plus récemment, **RER** (page 131) s'est attaché à évaluer les stratégies de gestion des risques et la résilience de grandes métropoles européennes aux inondations, en simulant les comportements et les adaptations des populations. Enfin, **DEUFI** (page 122), toujours en cours, examine les impacts des inondations à l'échelle des habitations individuelles, fournissant des données essentielles pour des interventions ciblées.

Le troisième axe thématique notable concerne la gestion durable et intégrée de l'eau en milieu urbain. Les projets concernés explorent la durabilité des services d'eau et

d'assainissement à travers une approche intégrée et multidisciplinaire, incluant la gouvernance multiniveau et la gestion des ressources en eau urbaine. **EAU&3E** (page 123) s'est attelé à l'analyse de la durabilité des services d'eau et d'assainissement, intégrant les dimensions économiques, environnementales et sociales. **INOGEV** (page 129) s'est penché sur l'importance des collaborations entre opérationnels et chercheurs pour la définition et l'adoption d'innovations de la gestion durable de l'eau en ville, avec un focus particulier sur les eaux pluviales. Ces enjeux de durabilité sont également présents dans d'autres projets déjà cités (tels que OMEGA ou TANGO).

Les projets axés sur la pollution et la qualité des eaux visent à comprendre et à gérer les contaminants présents dans les eaux urbaines. **INOGEV** s'est attelé à la maîtrise de la contamination des eaux pluviales urbaines. **URBANWAT** (page 135) a analysé les flux de polluants émergents dans les eaux de ruissellement urbain et la capacité des sols urbains à les retenir, avec une application au cas de Barcelone. **HUNIWERS** (page 126) a étudié l'impact de l'urbanisation sur la qualité des eaux de subsurface et propose des valorisations possibles des nappes perchées comme ressource alternative en milieu urbain, s'inscrivant ainsi dans le mouvement d'intérêt croissant depuis la tenue des assises de l'eau (2019) pour le recours aux eaux non conventionnelles en milieu urbain.

Pris dans leur ensemble, ces projets de recherche dessinent en filigrane un nouveau paradigme de la gestion de l'eau en milieu urbain, dans lequel les réseaux centralisés et spécialisés ne sont plus l'unique solution et laissent place à des approches alternatives et

innovantes. La lecture transversale des travaux menés témoigne en effet de la nécessité de décroisonner les thématiques liées à l'eau et d'adopter une vision multiscalaire pour une gestion efficace des ressources. Ces constats constituent des pistes prometteuses pour les recherches à venir.

CROQUIS

Collecte, représentation, complétion, fusion et interrogation de données de réseaux d'eau urbains hétérogènes et incertaines

Rappel des objectifs

Les gestionnaires des réseaux d'eau urbains sont souvent confrontés à l'analyse de données hétérogènes massives, imprécises et incertaines. Ce défi qu'il est indispensable de relever permettra d'obtenir des cartes précises des réseaux, d'assurer le suivi de variables environnementales et d'identifier des zones d'intervention.

Le projet CROQUIS unit les efforts de chercheurs en sciences de l'eau et en intelligence artificielle (IA) pour proposer de nouvelles méthodes pour la représentation, la complétion, la fusion, l'archivage, la réparation et l'interrogation des données hétérogènes décrivant les réseaux d'eaux usées.

Son approche est celle d'une utilisation judicieuse des méthodes par apprentissage qui seront enrichies avec des connaissances supplémentaires disponibles mais souvent sous-exploitées. Cela amène des questionnements fondamentaux sur les incertitudes *a priori* des informations, leur priorisation et représentation. Le projet vise aussi à développer un outil d'interrogation des données qui devrait être facilement intégré dans les systèmes d'information existants afin d'exploiter pleinement les ressources disponibles et de mieux exploiter les métadonnées.

En tant que discipline de recherche, l'intelligence artificielle vise à développer des solutions génériques. L'objectif est de s'appuyer ici sur un domaine d'application spécifique suffisamment représentatif d'autres grands domaines.

Résultats majeurs

Les résultats de CROQUIS vont de la collecte de données à la gestion par l'IA d'informations hétérogènes, multisources et imparfaites. La plupart des données collectées par les membres du consortium concernent les réseaux des eaux usées. Il s'agit : (i) d'informations géographiques (SIG) multisources ; (ii) de cartes avec ou sans légendes et images ; (iii) de données textuelles faisant référence aux réseaux des eaux usées ; (iv) de vidéos d'inspection des canalisations (formats itv) ; (v) de fichiers .pdf, etc.

Les données (et les principaux concepts utilisés dans les ontologies des réseaux des eaux usées), une fois collectées, sont d'abord complétées et annotées principalement avec des méthodes d'apprentissage automatique. Ces données complétées sont ensuite représentées dans des langages formels (basés sur des graphes ou sur des logiques) afin d'être par la suite facilement utilisées pour des tâches de fusion ou de classification. Un des résultats de ce projet est le développement d'algorithmes qui permettent de représenter les différents objets (regards, canalisations, etc.) d'un SIG à l'aide de graphes attribués. Ces graphes permettent ainsi de corriger les

imprécisions concernant les relations de jonctions entre les différents objets. Au niveau de la recherche fondamentale, ce projet a permis de définir des méthodes traitables pour la gestion des informations évolutives et la réparation des ensembles de données incohérentes.

Finalement, le projet nous a permis d'initier de nouvelles collaborations internationales en particulier avec le CNR-ILC de Pise (Italie), l'université du Cap (Afrique du Sud), l'université Sidi Mohammed Ben Abdellah de Fès (Maroc) et l'université de Can Tho (Vietnam). Il a également permis d'organiser : (i) une école d'automne IA2 sur l'intelligence artificielle et la gestion des informations et des données imparfaites et hétérogènes en 2023 (<https://sites.google.com/view/autumn-school-ia>) ; (ii) un side event, intitulé «Artificial Intelligence and Data Science for Urban Water Networks Workshop », dans le cadre de AISH 2022 (<https://www.iahs2022.org/index.asp?lang=fr#>) ; (iii) un atelier de travail Enigma@KR2023 (<https://sites.google.com/view/enigma-2023/>) dans le cadre de KR2023 et avec des actes en accès libre (<https://ceur-ws.org/Vol-3495/>).

Production scientifique et valorisation

Et-Targuy O., *et al.* (2023) Syntactic computation of Fagin-Halpern conditioning in possibility theory, *LPAR2023: EPIC Series in Computing* pp. 164-180.

Chahinian N., *et al.* (2023) Everything You Always Wanted to Know About Urban Water Networks But Were Afraid to Ask, *Proceedings of Enigma@KR2023*, CEUR Workshop Proceedings 3495.

Laouar A., *et al.* (2023) Tractable Closure-Based Possibilistic Repair for Partially Ordered DL-Lite Ontologies, *JELIA2023*, Springer, pp. 353-368.

Et-Targuy O., *et al.* (2023) A Graph-Based Approach for Representing Wastewater Networks from GIS Data: Ensuring Connectivity and Consistency, *ISDS 2023*, Springer, pp. 243-257.

Début du projet : 2022 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 445 728 €

Partenaires

INRIA | IRD

Coordination

Salem Benferhat – CNRS

benferhat@cril.fr

Détection d'objets des réseaux d'eaux usées (ici un regard, gauche). Résultat du codage d'une partie d'un SIG de la métropole de Montpellier par un graphe attribué (droite).
© N. Chahinian, C. Delenne, A. Tettamanzi, S. Benferhat, projet CROQUIS.



DESIGN

Développement et Evaluation de Scénarios Urbains Innovants de Gestion Séparative des effluents

Rappel des objectifs

Certains enjeux de l'épuration centralisée sont difficiles à relever dans une approche «tout-à-l'égout». La séparation à la source des effluents (eaux marron, grises et urine) pourrait conduire à une transformation durable des modes d'assainissement et constituer un secteur d'innovation majeur dans ce domaine. Le projet DESIGN vise à évaluer des scénarios innovants de séparation à la source et de valorisation des eaux usées en identifiant les bénéfices et les contraintes sur le plan environnemental, d'un point de vue technologique, économique, sociologique et urbanistique.

Ce projet combine différents travaux en parallèle : (i) un simulateur environnemental de filières d'assainissement ; (ii) l'étude de technologies : toilettes à séparation de l'urine et pilote de récupération des nutriments, phosphore par précipitation de struvite et ammoniac par une technique prometteuse : la chimio-sorption transmembranaire ; (iii) l'appropriation par les acteurs avec l'étude sociotechnique des scénarios auprès des acteurs professionnels et des usagers. La base de données générée pourra aider les acteurs de la filière pour l'implantation des systèmes de séparation à la source et de valorisation ; (iv) l'intégration urbaine : l'outil de simulation de scénarios est appliqué à des quartiers concrets.

Résultats majeurs

Parmi les résultats majeurs, on compte : (i) un outil-logiciel de simulation fonctionnelle pour l'aide à la décision sur les politiques d'assainissement à mettre en place dans une ville. Cet outil a permis de réaliser une étude comparative multicritère sur des filières types. Il est utilisé désormais pour d'autres projets dans lesquels il est une pièce centrale (projet Sudoe ecoval, etc.) ; (ii) pour le volet technologique, une base de données sur les technologies, les scénarios et les retours d'expérience (<http://design.cnrs.fr/contexte/>) ; une évaluation expérimentale du procédé de séparation de l'ammoniac (échelle laboratoire et pilote sur site) ; un pilote de toilettes à séparation d'urine avec démonstration lors du festival Garorock (2019) ; (iii) sur le volet sociotechnique, une enquête pour mesurer la perception par les utilisateurs des toilettes au festival Garorock (600 personnes dont 150 enquêtées), une vidéo pédagogique grand public concernant la séparation à la source de l'urine et sa valorisation comme engrais. Différents cas d'étude ont fait l'objet d'enquêtes poussées (à Grenoble, à

la Fumainerie Bordeaux, à Paris avec plusieurs cas, à Saint-Denis, sur le plateau de Saclay, à Saint-Vincent-de-Paul) ; (iv) sur le volet application, une dizaine de réponses à des appels à manifestation d'intérêt sur des opportunités d'implantation de la séparation à la source sur site pilote et pour le passage du prototype à la petite série. Deux cas d'étude réels ont été analysés et testés avec l'outil développé dans le projet.

Production scientifique et valorisation

Gonzalez-Salgado I., *et al.* (2023) Influence of feed salinity on ammonia recovery from high-strength effluents in transmembrane chemical absorption process, *Journal of Membrane Science*, 687, p. 122086.

Joveniaux, A., *et al.* (2021) L'émergence d'un commun en matière d'assainissement urbain : les toilettes sèches séparatives en habitat participatif, *Flux - Cahiers scientifiques internationaux Réseaux et territoires*, N° 124-125(2), pp. 27-40.

Legrand M., *et al.* (2021) Séparation à la source et valorisation des excréta humains du Grand Paris : des filières émergentes, *Techniques Sciences Méthodes*, 9(9), pp. 103-118.

Besson M., *et al.* (2021) Environmental assessment of urine, black and grey water separation for resource recovery in a new district compared to centralized wastewater resources recovery plant, *Journal of Cleaner Production*, 301.

Besson, M., *et al.* (2022) La séparation à la source pour une récupération des ressources : outil d'évaluation environnementale, *TSM 5*, pp. 41-48.

Début du projet : 2018 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 596 031 €

Partenaires

ENPC | SOLAGRO | Le Sommer Environnement | POLYMEMI
J.P. COSTE

Coordination

Étienne Paul – TBI, INSA Toulouse
paul@insa-toulouse.fr

Représentation schématique du projet DESIGN.

© M. Besson, projet DESIGN.



DEUFI

Détails de l'impact des inondations urbaines

Rappel des objectifs

Bien que les inondations urbaines soient largement étudiées, les débits d'échange entre les rues et les bâtiments sont peu documentés. Le projet DEUFI comble cette lacune en se focalisant sur l'inondation à l'échelle individuelle intégrant la compréhension des processus hydrauliques à l'intérieur et à l'extérieur d'un bâtiment et en estimant comment cette connaissance peut être utile pour estimer les dommages et le nombre de victimes. Le projet DEUFI propose des méthodes de simulation des inondations urbaines améliorées capables : (i) d'estimer l'intrusion d'eau dans les zones bâties ; (ii) d'évaluer la répartition spatiale de l'exposition humaine et des dommages matériels ; (iii) de définir des recommandations sur les meilleures méthodes de gestion des inondations urbaines à mettre en œuvre en lien avec la perception des citoyens et leur attitude pendant les fortes inondations. Afin d'examiner l'influence des ouvertures sur les écoulements dans les blocs de bâti et le long des rues, trois échelles sont étudiées, la façade, le bloc de bâti, et le quartier. L'information fournie à une de ces échelles permet d'estimer le niveau de risque et de prendre des décisions pour la gestion du risque d'inondation aux échelles individuelle ou collective. Le projet DEUFI est structuré en trois tâches à savoir les expériences en laboratoire, les cas de terrain et les modèles hydrodynamiques. Il associe 8 partenaires français et 2 partenaires étrangers compétents en hydraulique, économie, géographie, sociologie, hydrologie, mathématiques appliquées et informatique.

Résultats majeurs

Les expériences ont montré : (i) l'influence des obstacles présents devant les ouvertures sur le débit d'échange rue-bâti, et qu'il n'existe pas de formule analytique prédisant avec précision ce débit ; (ii) que la porosité des murs d'un bloc de bâti pouvait modifier faiblement les hauteurs d'eau mais grandement les vitesses dans les rues. Elles ont permis d'étudier l'influence du débit amont et de sa répartition, des conditions limites aval, et de la porosité planaire du quartier, sur les débits sortants à l'aval du quartier. L'application de prise de vue des ouvrants a été validée sur Nîmes et Oullins. Les enquêtes auprès de la population et des gestionnaires du risque montrent qu'à Oullins la population a été rassurée par les travaux de recalibrage récent du cours d'eau Yzeron et que le niveau de conscience du risque est faible pour les crues rares et majeures. Les travaux se sont donc orientés vers

la construction de scénario d'impact à échelle fine pour les crues centennales et cinq-centennales (utiles aux gestionnaires). Pour le cas de Nîmes, les préoccupations se concentrent sur la sécurité humaine. Les bâtiments du quartier Richelieu ne sont pas adaptés à la sécurité des personnes. Les données de mortalité préalables au diagnostic sur la sécurité humaine dans le quartier Richelieu ont été consolidées et ont servi à la modélisation de la vulnérabilité humaine. La modélisation hydraulique 3D a contribué à redéfinir les lois d'échanges rue-bâti. Un algorithme d'échange rue-bâti a été développé, il permet d'estimer les dommages domestiques en prenant en compte l'aléa dans le bâtiment (au lieu de la rue).

Production scientifique et valorisation

Dewals B., *et al.* (2023) Can the 2D shallow water equations model flow intrusion into buildings during urban floods? *Journal of Hydrology*, 619 (129231).

Mejía-Morales M. A. (2021) Impact of the porosity of an urban block on the flood risk assessment: A laboratory experiment, *Journal of Hydrology*, 602 (126715).

Mignot E., *et al.* (2020) Measuring the flow intrusion towards building areas during urban floods: Impact of the obstacles located in the streets and on the façade, *Journal of Hydrology*, 583 (124607).

Finaud-Cuyot P., *et al.* (2020) Experimental characterization of various scale hydraulic signatures in a flooded branched street network. *Urban Water Journal*, 16 (9), pp. 609-624.

Début du projet : 2019 | Durée : 56 mois

Financement ANR : 628 995 €

Partenaires

École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg | INSA Lyon | Université Paul Valéry - Montpellier 3 | Cerem | ARTELIA EAU & ENVIRONNEMENT | Université de Liège (Belgique) | Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (Corée)

Coordination

Sébastien Proust - INRAE
sebastien.proust@inrae.fr



Modélisation expérimentale d'une inondation dans un réseau de rues avec échanges d'eau (à travers 12 ouvertures) entre rue et bloc de bâti.

©Elisabeth Rull, Divergence-Images, projet DEUFI.

EAU&3E

La durabilité des services d'eau dans les grandes villes

Rappel des objectifs

La baisse des consommations d'eau engendre des difficultés contre-intuitives pour les gestionnaires des services publics. Partant de ce constat, le projet EAU&3E a pour objectif de les aider à établir le diagnostic complexe de la durabilité de leurs services. L'enjeu était d'arriver à traiter ensemble les trois axes de la durabilité (environnement, économie et équité, les « 3E »), auxquels on a ajouté la gouvernance : les services couvrent-ils leurs coûts y compris ceux de renouvellement des infrastructures ? Améliorent-ils leurs performances environnementales ? Les tarifs sont-ils équitables notamment vis-à-vis des plus démunis ?

Les travaux ont permis de : (i) mieux comprendre ce qui fait baisser les consommations d'eau, jusqu'où ça peut aller, puis évaluer leur impact sur les budgets des services ; (ii) mieux modéliser la gestion à long terme de l'infrastructure, entre reproduction simple, réduction et changement technique ; (iii) développer des analyses systématiques de la redistributivité des tarifs proposés aux usagers, et notamment étudier leurs effets sur les plus démunis ; (iv) réfléchir à la mise en place d'une gouvernance multiniveaux, externe et interne, pour permettre à la fois une meilleure résilience des services par rapport aux changements globaux et une implication plus forte des citoyens-usagers.

Le projet EAU&3E a réuni 6 équipes de recherche et Eau de Paris et mobilise une grande variété de disciplines du champ des sciences humaines et sociales.

Résultats majeurs

Le projet a identifié les processus technico-géographiques, économiques et politiques à l'œuvre dans les choix de gestion actuels des services d'eau. Basé sur un travail de terrain mené par les équipes à Paris, à Bordeaux et en Languedoc-Roussillon, et des échanges avec d'autres pays (en Europe de l'Ouest, États-Unis et Australie), il a produit des connaissances sur une gestion patrimoniale renouvelée, sur de nouvelles variables explicatives des tendances d'évolution de la consommation d'eau du service public, ou encore sur l'impact sur les

ménages de différentes formules tarifaires (notamment les risques liés à l'adoption des tarifications progressives 10 ans avant le rapport du CESE). Il a montré la nécessité d'une gouvernance multiniveaux pour mieux articuler les services publics et la gestion des ressources. Un atelier de prospective, organisé en novembre 2012 avec des acteurs des services d'eau (gestionnaires publics et privés, élus responsables, représentants des usagers et des salariés des services publics, agences et administrations), a permis de discuter les scénarios rédigés par les partenaires du projet mais aussi de consolider des enseignements pour une gestion durable des services d'eau. Un guide d'action stratégique à destination des maîtres d'ouvrage et responsables des services d'eau a été réalisé. Il s'organise à partir de 5 questions clés : comment assurer le financement durable d'un service ? Quelle stratégie développer vis-à-vis des territoires et services voisins ? Quels liens développer entre un service et la ressource ? Qui inclure dans la gestion du service et dans la définition de la stratégie ? Et enfin, quelle vision du service public promouvoir ?

Production scientifique et valorisation

L'essentiel des travaux réalisés pendant le projet et au-delà a été publié dans le blog tenu par Laure Isnard : <https://eau3e.hypotheses.org>.

Début du projet : 2009 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 921 496 €

Partenaires

INRAE Lyon | INRAE Montpellier | SMASH | BRGM | Eau de Paris

Coordination

Bernard Barraqué – CNRS

Bernard.barraque@agroparistech.fr

Analyse précise des consommations d'eau des ménages via la télédétection, afin de mieux comprendre puis modéliser les comportements des abonnés du service d'eau dans le sud de la France.

© BRGM, projet EAU&3E.



EGOUT

Observations Géochimiques des Trajectoires Urbaines

Rappel des objectifs

L'objectif principal du projet EGOUT est d'établir, à Paris, les bases d'un observatoire géochimique des trajectoires socio-économiques par l'analyse des matériaux transportés et accumulés dans les égouts. Il s'agit d'abord d'établir une cartographie géochimique multi-indicateurs de la ville de Paris. Par comparaison avec les données socio-économiques, elle permettra de définir de nouveaux indicateurs pour la gestion des milieux urbains et d'identifier d'éventuels déterminants socio-économiques et environnementaux des vulnérabilités des populations. Le deuxième objectif est de fournir des outils d'aide à la décision et des systèmes d'alerte en étudiant les évolutions temporelles des traceurs dans les eaux et sédiments des égouts. Ces travaux permettront aussi une meilleure compréhension des contrôles agissant sur les flux de polluants dans le réseau d'assainissement. Le troisième objectif est de mobiliser les citoyens et les acteurs locaux dans la coconstruction des connaissances. Cette séquence générera des bénéfices mutuels : une analyse des résultats plus intégrée, une meilleure connaissance de la perception des égouts par les populations, des informations cruciales sur la sensibilisation des citoyens aux enjeux environnementaux, et des leviers de changement de pratiques. Pour relever ces défis, le projet EGOUT réunira les expertises complémentaires de géochimistes, géographes, sociologues, consolidées par l'interaction avec les citoyens, les opérateurs et les décideurs.

Résultats majeurs

La première année a permis d'affiner la stratégie du projet, en lien avec toutes les parties prenantes, et de partager un vocabulaire commun. L'animation et la formation des acteurs sont réalisées à travers des webinaires. La communication du projet s'appuie sur le site web egout.cnrs.fr, le compte Twitter [@egout_fr](https://twitter.com/egout_fr), la page Facebook de la participation citoyenne, une chaîne YouTube. Nous avons inventorié les traceurs existants et imaginé de nouveaux indicateurs pour tracer divers phénomènes. Un remue-méninges a permis de cibler les zones d'étude et les temporalités de nos actions. Après avoir répondu à une enquête sur leurs pratiques, un groupe de Volontaires de Paris a bénéficié d'une séquence de formation, et contribue désormais au projet dans le cadre de groupes de travail. En parallèle, des étudiants de

Master 2 ont réalisé une enquête sur les pratiques de consommation des citoyens. Après une visite des bassins de dessablement, l'équipe a procédé aux premiers carottages de sédiments. Les carottes sont en cours d'analyse dans le cadre de la thèse de C. Asselin. Depuis mars 2023, 50 molécules sont analysées dans des prélèvements bi-hebdomadaires d'eaux usées à l'usine de traitement Seine Centre, dans le cadre de la thèse de G. Bernier-Turpin. De nouvelles collaborations (sur les macrodéchets, les pathogènes, etc.) sont engagées. Les participants projettent EGOUT dans le futur à travers la soumission de nouveaux projets (ANR, EC2CO, PEPR VDBI).

Production scientifique et valorisation

Asselin C., *et al.* (2023) Controls on the spatial and temporal distribution of organic tracers in the sediments of the Paris sewerage system, *International Meeting on Organic Geochemistry*, 11-15 septembre 2023, Montpellier.

Bernier-Turpin G., *et al.* (2023) Monitoring of organic contaminants in raw wastewater by targeted and non-targeted screening: an effective tool for monitoring urban metabolism, *Goldschmidt 2023*, 9-14 juillet 2023, Lyon.

Carré C. (2023) Using urban wastewater as a resource. Transforming public and private spaces and involving residents, *Biennale dello Spazio Pubblico*, 25-27 mai 2023, Rome.

Human traces in sewers: Taking the pulse of the city, Séminaire invité *Human Traces* (PAGES), 16 mars 2022.

Début du projet : 2019 | Durée : 56 mois

Financement ANR : 582 830 €

Partenaires

Université Paris Est Créteil | Sorbonne Université | CNRS

Coordination

Jérémy Jacob – UMR 8212 LSCE, CNRS

jeremy.jacob@lsce.ipsl.fr

Estimation du taux de remplissage d'un bassin de dessablement par pigeage.
©J. Jacob, projet EGOUT.



GEDEAH

Gestion décentralisée et intégrée des déchets et de l'assainissement en zones urbaines et périurbaines haïtiennes

Rappel des objectifs

Les déchets organiques solides et liquides sont un important vecteur de maladies et de nuisances. Sur Port-au-Prince où la gestion des déchets ménagers et de l'assainissement n'est pas maîtrisée, la situation sanitaire est catastrophique depuis de nombreuses années et s'est encore aggravée avec le séisme du 12 janvier 2010.

Le programme de recherche GEDEAH porte sur le développement d'un modèle de gestion décentralisée des déchets solides et de l'assainissement en zones urbaines et périurbaines haïtiennes, et sur la mise en place des modalités de sa réplification. Il s'agit de mettre en place des plateformes de traitement et valorisation de déchets permettant de gérer les déchets de quartiers socialement défavorisés où les déchets sont rarement collectés, avec pour objectifs une optimisation de la valorisation matière et énergétique, une minimisation des nuisances et des impacts sanitaires et environnementaux et la création de ressources et d'emplois.

La méthode repose sur : (i) la caractérisation du territoire ; (ii) l'identification des gisements ; (iii) la présélection d'options de modes de gestion ; (iv) la sélection de scénarios nécessitant une validation expérimentale et (v) la définition des critères d'évaluation des opérations unitaires et de l'ensemble du modèle de gestion.

L'application sur sites expérimentaux concerne deux sites expérimentaux : la nouvelle plateforme de compostage de déchets et de valorisation des produits triés sur la commune de Cité-Soleil et le site de Barbancourt pour la réalisation d'essais de digestion anaérobie de déchets organiques.

Résultats majeurs

Les principaux résultats ont été la mise en place de la plateforme de démonstration, le « Centre de valorisation des déchets – Jean-Christophe Fernandes », plateforme de tri de valorisation et de compostage de déchets urbains localisée sur la commune de Cité-Soleil. Cette expérience réalisée avec la fondation L'Athlétique d'Haïti a permis la création d'un module de formation dédié aux porteurs de projets de mise en place de plateforme de valorisation de déchets urbains. Le séminaire de restitution du programme GEDEAH s'est tenu à Port-au-Prince en juillet 2013. Nous avons réalisé un travail de plaidoyer auprès des instances décisionnelles avec l'organisation de rencontres entre nos collaborateurs locaux, l'université Quisqueya de Port-au-Prince, et les acteurs haïtiens de l'assainissement (ministère de l'Environnement et DINEPA) sur les enjeux et solutions en termes de gestion des déchets, relayés notamment par le Service de Coopération et d'Action Culturelle (SCAC) de l'ambassade de France.

Nous avons également créé le prix « Jea-Christophe Fernandes » en 2011, à la mémoire de notre doctorant français, décédé au cours du séisme du 12 janvier 2010. Ce prix récompense de jeunes chercheurs haïtiens (ingénieurs, masters ou docteurs) pour leurs travaux de recherche dans le domaine de l'environnement (2011-2016).

Plusieurs actions de communication grand public ont été mises en œuvre sur la problématique des déchets urbains : le documentaire « Les fatras de l'espoir » (<https://www.youtube.com/watch?v=21SOs7Smj0>), et l'exposition photographique itinérante sur la vie des habitants de Cité-Soleil (<https://www.cefrepade.org/exposition-l-lavinan-cite-soleil-r-regards-sur-cite-soleil-a-travers-les-yeux-de-ses-habitants/>).

Production scientifique et valorisation

Lacour J., *et al.* (2011) Évaluation du potentiel de valorisation par digestion anaérobie des gisements de déchets organiques, *Déchets Sciences et Techniques*, 60, pp. 31-41.

Fernandes J.C., *et al.* (2012) Notion de transfert Ville-Campagne à Port-au-Prince (Haïti) : en quoi la ville peut-elle apporter une valeur ajoutée pour la campagne par la gestion de ses déchets organiques et la campagne vers la ville par la production de produits alimentaires, in Roose E., *et al.* (eds.), *Lutte antiérosive*, IRD Éditions.

Bayard R., *et al.* (2012) Développement d'une filière de gestion des résidus solides urbains à Cité Soleil (Port-au-Prince, Haïti), Colloque Eau, *Déchets et Développement Durable*, 21-24 mars 2012, Agadir, Maroc.

Jean G., *et al.* (2017) Assainissement par toilettes sèches à litière bio-maîtrisée : premiers résultats d'une expérimentation menée en milieu rural, *Déchets, Sciences et Technique*, 74, pp. 1-9.

Début du projet : 2010 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 256 346 €

Partenaires

Université de Limoges | Association CEFREPADE | Association GRET

Coordination

Rémy Bayard – INSA Lyon
remy.bayard@insa-lyon.fr

Centre de valorisation des déchets – Jean-Christophe Fernandes, traitement et valorisation des déchets ménagers (recyclage et compostage) : opérations de tri manuel des déchets réceptionnés.

© R. Bayard, projet GEDEAH.



HUNIWERS

Impact historique de l'urbanisation sur la qualité de l'eau : étude diachronique en région parisienne

Rappel des objectifs

L'impact du développement urbain sur les ressources en eau est une question majeure, en particulier sur les eaux souterraines de sub-surface. Comprendre l'évolution chimique de ces eaux sous pression anthropique nécessite (i) de connaître l'état de pré-urbanisation et (ii) d'identifier les traceurs et archives clés pour retracer les fluctuations passées (qualité et quantité).

L'approche proposée couple : (i) l'analyse des eaux actuelles (qualité, cycle de l'eau, modèle hydrologique) de nappes phréatiques perchées mais aussi d'eau d'infiltration diffuse ; (ii) les dépôts de carbonates secondaires, les spéléothèmes urbains, de différents ouvrages souterrains ; (iii) les archives historiques de l'occupation des sols et la réalisation de cartes diachroniques. La mise en œuvre a été divisée en cinq tâches :

- 1) Modéliser le cycle hydrologique dans deux bassins versants parisiens contrastés : bilan et comparaison avec l'usage des sols, le débit et les données climatiques (mesures et archives).
- 2) Caractériser les propriétés physico-chimiques de l'eau souterraine actuelle (nappes perchées).
- 3) Obtenir une série temporelle de l'évolution géochimique des eaux en utilisant des spéléothèmes.
- 4) Déterminer les sources et les mécanismes de transfert des polluants pour la période actuelle et passée.
- 5) Évaluer, en concertation avec les autorités, les agences régionales et locales, la possible (ré)utilisation des eaux des nappes perchées parisiennes comme ressource alternative.

Résultats majeurs

Trois campagnes synchrones de prélèvement des différents types d'eau (eau des sources, eau de nappe, eau de pluie, eau potable, eaux usées) ont été réalisées pour les eaux aquifères drainées par les sources du nord (au nord-est de Paris) et les sources de Rungis (au sud de Paris), afin de d'identifier les sources de recharge des eaux dans des hydrosystèmes au sol plus ou moins scellé, mais aussi de connaître la qualité de ces eaux.

Des données sur le transfert de certains polluants (métaux, matière organique) à travers les sols ont été obtenues en étudiant leurs

teneurs ou rapports de teneurs dans les dépôts de carbonates souterrains. Il a par exemple été montré que le sol urbain joue le rôle de filtre pour une partie des hydrocarbures aromatiques polycycliques-HAP ou le carbone et que ce filtre est différent en fonction de la profondeur des sites étudiés et du type de structure traversées (sol urbain, bois, remblais, etc.).

Un séminaire thématique sur la valorisation des eaux de source en milieu urbain, a été organisé au terme du travail de la tâche 5 du projet qui a réuni différents acteurs franciliens (instituts de recherche, collectivités, Agence de l'eau, ARS...) afin d'échanger sur les perceptions et usages des eaux de sources ainsi que les contraintes et leviers vis-à-vis de cette utilisation (<https://www.cerema.fr/fr/evenements/seminaire-thematique-valorisation-eaux-source-milieu-urbain>).

Production scientifique et valorisation

Garagnon J., *et al.* (2023) Polycyclic Aromatic Hydrocarbon record in an urban secondary carbonate deposit over the last three centuries (Paris, France). *Science of the total environment*, 905, p. 167429.

Fernandez M., *et al.* (2022) Amélioration de l'information spatiale concernant des infrastructures hydrauliques historiques de la Ville de Paris, 18^e congrès international de spéléologie 2022, Union internationale de spéléologie, juillet 2022, Le Bourget du Lac, France.

Pons-Branchu E., *et al.* (2022) Radiocarbon on urban secondary carbonate deposits: site effect and implication for chronology. Case study of Paris and Versailles Palace fountains. *Radiocarbon*, 64(6), pp. 1323-1332.

Début du projet : 2019 | Durée : 60 mois

Financement ANR : 320 727 €

Partenaires

CNRS | Université Paris-Saclay | CNAM

Coordination

Edwige Pons-Branchu – LSCE, CNRS

Edwige.Pons-branchu@lsce.ipsl.fr



Logo du projet HUNIWERS.

© S. Jaillet, projet HUNIWERS.

IDOUM

Systèmes de traitement innovants à bas coût et décentralisés pour une gestion optimale des eaux usées urbaines

Rappel des objectifs

La réutilisation des eaux usées traitées est de plus en plus considérée comme une des solutions viables pour lutter contre la rareté de l'eau. Toutefois, cette pratique constitue une voie d'exposition aux antibiotiques et aux bactéries antibiorésistantes (ARB&Gs) au travers de la chaîne alimentaire et représente une cause potentielle de pression sélective qui augmente les niveaux de résistance aux antibiotiques pour les bactéries autochtones. Ce projet a pour principaux objectifs : (i) de proposer des stratégies de surveillance qui reposent sur une priorisation d'un jeu d'indicateurs de contaminants chimiques et de pathogènes à partir de mesures réalisées dans des effluents domestiques sur différents continents ; (ii) de développer des systèmes de traitement décentralisés, à moindre coût énergétique. Les indicateurs de performance sont choisis sur la base de leur présence récurrente dans les effluents domestiques, leur mobilité et leur pertinence toxicologique. Les technologies de traitement des eaux usées domestiques proposées reposent sur la combinaison de systèmes biologiques à base de plantes et de micro-organismes et l'utilisation de nanomatériaux naturels bon marché pour l'activation catalytique d'oxydants. Ce projet contribue à la protection de nos ressources en eau douce et à la diminution des risques d'exposition humaine à des composés toxiques ainsi qu'à la diminution des risques de propagation de l'antibiorésistance et donne accès à des sources alternatives en eau.

Résultats majeurs

Nous avons établi une liste prioritaire d'antibiotiques communs pour les trois continents participant au projet. La même démarche n'a pas été possible pour les ARB&Gs en raison de leur trop grande diversité. Le projet a permis l'isolement de bactéries endophytiques à partir de *Phragmites australis* pour une bio-augmentation des systèmes de traitement par phytoremédiation. Toutefois, on a observé l'acquisition de gènes d'antibiorésistance (ARGs) ce qui empêche leur utilisation à plus grande échelle. En revanche, on a démontré la capacité de *Trichoderma* à augmenter la rhizodégradation d'antibiotiques en utilisant des cultures hétérotrophiques de racines chevelues ou des plantes entières dans une phytochambre. On a élucidé les mécanismes d'activation du peroxydisulfate par des particules nanométriques d'oxyde de cuivre (CuO) montrant la prédominance des ions cupryl dans la dégradation d'antibiotiques. L'inclusion de métaux comme le cuivre ou le cérium dans des hydroxydes doubles lamellaires permet également l'amélioration des procédés Fenton

hétérogène pour la désinfection et la décontamination d'eaux usées. L'intégration des traitements biologiques (bio-inoculation de zones humides artificielles par des champignons) et de traitements chimiques (Fenton hétérogène) a été introduit comme traitement tertiaire à une échelle pilote (TRL 4-6). Le projet contribue à la transition vers des systèmes de traitement décentralisés à faibles coûts énergétiques qui pourraient être adoptés par les villes.

Production scientifique et valorisation

Genthe B., *et al.* (2020) Antimicrobial resistance screening and profiles. A glimpse from the South African perspective, *J Water & Health*, 18(6), pp. 925-936.

Costa-Serge N., *et al.* (2023) Simultaneous disinfection of urban wastewater and antibiotics degradation mediated by CuMgFe-B(OH)₄ layered double hydroxide with different oxidizing agents, *Chemical Engineering Journal*, 466, p. 143080.

Tadić D., *et al.* (2024) Partially saturated vertical surface flow constructed wetland for emerging contaminants and antibiotic resistance genes removal from wastewater: The effect of bioaugmentation with *Trichoderma*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 12 (2), p. 112128.

Sosa-Alderete L., *et al.* (2023). Investigating the transformation products of selected antibiotics under three in vitro biotransformation models for anticipating their relevance in bioaugmented constructed wetlands, *Toxics*, 11(6), 508.

Chan L. (2022) *Procédé hétérogène de type Fenton à base d'oxyde de cuivre et de peroxydisulfate pour le traitement des eaux usées urbaines*, thèse de doctorat.

Début du projet : 2019 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 297 000 €

Partenaires

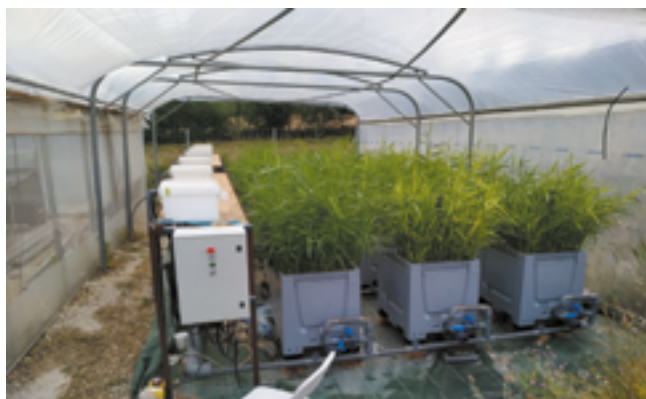
Council for Scientific and Industrial Research (Afrique du Sud) | Helmholtz Munich (Allemagne) | Sao Paulo State University (Brésil)

Coordination

Serge Chiron – Université de Montpellier
serge.chiron@umontpellier.fr

Pilote fondé sur la bio-augmentation de zones humides artificielles avec *Trichoderma* pour le traitement d'eaux urbaines installé sur la plateforme de réutilisation des eaux usées traitées de Murviel-Lès-Montpellier.

© A. Sauvêtre, projet IDOUM.



INCERDD

Prise en compte des incertitudes pour des décisions durables

CHAPITRE 5 | EAU EN VILLE

Rappel des objectifs

L'évaluation des conséquences possibles d'une décision selon un regard transversal incluant des dimensions financières, environnementales et sociétales et à différentes échéances de temps (5 à 30 ans) est une nécessité dans une perspective de développement durable.

Le projet INCERDD a pour objectif de développer des méthodes permettant la prise en compte de multiples incertitudes dans l'évaluation multicritère des décisions en matière de gestion d'ouvrages urbains et d'aménagement du territoire dans une perspective de développement durable. Il associe un objectif de recherche fondamentale sur la problématique des incertitudes et un objectif de recherche appliquée vis-à-vis de deux études relatives à la gestion de réseaux techniques et des risques naturels.

Il vise ainsi à identifier des stratégies alternatives de gestion d'une problématique urbaine, à formaliser une grille de critères d'analyse de ces alternatives, à les évaluer au moyen de différentes méthodes, puis à hiérarchiser ces alternatives en prenant explicitement en compte les incertitudes associées.

En support à ces développements, deux champs d'application sont retenus : (i) la problématique de la gestion des réseaux d'assainissement avec des décisions relatives à la maintenance, l'extension ou l'amélioration des réseaux dans un contexte de vieillissement des équipements, d'évolution des besoins, de changements climatiques, d'accroissement urbain ; (ii) la problématique de la gestion des risques naturels avec des décisions relatives à la maîtrise des aléas (inondations ou mouvements de terrains), la réduction des vulnérabilités et la réglementation du foncier (PPR, PLU).

Résultats majeurs

Les principaux faits marquants sont : (i) l'application de méthodes issues du génie industriel et du management de l'innovation aux projets urbains pour appréhender les acteurs, analyser et caractériser leurs besoins ; (ii) l'analyse critique de l'état de l'art sur le développement durable, sa déclinaison aux deux études de cas du projet (gestion des risques naturels et des réseaux d'assainissement) et le développement final d'une grille de critères et indicateurs en lien avec le développement durable ; (iii) le développement de nouvelles

méthodologies d'évaluation des incertitudes et de hiérarchisation des stratégies pour les deux études de cas, avec une implication forte d'une collectivité pour un des cas d'étude (Commune de Dieulouard), le second cas n'ayant pas pu bénéficier du même accompagnement ; (iv) la démonstration de la faisabilité opérationnelle de la prise en compte et de la propagation des incertitudes pour la hiérarchisation des décisions ; (v) la démonstration de la complémentarité (avec leurs limites) des approches ingénieurs et économiques lorsqu'elles sont appliquées à un même cas.

Production scientifique et valorisation

Edjossan Sossou A.M., *et al.* (2014) A decision-supporting methodology for assessing the sustainability of natural risk management strategies in urban areas, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14, pp. 3207-3230.

Edjossan M., *et al.* (2016). Prise en compte des incertitudes dans l'évaluation de la durabilité des décisions de gestion des risques d'origine naturelle, in Merad M., *et al.* (eds.) *Risques majeurs, incertitudes et décisions. Approche pluridisciplinaire et multisectorielle*, MA Editions.

Edjossan-Sossou A. M., *et al.* (2020) Sustainable risk management strategy selection using a fuzzy multi-criteria decision approach, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 45, p. 101474.

Début du projet : 2011 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 445 111 €

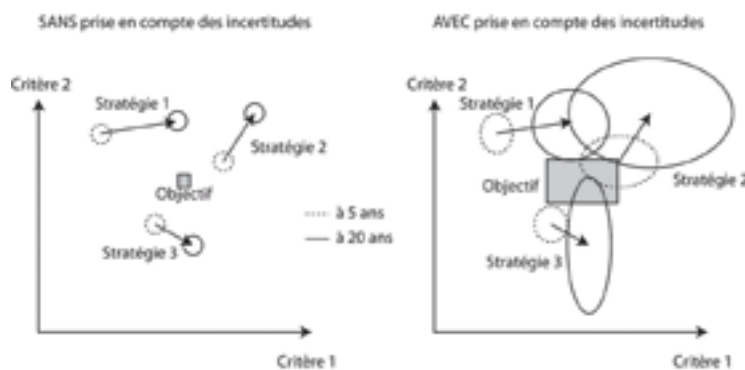
Partenaires

Université de Bordeaux | Université Clermont Auvergne | Université de Savoie | INERIS | Mines Nancy | Agence de Développement et d'Urbanisme de l'Aire Urbaine Nancéenne | Communauté Urbaine du Grand Nancy | Direction départementale des territoires 54

Coordination

Olivier Deck – Université de Lorraine
 olivier.deck@mines-nancy.univ-lorraine.fr

Évaluation à 5 et 20 ans de 3 stratégies selon 2 critères :



Quelle est la meilleure stratégie compte tenu des incertitudes portant sur leur évaluation et sur l'objectif visé ?

Sans incertitude, l'évaluation d'une stratégie est représentée par des petites surfaces. Elle évolue dans le temps (court terme au long terme). Avec incertitude, ces surfaces prennent une forme plus large. L'incertitude peut porter à la fois sur l'évaluation des stratégies ainsi que sur l'objectif recherché.

© Projet INCERDD.

INOGEV

Innovations pour la gestion durables de l'eau en ville - connaissance et maîtrise de la contamination des eaux pluviales urbaines.

Rappel des objectifs

Le contexte réglementaire de plus en plus contraignant (directive-cadre sur l'eau 2000/63 visant le bon état écologique des milieux à l'horizon 2015) impose des réductions drastiques des micropolluants organiques et minéraux (substances prioritaires, polluants émergents) dans les masses d'eau (cours d'eau et nappes) alors même qu'ils sont encore peu souvent analysés et que les protocoles analytiques sont encore mouvants. Les eaux pluviales urbaines sont suspectées de contribuer significativement à la contamination en micropolluants des milieux aquatiques. Pour pouvoir agir efficacement contre ces apports polluants, il est nécessaire d'identifier leurs principales sources et d'analyser leur comportement dans le cycle urbain de l'eau. Ce projet vise à aider les concepteurs et gestionnaires des collectivités locales à définir des stratégies efficaces de gestion des flux de polluants associés aux eaux pluviales urbaines. Le système considéré est un bassin versant séparatif urbain où l'on distingue l'atmosphère, les surfaces (chaussées, toitures, etc.), le système d'assainissement pluvial et l'exutoire. Il s'agit de quantifier les flux de polluants et de préciser leur origine, mais aussi d'analyser les conditions du transfert de connaissance entre les résultats de recherche et l'application opérationnelle, afin de proposer des méthodes permettant aux collectivités d'optimiser leur gestion des flux polluants et d'évaluer la performance des actions qu'elles ont entreprises.

Résultats majeurs

Pour mieux comprendre les rejets de polluants issus d'une zone urbaine par temps de pluie, le projet a suivi une approche d'observation des flux de polluants et une approche visant la compréhension et la modélisation des processus de déposition et de lessivage des polluants. Trois bassins versants urbains séparatifs ont été retenus pour évaluer à leur exutoire les flux de polluants associés à 77 micropolluants (métaux, hydrocarbures aromatiques polycycliques, pesticides, alkylphénols, polybromodiphényl éthers). La base de données constituée met en évidence le caractère ubiquiste d'un panel de micropolluants avec une influence limitée du type d'occupation du sol. La contribution de l'atmosphère à la pollution globale d'un bassin versant est abordée plus finement. Une méthode innovante, basée sur l'utilisation de la fluoresceine et de Be7 comme traceurs, a été développée afin de caractériser l'influence de la nature des surfaces urbaines (facteur 10 entre surfaces lisse et rugueuse), des conditions météo, de la thermophorèse et de l'exposition sur les vitesses de dépôt.

L'analyse des pratiques d'innovation dans les politiques d'assainissement des agglomérations a également été réalisée et mise en regard des pratiques de collaborations entre chercheurs et collectivités territoriales. La légitimité des observatoires est reconnue au niveau scientifique (labellisation SOERE). Le rôle important des « médiateurs », qui font le lien entre le monde de la recherche et les services urbains (par exemple un ancien doctorant travaillant dans une collectivité), est mis en avant.

Production scientifique et valorisation

Percot S., *et al.* (2013) Beryllium-7 as a tracer of metals, pesticides and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban aerosol in Nantes, France, *Atmospheric Environment*, 74, pp. 338-345.

Gasperi J., *et al.* (2013) Micropollutants in urban stormwater: occurrence, concentrations and atmospheric contributions for a wide range of contaminants in three French catchments, *Environmental Science and Pollution Research*, 21 (8), pp. 5282-5283.

Sébastien C., *et al.* (2013) Stormwater retention basin efficiency regarding micropollutants loads and ecotoxicity, *Water Science & Technology*, 69 (5), pp. 974-81.

Petrucci G., *et al.* (2014) Nonpoint source pollution of urban stormwater runoff: a methodology for source analysis, *Environmental Science and Pollution Research*, 21 (17), pp. 10225-10242.

Hannouche A., *et al.* (2017) Stochastic evaluation of annual micropollutant loads and their uncertainties in separate storm sewers, *Environmental Science and Pollution Research*, 24(36), pp. 1-15.

Début du projet : 2011 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 880 000 €

Partenaires

ENPC | INSA Lyon | IRSN | Nantes Métropole | Grand Lyon | CG94

Coordination

Véronique Ruban – Université Gustave Eiffel
veronique.ruban@ifsttar.fr

Pluviomètre découvrant et capteurs d'aérosols (université Gustave Eiffel).

© V. Ruban, projet INOGEV.



OMEGA

Outil Méthodologique d'aide à la Gestion intégrée d'un système d'Assainissement et par extension au système de gestion des eaux urbaines

Rappel des objectifs

Le système de gestion des eaux urbaines doit être étudié au travers de fonctions traduisant les services rendus par le système de gestion des eaux urbaines dans ses différentes dimensions (économiques, sociales, environnementales, techniques, organisationnelles et opérationnelles). Cela implique un triple changement d'échelles : (i) spatial : en considérant la globalité des eaux (usées, pluviales, potables, naturelles et d'agrément), et l'ensemble du cycle de l'eau sur le territoire ; (ii) organisationnel : passer du service d'assainissement à un processus interservices incluant les services de la voirie, de la propreté, des espaces verts, de l'urbanisme, des transports, des grands travaux... La collaboration doit également être renforcée avec les aménageurs publics/privés, les institutionnels ; (iii) au niveau des acteurs : au-delà de la multiplicité des intervenants pour la conception et l'entretien des dispositifs, la place du citoyen, usager, consommateur s'élargit pour aller d'usager du service de l'assainissement et de l'eau, de payeur de la facture d'eau, de victime en cas de dysfonctionnement vers un rôle plus dynamique, à titre individuel ou au sein d'associations.

Résultats majeurs

La principale retombée attendue est de permettre aux différents acteurs de la gestion urbaine de l'eau d'aborder de façon efficace les grands défis environnementaux qu'ils ont à affronter (limitation des risques d'inondation, atteinte du bon état chimique et écologique des masses d'eau, gestion de la ressource en eau, économies d'énergie, diminution des émissions de GES, etc.). Ces défis sont abordés sans augmenter de façon importante les moyens financiers mobilisables et seule une façon différente de poser les problèmes peut leur permettre de trouver des solutions durables. Une condition préalable indispensable consiste à passer de la gestion optimisée d'un système d'assainissement au développement d'un système durable de gestion des eaux usées et des eaux pluviales urbaines.

Le projet OMEGA a conduit à établir une première représentation exhaustive des services à fournir par le système de gestion des eaux urbaines (Belmeziti *et al.*, 2015) dont se sont inspirés ensuite de nombreux chercheurs en France et à l'international. Définir les attentes liées aux systèmes de gestion des eaux urbaines permet de construire un cadre global pour évaluer de manière holistique les performances

concernant la gestion de l'eau potable, des eaux usées et des eaux pluviales. Ce cadre a également été repris spécifiquement pour, par exemple, caractériser les services fournis par les espaces verts en ville, ou par les solutions fondées sur la nature pour la gestion des eaux pluviales.

Ce projet a également démontré sa faisabilité sur plusieurs territoires et concernant plusieurs services fournis : la méthode est librement téléchargeable et utilisable par les collectivités (<https://t.ly/Omega-Guide>). De plus, OMEGA était parmi les premiers projets interdisciplinaires dans le domaine de l'hydrologie urbaine, avec une forte coordination pour la résolution d'un problème unifié. Le rapport scientifique du projet (<https://t.ly/OmegaRapport>) est une source d'inspiration qui pourra s'avérer très utile pour les projets interdisciplinaires ou transdisciplinaires, notamment les sections concernant le cadre du travail de recherche ou le glossaire.

Production scientifique et valorisation

Belmeziti A., *et al.* (2015) Transitioning to sustainable urban water management systems: how to define expected service functions? *Civil Engineering and Environmental Systems*, 32(4), pp. 316-334.

Cherqui F., *et al.* (2015) Assessing urban potential flooding risk and identifying effective risk-reduction measures, *Science of The Total Environment*, 514(1), pp. 418-425.

Nafi A., *et al.* (2014) Eco-EAR: A method for the economic analysis of urban water systems providing services, *Urban Water*, online: 14 Jan.

Benzerra A., *et al.* (2012) Decision support for sustainable urban drainage system management: A case study of Jijel, Algeria, *Journal of Environmental Management*, 101, pp. 46-53.

Début du projet : 2010 | Duré : 36 mois

Financement ANR : 471 525 €

Partenaires

Suez Eau France | INRAE

Coordination

Frédéric Cherqui – INSA Lyon
fcherqui@gmail.com

Le projet OMEGA vise à fournir une boîte à outils permettant d'aider au pilotage du système de gestion des eaux urbaines.
© F. Cherqui, projet OMEGA.



RER

Risques – Évacuations – Résilience

Rappel des objectifs

Après les inondations en Île-de-France et dans un contexte de changements environnementaux, ce projet vise à lever les verrous liés à la prise en compte des populations, de leurs comportements, mobilités, besoins et représentations pour la compréhension de la vulnérabilité et de la résilience d'une grande métropole. Ce projet interdisciplinaire s'appuie sur des croisements méthodologiques et une grande enquête qui vise à cartographier les représentations et anticiper les comportements par territoire et par profils démographiques. Elle ouvre sur une simulation multi-agent des crises, pour anticiper les départs spontanés ou les refus d'évacuation, par territoire et par profils sociodémographiques. Le projet vise une meilleure caractérisation des risques, vulnérabilité, résilience et une évaluation des stratégies de gestion des risques et d'adaptation avec les acteurs du territoire. Malgré l'engouement récent pour la « culture du risque », les différentes études des déterminants des représentations des risques et leurs effets sur les niveaux de préparation ou d'adaptation des populations exposées conduisent à des conclusions diamétralement opposées. De nombreuses théories et hypothèses concurrentes ont été formulées dans de nombreuses disciplines, mais aucune explication définitive n'a encore été trouvée. La fragmentation actuelle du champ rend difficile la validation croisée des résultats dans un domaine qui s'apparente à une collection indépendante d'études de cas isolées.

Résultats majeurs

Le projet a débouché sur l'émergence d'un réseau européen et d'une ERC Consolidator qui démarrera en 2024. Sur le plan scientifique, le projet a montré que pour faciliter la comparaison entre les enquêtes, des efforts méthodologiques sont encore nécessaires, pour rendre plus explicites les choix, élargir les fondements théoriques, tester des ensembles plus larges d'explications dans différentes disciplines et accorder plus d'attention à la robustesse des méthodes et démonstrations. Les résultats montrent que de nombreuses personnes attendent qu'il soit trop tard pour évacuer. De plus, à Paris, malgré un exercice européen puis les inondations de 2016 et de 2018, la moitié

des personnes exposées se perçoit, à tort, comme étant en sécurité et 20 % des Franciliens déclarent ne pas savoir s'ils habitent en zone inondable. Il est difficile d'imaginer des campagnes d'information plus efficaces que l'expérience directe : ce n'est pas un problème de pédagogie ou de « culture du risque ». Les personnes en situation de vulnérabilité et plus exposées aux aléas se déclarent moins conscientes des risques et moins capables d'agir. Ceci explique leur plus grande difficulté à évacuer et leur moindre aisance à prendre des mesures de réduction des risques ou d'adaptation. L'une des conséquences est que les politiques visant à réduire la vulnérabilité sociale pourraient être plus efficaces que les campagnes de communication pour améliorer la préparation et favoriser les évacuations ou l'adaptation.

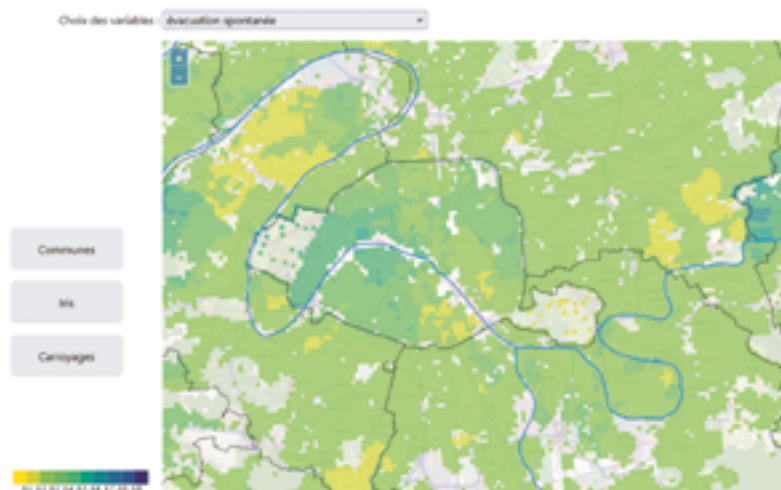
Production scientifique et valorisation

Rufat S., et al. (2023) Insights into the complementarity of natural disaster insurance purchases and risk reduction behavior. *Risk Analysis*, p. 14130.
 Rufat S., Howe, P. D. (2023) Small-area estimations from survey data for high-resolution maps of urban flood risk perception and evacuation behaviour. *Annals of the American Association of Geographers*, 113(2), pp. 425-447.
 Rufat S., Botzen W. W. (2022) Drivers and dimensions of flood risk perceptions: Revealing an implicit selection bias and lessons for communication policies. *Global Environmental Change*, 73, p. 102465.
 Rufat S., et al. (2022) Surveying the surveyors to address risk perception and adaptive-behaviour cross-study comparability. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22(8), pp. 2655-2672.

Début du projet : 2021 | Durée : 36 mois
Financement ANR : 262 384 €

Coordination
 Samuel Rufat – PLACES, CY Cergy Paris Université
samuel.rufat@u-cergy.fr

Estimation de la probabilité d'évacuations spontanées en cas d'inondation à Paris et en région (webmapping avec des carreaux de 200 mètres).
 © S. Rufat, projet RER.



RESILIS

Gouvernance des systèmes urbains pour une ville résiliente

CHAPITRE 5 | EAU EN VILLE

Rappel des objectifs

Bien que la société urbaine soit de plus en plus complexe, la gestion des risques est principalement centrée sur la gestion de crise au détriment de la prévention et des plans de rétablissement. Les mesures et les actions sont également dédiées à un seul secteur ou organisation (décideur public, gestionnaire de réseaux, entreprise, services d'urgence) alors que les interdépendances entre organisations, infrastructures et activités sont fortes en milieu urbain. Enfin, la gestion des risques favorise les mesures à court terme et peine à impliquer les populations. Le projet RESILIS vise précisément à développer des solutions innovantes pour l'amélioration de la résilience de la ville : par une meilleure gouvernance multi-échelles et multi-acteurs, par une action sur les populations et par une gestion optimisée des réseaux techniques la structurant.

Considérant ces enjeux, une analyse du système urbain favorise une approche intégrée incluant une meilleure compréhension des interdépendances et des interactions entre acteurs. La mise en œuvre des méthodes d'analyse fonctionnelle détaille les fonctions internes et les interactions externes existant entre les différents composants de la ville. L'analyse fondée sur l'étude de retours d'expériences, de scénarios de défaillance et en particulier des effets dominos, identifie et évalue les impacts de ces perturbations sur le système urbain. L'analyse des résultats met en avant les composants critiques contribuant à la vulnérabilité ou la résilience de la ville.

Résultats majeurs

Nous définissons le système urbain comme un système composé de cinq sous-systèmes en interaction : la population, les habitats, les entreprises, les infrastructures publiques et les systèmes techniques. Ce découpage met en avant les enjeux à maintenir face à une perturbation. L'application de méthodes issues de la sûreté de fonctionnement aux systèmes composant le système urbain permet d'identifier de manière exhaustive les modes de défaillances possibles et leurs effets sur les fonctions du système urbain. Après une revue bibliographique sur la vulnérabilité et les méthodes d'évaluation appliquées à des retours d'expérience, nous définissons la résilience urbaine comme la capacité d'une ville à absorber une perturbation puis à recouvrer ses capacités de fonctionnement. Nous cherchons, à travers l'étude de retours d'expériences positifs, des bonnes pratiques et des indicateurs de la résilience d'une ville. Nous détaillons trois facteurs d'amélioration de la résilience : (i) la résilience technique qui

correspond à la capacité des systèmes techniques à supporter une perturbation et à en limiter les effets ; (ii) la résilience organisationnelle qui correspond à la capacité des acteurs à adapter leur fonctionnement vis-à-vis d'une perturbation ; (iii) la résilience culturelle qui correspond à la capacité des individus, des groupes et de tous les acteurs de la ville, à faire face à une perturbation, à se remettre rapidement et à reprendre une vie ou une activité normale. Le projet a permis la réalisation d'outils et de guides techniques et a donné lieu au projet européen FloodProbe dont l'EIVP était partenaire.

Production scientifique et valorisation

Toubin M., et al. (2012) An auto-diagnosis tool to highlight interdependencies between urban technical networks, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, pp. 2219-2224.

Arnaud J.P., et al. (2011) The resilience engineering offer for municipalities, in Serre D., Barroca B., Laganier R. (eds.) *Resilience and urban risk management*, CRC Press, Taylor&Francis Group.

Toubin M., et al. (2012) Promote urban resilience through collaborative urban services management, *Global Risk Forum*, 26-30 août 2012, Davos, Suisse.

Toubin M., et al. (2012) La résilience urbaine: un nouveau concept opérationnel vecteur de durabilité urbaine? *Développement Durable et Territoires*, 3, 1, pp. 1-15.

Toubin M., et al. (2013) Améliorer la résilience urbaine par une gestion intégrée des services urbains, *Colloque international du LabEx Futurs Urbains*, 16-18 janvier 2013, Marne-la-Vallée.

Bambara G., Felix H., Peyras L. (2013) *RESILIS - Guide pratique de la résilience urbaine*, 89 p.

Début du projet : 2010 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 370 274 €

Partenaires

Artelia | Egis Concept | IIRD | École des Ingénieurs de la Ville de Paris | Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines | Fondaterra | INRAE | LEESU

Coordination

Jean-Pierre Arnaud - Egis

Youssef Diab - EIVP

Trois aspects complémentaires pour une approche intégrée de la résilience.

© M. Toubin, projet RESILIS.



RGC4

Résilience urbaine et gestion de crise dans un contexte de crue à cinétique lente. Développement d'outils pour l'aide à la gestion des réseaux techniques critiques : application au Grand Paris

Rappel des objectifs

Selon l'OCDE (2014, 2018), une crue majeure de la Seine en Île-de-France pourrait provoquer des dommages directs de 30 milliards d'euros et une perte du PIB sur 5 ans de 50 milliards d'euros. La durée de la crue, l'exposition et la sensibilité des infrastructures réseaux constituent des éléments aggravants majeurs.

Le projet RGC4 ambitionne la production d'outils et de nouvelles connaissances pour améliorer la préparation à une crue de la Seine et plus particulièrement la prise en compte de la vulnérabilité des réseaux. Il associe universitaires et acteurs opérationnels : Préfecture de Police, Région Île-de-France, Ville de Paris, collectivités et opérateurs réseaux.

Le sujet apparaît très complexe de par son étendue géographique, la diversité de ses objets et acteurs et au manque de retours d'expériences depuis la dernière crue majeure en 1910. Le projet réunit des compétences en sciences de l'ingénieur et en sciences humaines et sociales mobilisées sur la production de connaissances et le développement d'applications finalisées permettant de faire des simulations de préparation à la gestion de crise. Un point important concerne la mise en place d'un processus de cocréation avec les acteurs de l'opérationnel. La méthodologie comprend la participation à des exercices de simulation, un nombre important d'entretiens et des enquêtes auprès des acteurs de la gestion de crise, notamment les ménages, ainsi que le développement de modèles de simulations quantitatifs et de SIG.

Résultats majeurs

En termes de connaissance on note la constitution de retours d'expériences spécifiques à la gestion des réseaux des métropoles touchées par des inondations majeures, un état des lieux des acteurs et initiatives en Île-de-France, et un état de l'art sur les vulnérabilités des réseaux et des effets cascades.

Les enquêtes menées auprès des ménages touchés par des dysfonctionnements de réseaux lors des crues de 2016 et 2018 ont permis de générer des données sur leur tendance à auto-évacuer ou rester selon l'avancement des coupures. Ces résultats et d'autres enquêtes menées auprès des ménages de l'ensemble Beaugrenelle ont permis d'alimenter un modèle couplant simulations multi-agent et de Monte-Carlo pour prédire la cinétique d'auto-évacuation des habitants des tours face aux consignes d'évacuation et l'arrêt progressif des réseaux. Enfin l'élaboration de l'application MOPPI (MObilité du Personnel en Période d'Inondation), appliqué pour la RATP mais applicable à toute

autre organisation, permet de réaffecter le personnel au sein des différents lieux de travail d'une organisation, en tenant compte des probables perturbations de l'offre de transport générées par une inondation. À partir de simples fichiers des adresses des agents, l'outil calcule les temps de parcours des employés vers tous les établissements en se fondant sur des scénarios de perturbations des réseaux de transport. Le distancier produit résout un problème d'optimisation (de manière exacte ou approchée), en maximisant le nombre d'employés pouvant se rendre sur un lieu de travail adéquat et accessible.

Production scientifique et valorisation

Pottier N., *et al.* (2022) Vulnérabilité et résilience de la zone métropolitaine de Paris face au risque de crue majeure de la Seine. L'apport du projet de recherche "RGC4", in Atik M., *et al.* (2022) *Vulnérabilité et résilience territoriale. Regards croisés euro-méditerranéens en contexte de risques et changement climatique*, Presses de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines-Université Ibn Zohr (Maroc), pp. 23-73.

Bocquentin M., *et al.* (2020) Vers une meilleure prise en compte des défaillances en cascade au sein des réseaux franciliens interdépendants face aux crues majeures », *La Houille Blanche*, 1, pp 70-78.

Pottier N., *et al.* (2023) Household resilience to slow onset flooding: A study of evacuation decision triggers in high-rise buildings along the Seine in Paris, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 95, p. 103858.

Edjossan-Sossou A.M., *et al.* (2020) Agent-based model for simulating households' self-evacuation decision in high-rise buildings under critical infrastructure failures induced by a slow-onset flood conditions - A case study in Paris, *IDRIM Journal*, 10, 2, pp. 35-65.

Début du projet : 2016 | Durée : 32 mois

Financement ANR : 300 067 €

Partenaires

INSA Rouen | Université de Lorraine | Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines | Université Paris Est Créteil

Coordination

Marc Vuillet – École des Ingénieurs de la Ville de Paris
marc.vuillet@eivp-paris.fr



Paris lors de la crue de juin 2016.
© M. Bocquentin, projet RGC4.

TANGO

Transition de l'assainissement urbain vers une nouvelle gestion de la matière organique

Rappel des objectifs

Passer d'un métabolisme urbain linéaire vers une économie circulaire des ressources est un défi de taille pour les systèmes urbains. Le système d'alimentation-excrétion n'échappe pas à cette réalité. Les matières organiques et nutriments issues de notre alimentation se retrouvent dans les biodéchets et dans nos excréments et sont peu valorisés alors qu'ils sont utiles pour l'agriculture. Le tri à la source de ces matières permet d'augmenter les taux de valorisation par rapport à une action en bout de chaîne. La séparation à la source, le traitement et la valorisation des déchets organiques (biodéchets et excréments) sur site est ainsi une solution pertinente, mais qui ne se justifie économiquement que si ces opérations sont correctement organisées, soutenues financièrement, acceptées socialement, reconnues pour leurs bénéfices environnementaux et ne génèrent pas de nuisances.

Le projet TANGO souhaite lever les verrous sociotechniques ci-dessous avec les actions suivantes :

- i. Un manque de simulations globales des flux matière et énergie à l'échelle d'un territoire urbain pour juger de la pertinence de scénarios de gestion. Des outils de modélisation de scénarios prospectifs de cette gestion seront développés et testés sur le territoire toulousain.
- ii. Des modes de collecte qui génèrent des gênes et nuisances et imposent des fréquences de collecte élevées et onéreuses. Deux prétraitements de gestion de proximité des matières organiques seront comparés après avoir développé une méthode de qualification.

- iii. Un défaut d'analyse des freins et leviers pour accroître la diffusion de nouvelles pratiques par les usagers et professionnels. Par une analyse des projets en cours, TANGO s'intéressera donc aux dynamiques de diffusion sur les territoires de la pratique et de la construction de filières et de politiques.
- iv. Des acteurs multiples à réunir et à faire travailler de concert pour faire émerger des cas concrets. Des outils d'animation seront développés et utilisés dans le cadre du projet TANGO.

Début du projet : 2023 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 474 412 €

Partenaires
 Toulouse Métropole | Le Sommer Environnement | SOLAGRO | ENPC | MEIKO France

Coordination
 Étienne Paul – TBI, INSA Toulouse
 paul@insa-toulouse.fr



Schéma synoptique du projet TANGO.

© M. Peyre Lavigne, CRITT GPTE
 INSA Toulouse, projet TANGO.

URBANWAT

Outils et critères pour la gestion des eaux souterraines urbaines

Rappel des objectifs

Le devenir des contaminants émergents provenant des eaux de ruissellement/pluviales dans les zones urbaines suscite une préoccupation, car cela représente une menace pour la gestion de l'eau. L'eau contaminée peut atteindre, par exemple, la rivière qui traverse la ville, contribuant à la dégradation de l'écosystème aquatique, ou l'aquifère qui alimente en eau potable la communauté. Dans ce cadre, l'un des objectifs du projet URBANWAT est d'évaluer la capacité du sol urbain en particulier de Barcelone à retenir les contaminants émergents des eaux de ruissellement, dans le but de proposer une amélioration des outils et des critères pour la gestion des eaux souterraines dans les zones urbaines. L'objectif principal du partenaire CNRS était d'évaluer la capacité du sol de Barcelone de retenir certains contaminants émergents principalement pharmaceutiques en fonction de différentes contraintes d'écoulement/infiltration. Pour cela des expériences en laboratoire ont été réalisées en mettant en contact le sol de Barcelone avec de l'eau contenant des contaminants et issue de la ville de Barcelone. Puis des expériences en colonne pour évaluer l'effet de la vitesse d'écoulement sur l'efficacité de la rétention ont été réalisées.

Résultats majeurs

Les expériences en réacteur fermé ont été réalisées d'abord pour vérifier si le sol contenait déjà les contaminants cibles, puis pour connaître la capacité de sorption du sol. Les contaminants cibles ont différentes propriétés (pka, charge) qui entraînent leur sorption avec une efficacité variable par le sol testé (80-100 % de sorption pour la paroxétine et la venlafaxine (deux antidépresseurs), 60-80 % pour la cocaïne et la caféine, 40-60 % pour le tramadol (antalgique) et le clomazole (antifongique) et une faible sorption (< 40 %) pour une liste de

plus de 15 contaminants émergents. Des capacités de sorptions similaires ont été obtenues lors des expériences en colonne. Nous avons également étudié l'effet du débit (vitesse d'infiltration) sur la capacité de rétention du sol. Nous avons montré que la vitesse d'infiltration influençait la capacité de sorption des contaminants sur le sol de Barcelone. Plus la vitesse est lente plus la sorption est efficace.

Production scientifique et valorisation

Garcia-Rios M., *et al.* (2022) Evaluation of the Barcelona urban soil capacity for retention of concern emerging contaminants, *American Geophysical Union*, Chicago, USA.

Luquot L., *et al.* (2023) Evaluation of the Barcelona urban soil capacity for retention of emerging contaminants, *European Geosciences Union General Assembly*, 23-28 avril 2023, Vienna, Austria.

Début du projet : 2019 | Durée : 30 mois

Financement ANR : 240 931 €

Partenaires

CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Espagne) | ITUD Delft University of Technology (Pays-Bas) | Universitat de Barcelona (Espagne) | Hydrosiences Montpellier

Coordination

Linda Luquot – Géosciences Montpellier
linda.luquot@umontpellier.fr



Logo du projet URBANWAT.
© E. Vazquez, projet URBANWAT.

Chapitre 6

CLIMAT ET ADAPTATION

Malika Madelin (UMR PRODIG, université Paris Cité)

Habitées par plus de la moitié de la population mondiale, les villes font face à d'importants défis d'adaptation au changement climatique. La rugosité, les propriétés thermiques et la perméabilité des surfaces urbaines, ainsi que la chaleur anthropique générée par les activités, modifient localement le climat, d'autant que les villes se sont développées dans des configurations topographiques particulières (confluence, littoral...).

L'expression la plus visible de cette modification du climat par la ville est l'îlot de chaleur urbain (**projet H2C**, page 144), qui se manifeste essentiellement la nuit par des températures plus élevées dans les centres urbains que dans les campagnes environnantes, surtout lors de conditions de ciel clair et de vent calme. Cet îlot influence fortement la vie des citoyens, l'été, en période de fortes chaleurs, et peut avoir des impacts sanitaires importants en perturbant le temps généralement associé au repos. Les citoyens sont également exposés à la surchauffe urbaine, en journée, à l'origine d'un inconfort thermique (**H³Sensing**, page 145), ainsi qu'à la pollution de l'air (**MUFDD**, page 147 et **H2C**) et, parfois, à des événements météorologiques intenses (**STEWARd**, page 149). La densité de population et les enjeux en ville rendent ces territoires d'autant plus fragiles à d'autres risques plus répandus, tels que les risques côtiers (**ARICO**, page 138). Enfin, la gestion de la consommation énergétique urbaine (**MApUCE**, page 146, **MUSCADE**, page 148 et **VURCA**, page 154) pose des défis importants pour la transition écologique.

La diversité des projets financés par l'ANR et regroupés ici sous le volet « climat et adaptation » reflète la richesse et la complexité de ces enjeux. De la question de la biodiversité des espaces urbains (**COOLSCHOOLS**, page

140) à celle de la consommation énergétique et des choix architecturaux (MApUCE) ou encore à l'évaluation économique des bénéfices engendrés par la réduction de la vulnérabilité de la population aux vagues de chaleur (**VURCA**), chaque piste explorée vise à renforcer la capacité des villes à faire face aux impacts du changement climatique et à penser le futur. La plupart des projets portent sur l'adaptation aux fortes chaleurs, avec une diversité des échelles d'analyse : de l'échelle assez large de l'agglomération (H2C), du bloc d'immeubles (MApUCE), de la rue (**TIR4sTREEts**, page 151) ou encore à des échelles microclimatiques portant sur les matériaux des bâtiments et des chaussées (**THERMOCOAT**, page 150 et **UMat4CC**, page 152) ou sur l'expérience thermique du citoyen (**COOLSCAPES**, page 139, UMat4CC). À l'exception du projet STEWARD qui porte sur les agglomérations de Dakar et d'Abidjan, les projets sélectionnés portent sur des villes françaises, avec parfois une approche comparative ou complémentaire avec d'autres terrains à l'étranger (**ARICO**, page 138).

S'attacher à comprendre comment les villes peuvent s'adapter et à proposer de possibles stratégies nécessitent très souvent des consortiums de disciplines complémentaires, à l'image de plusieurs projets qui mettent en avant cette pluri/multidisciplinarité (par exemple, les projets COOLSCHOOLS, H2C, H3Sensing, MEDEA, TIR4sTREEts, **VegDUD** (page 153), VURCA. Quelques équipes sont assez incontournables, comme celle de Météo France Toulouse (impliquée dans les projets H2C, MUSCADE qui ont précédé MApUCE, URCLIM, VegDUD, VURCA), qui a notamment fait avancer les recherches sur la modélisation climatique de la ville, en ajoutant à chaque projet un des volets à intégrer dans le modèle

TEB. Cette continuité entre projets se retrouve aussi de COOLTREES à TIR4sTREEts. Les collaborations interdisciplinaires ont permis d'approfondir la connaissance des villes de demain face au changement climatique, de montrer la complexité des interactions entre les différentes facettes des systèmes villes. Une des finalités de plus en plus mises en avant relève du confort thermique et de la santé. Dans une étude de type épidémiologique, le projet H2C cherche à caractériser la vulnérabilité de la population, à identifier les impacts sanitaires, en termes de mortalité et de morbidité, de la chaleur et de la pollution de l'air en région parisienne. À l'inverse, le projet H3Sensing étudie l'exposition individuelle au stress thermique dans les activités quotidiennes et notamment les répercussions sur la qualité du sommeil.

Au-delà de la diversité des questions posées et des échelles d'étude, les projets présentés reposent sur une diversité d'approches méthodologiques, souvent associées, pour étudier l'adaptation des villes aux enjeux d'adaptation. Plusieurs intègrent des dispositifs métrologiques conséquents et originaux, en laboratoire (**MUFDD**, page 147 et **UMat4CC**), autour et au-dessus de bâtiments (**GREENVELOPES**, page 143 et **UMat4CC**), dans la rue (**TIR4sTREEts**), dans et à proximité de parcs urbains (H2C) et des arbres (**COOLTREES**, **TIR4sTREEts**). D'autres dispositifs s'attachent à récolter des mesures en mobilité à l'aide d'une plateforme mobile (**COOLSCAPES**) ou de capteurs portés par des volontaires (H3Sensing). Les mesures sont réalisées sur des paramètres météorologiques mais aussi écophysologiques (**COOLTREES**, **GREENVELOPES**, **TIR4sTREEts**) et sont ensuite souvent utilisées pour valider et améliorer les modèles numériques (**MUSCADE**, **MApUCE**, **COOLTREES**, **TIR4sTREEts**...). D'autres données issues des SIG (morphologie et ombrage) et de la télédétection (la végétation dans **VegDUD**, les températures de surface dans **DIAMS**, page 142 et **TIR4sTREEts**) complètent cette connaissance spatiale de la ville.

Quelques initiatives cherchent à modéliser à l'intérieur des bâtiments (H2C, H3Sensing) ou s'inscrivent à plus long terme (**MUSCADE**) en proposant des projections de la ville de demain, selon des hypothèses climatiques, macro-économiques, des évolutions de la ville, de l'énergie, etc. En parallèle, des approches plus qualitatives, beaucoup moins fréquentes, enrichissent la compréhension du confort thermique pour les habitants et ses implications sur le bien-être et la qualité du sommeil (H3Sensing), les usages des espaces

publics avec des installations de rafraîchissement par une cartographie des pratiques de l'espace (**COOLSCAPES**) ou les attentes des acteurs locaux (H2C, **MApUCE**, **URCLIM**, **MEDEA**).

Les recherches mentionnées ici visent à évaluer et à proposer des solutions d'adaptation des villes au changement climatique, à court terme avec des dispositifs d'alerte à des risques (**STEWARd**, H2C), à moyen et plus long terme sur l'aménagement urbain des villes et sur leur dimension/compacité. Les solutions de rafraîchissement sont très largement plébiscitées, en particulier à partir de matériaux innovants (**THERMOCOAT**, **UMat4CC**) et surtout de la (re) végétalisation des espaces dans les projets retenus : l'effet de l'ombrage des arbres et de l'évapotranspiration (**COOLTREES**, **TIR4sTREEts**) ; les parcs urbains (H2C) ; les toits et les murs végétaux des bâtiments dans **VegDUD** et dans **GREENVELOPES** quantifiant les échanges de carbone et d'eau entre les surfaces et l'atmosphère urbaine ; les cours d'école comme des abris climatiques dans **COOLSCHOOLS**. Au-delà de l'impact rafraîchissant, ces études s'intéressent souvent plus largement aux pratiques et perceptions des citoyens, et à la biodiversité.

Les acteurs des politiques publiques et les collectivités territoriales sont parfois intégrés dans le processus de recherche, soit en amont (par exemple, dans **ARICO**, dans la coconstruction de scénarios d'adaptation aux risques côtiers d'érosion et de submersion marine, impliquant une relocalisation des espaces bâtis menacés), soit en aval en appui lors de situations de crise (**STEWARd**) ou, sur le long terme, avec une volonté des chercheurs d'un transfert de connaissances pour l'aide à la décision (**MApUCE** avec des fiches et des pistes juridiques pour les documents de planification, **COOLSCAPES** avec son inventaire de solutions de rafraîchissement, H2C avec des ateliers de coconstruction autour d'un outil cartographique d'indicateurs territorialisés pour proposer des services climatiques urbains). S'il s'avère que des enquêtes sont parfois menées auprès des acteurs pour adapter la réponse aux besoins, le projet **MEDEA** approfondit la question en analysant leurs perceptions et attentes diverses, et propose une cartographie des controverses sur l'adaptation au changement climatique, pour mieux les comprendre, les faire comprendre, voire susciter l'émergence d'approches collectives d'adaptation.

ARICO

Co-construction de scénarios d'adaptation des territoires maritimes aux risques côtiers dans un contexte de changements climatiques en France et au Québec

Rappel des objectifs

Ce projet de recherche franco-qubécois porte sur la coconstruction entre chercheurs et acteurs de la société de scénarios d'adaptation aux risques côtiers. Dans un contexte de changements climatiques et de concentration des enjeux humains et bâtis sur les côtes, les risques côtiers d'érosion et de submersion marines sont en constante augmentation, tant sur les côtes françaises que qubécoises. Projeter ces espaces vulnérables dans un avenir durable devient un défi auquel la recherche interdisciplinaire et partenariale apporte des éclairages cruciaux.

Notre hypothèse fondamentale est que pour y parvenir, il convient d'investiguer trois niveaux emboîtés de la problématique : (i) comprendre la vulnérabilité systémique de ces territoires, par la connaissance à la fois des dynamiques naturelles et sociales ; (ii) analyser les politiques publiques, la dynamique des acteurs et l'usage des outils de gestion sur les deux territoires (France et Québec) ; (iii) investiguer les capacités d'adaptation des communautés côtières sur les deux territoires-ateliers (Communauté de communes du Pays Bigouden Sud en France et Municipalité Régionale de Comté de Matane au Québec). Les avancées sur ces trois questions de recherche viennent alimenter la (iv) coconstruction de scénarios d'adaptation. Le choix des méthodes et outils déployés (indicateurs de vulnérabilité, plateformes numériques de données, enquêtes auprès d'acteurs du territoire, frises chronologiques, cartographies narratives, jeux sérieux...) a été effectué afin qu'ils puissent être transférés sur d'autres sites.

Résultats majeurs

Les résultats du projet ont apporté des avancées sur les 4 axes de la recherche : (i) des indicateurs de vulnérabilité (aléas, enjeux, gestion et adaptation) ont été « bonifiés » en tirant parti des expériences françaises et qubécoises. La méthode est reproductible sur d'autres territoires. Des frises chronologiques retracent l'histoire de l'occupation des sites ateliers et les réponses successives aux dommages causés par les aléas d'érosion et de submersion. Elles permettent de tracer des trajectoires d'adaptation ; (ii) la comparaison des politiques publiques de gestion des risques côtiers a permis de pointer de nombreuses similitudes dans les systèmes de gouvernance des deux États, mais aussi des particularités, notamment dans les systèmes d'indemnisation et les pratiques de concertation ; (iii) sur les aspects psychosociaux, les enquêtes menées auprès des habitants et les forums ouverts ont montré un très fort attachement au territoire, couplé à une forte dimension identitaire en lien avec la mer, une

tendance à mettre les risques côtiers, bien que connus, « à distance » des sujets de préoccupations majeurs, une incertitude quant aux changements climatiques et une volonté d'implication pour certains ; (iv) la coconstruction de scénarios d'adaptation est aujourd'hui en pleine effervescence. Les deux territoires d'étude se sont engagés dans des projets d'adaptation incluant la relocalisation de bâti menacé. Même s'il est difficile d'estimer la part précise d'ARICO dans ces avancées majeures, elle est clairement reconnue par les acteurs institutionnels de ces territoires.

Production scientifique et valorisation

Delannoy J., *et al.* (2021) Influence des systèmes d'indemnisation des risques côtiers sur les choix résidentiels en France et au Québec, *Bulletin de l'Association de géographes français*, 3/4, pp. 498-51.
 Guyon L., *et al.* (2023) Analyse comparée et appliquée à un territoire fictif des politiques publiques de gestion des risques côtiers en France et au Québec, *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 23, 2.
 Lesouef B., *et al.* (2023) La pertinence des indices de vulnérabilité aux aléas naturels pour les gestionnaires : une approche mixte de la revue de littérature, *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 23,3.

Début du projet : 2020 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 359 435 €

Partenaires

Université de Brest | Université de Lille | Université du Québec (Canada) | Conseil Départemental 29 | Communauté de communes Pays Bigouden Sud | Parc Naturel Régional du Golfe du Morbihan | Direction départementale des Territoires et de la mer 29-SGDML | Lorient Agglo-DEDD | Association Nationale des Élus du Littoral

Coordination

Catherine Meur-Ferec – Université de Bretagne Occidentale – meurferec@univ-brest.fr
 Guillaume Marie – UQAR Québec
guillaume_marie@uqar.ca

Trois questions de recherche nourrissant des scénarios coconstruits.
 © Projet ARICO.



COOLSCAPES

L'espace urbain climatisé : perspectives techniques, spatiales et culturelles

Rappel des objectifs

Rendre la ville habitable lors des épisodes caniculaires est un enjeu de première importance pour les collectivités. Les stratégies d'adaptation des environnements urbains aux changements climatiques, comme le développement de parcs urbains ou la révision des règles d'urbanisme, ne porteront leurs fruits qu'à moyen, voire long terme. Dans l'intervalle, des solutions palliatives doivent être mises en œuvre. Elles se déploient souvent sous la forme d'installations éphémères ou durables capables de proposer des opportunités de rafraîchissement en différents points de l'espace public. Ces dispositifs de rafraîchissement se développent dans les grandes villes depuis deux décennies. Le projet COOLSCAPES s'est donné pour objectif d'étudier ces dispositifs qui mettent en œuvre une grande diversité de techniques de type « bleu » (fontaines, brumisateurs, cascades, etc.), « vert » (végétation sous différentes formes), « blanc » (canopées, filtrage, etc.) ou « gris » (ventilateurs, tissus humides, etc.). Notre objectif a été de mieux comprendre les potentiels de rafraîchissement de ces dispositifs dans leur contexte et les usages spécifiques que les citoyens en font pendant la période estivale.

La recherche s'est attachée à étudier les variables climatiques à l'échelle du corps humain et à confronter ces mesures aux usages et comportements des citoyens pour analyser l'expérience thermique des lieux. L'équipe du projet a mis en place une méthode originale de métrologie climatique mobile combinée à l'observation passive des usages de l'espace par des relevés cartographiques numériques. La méthode a été expérimentée sur six sites à Nantes et Paris pendant les étés 2020 et 2021. COOLSCAPES a également intégré une étude de la production contemporaine et des réflexions des acteurs de l'aménagement urbain à propos du rafraîchissement urbain. La méthode choisie s'est basée sur un répertoire analytique comprenant 182 références d'espaces publics, une campagne d'entretiens et un atelier de prospective urbaine.

Résultats majeurs

Le projet COOLSCAPES a tout d'abord permis la mise en place d'une station météorologique mobile, l'expérimentation de ses usages et de ses limites, le développement des chaînes de traitement des données, ainsi que la compréhension approfondie du type de données captées. Ce travail s'est révélé essentiel pour élaborer une méthode

d'accompagnement des métropoles dans leurs initiatives visant à adapter les espaces publics aux conditions estivales de plus en plus chaudes. Parallèlement, le répertoire de projets, accessible sur le site www.coolscares.net, a joué un rôle significatif dans le transfert de l'expertise développée aux municipalités et aux concepteurs, les aidant ainsi dans leurs choix au moment du projet.

Plus largement, COOLSCAPES a les compétences du laboratoire en matière de microclimatologie urbaine, mettant particulièrement l'accent sur l'expérience thermique du citoyen dans l'espace public. Ceci a ouvert la voie à de nouveaux partenariats nationaux et internationaux, ainsi qu'à de nouveaux contrats de recherche et à des collaborations dans le cadre opérationnel de l'urbanisme et du design urbain.

Production scientifique et valorisation

Requena-Ruiz I., *et al.* (2023) Une méthodologie d'analyse des dispositifs de rafraîchissement estival basée sur la métrologie climatique mobile, *Climatologie*, 20, 2.

Requena-Ruiz I., *et al.* (2023) Designing thermally sensitive public spaces: an analysis through urban design media, *Journal of Urban Design*, 28, pp. 44-65.

Leduc T., *et al.* (2022) Implementation of a solar model and shadow plotting in the context of a 2D GIS: A validation based on radiometric measurements, *Revue Internationale de Géomatique*, 31, pp. 241-264.

Stavropoulos-Laffaille X., *et al.* (2021) Urban cooling strategies as interaction opportunities in the public space: a methodological proposal, *Journal of Physics: Conference Series*, 2042.

Requena-Ruiz I., *et al.* (2019) A Review on interdisciplinary methods for the characterization of thermal perception in public spaces, *Journal of Physics: Conference Series*, 1343.

Début du projet : 2018 | Durée : 54 mois

Financement 189 403 €

Coordination

Ignacio Requena-Ruiz – CNRS

ignacio.requena@crenau.archi.fr

Station météorologique mobile parcourant un dispositif de rafraîchissement sous forme d'installation temporaire disposée sur un ancien parking en surface.

© Ignacio Requena-Ruiz, projet COOLSCAPES.



COOLSCHOOLS

Realizing potentials of nature-based climate shelters in school environments for urban transformation

Rappel des objectifs

S'appuyant sur des projets pilotes pionniers de transformation et végétalisation des cours d'écoles à Barcelone, Bruxelles, Paris et Rotterdam, COOLSCHOOLS démêle comment les abris climatiques fondés sur des solutions basées sur la nature (NBS) peuvent produire des transformations socio-écologiques en faveur de la durabilité urbaine à de multiples échelles urbaines (des écoles à la région métropolitaine). Grâce à des méthodologies participatives et de cocréation, notre approche transdisciplinaire combine les sciences naturelles, biomédicales, sociales et éducatives. Les chercheurs du LADYSS et du LIED travaillent sur les transformations des pratiques de biodiversité avec l'hypothèse qu'une approche intégrée de la revégétalisation favoriserait la présence d'une faune et d'une flore spontanée diversifiée, et participerait au renforcement des liens entre les différentes formes de vie. Trois volets sont explorés : (i) quels sont les niveaux de biodiversité observés dans les cours et quels facteurs expliquent leur variation entre les cours (entretien, surface, position par rapport aux continuités écologiques, etc.) ; (ii) quelles sont les perceptions et les représentations sur la biodiversité chez les enfants et l'ensemble des acteurs de l'école (enseignants, parents, etc.) ; (iii) quelle est la gouvernance de la production de la biodiversité (de la conception à l'entretien et l'usage) ?

Résultats majeurs

Nos résultats montrent que les cours d'écoles végétalisées ne sont pas identifiées comme des espaces de nature, mais plutôt comme des abris climatiques sous la forme de projets paysagers en réponse aux enjeux d'îlot de chaleur. La biodiversité y est pensée comme annexe à l'intention principale et la végétalisation est un outil de gestion de la température. La faune est globalement ignorée par les concepteurs des cours d'écoles (CAUE, entreprises Voiries et Réseaux Divers - VRD de l'accord-cadre).

Les inventaires de l'entomofaune réalisés dans une dizaine de cours d'écoles parisiennes, ainsi que dans les espaces verts à proximité, montrent que les cours d'école abritent une diversité d'espèces avec des niveaux d'abondance et de richesse variables en fonction des cours et de leurs configurations. La richesse spécifique augmente avec

la surface de végétation présente dans les cours. La comparaison avec les espaces verts montre que les cours d'école abritent des communautés d'espèces différentes de celles des espaces verts. Depuis 2022, environ 200 questionnaires sur la perception de la biodiversité ont été distribués aux élèves de primaire et collégiés. Les résultats révèlent des perceptions et représentations différenciées selon les espèces. Ce volet a été poursuivi par une analyse des pratiques et des usages dans les cours (2023) dont les résultats sont encore à l'étude.

Production scientifique et valorisation

Blanc N., *et al.* (en cours d'évaluation) Social and ecological issues surrounding urban renaturalization: the example of green schoolyards in Paris, *People and Nature*.

Ruiz-Mallén I., *et al.* (2023) Nature-Based Solutions for Climate Adaptation in School Environments: An Interdisciplinary Assessment Framework, in Allam Z. (eds.) *Sustainable Urban Transitions. Urban Sustainability*, Springer, Singapore, pp. 87-105.

Début du projet : 2022 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 243 628 €

Partenaires

Paris City Hall | Vrije Universiteit Brussel (Belgique) | University of Antwerp (Belgique) | Hasselt University (Belgique) | EUN Partnership AISBL – European Schoolnet / EUN (Belgique) | Brussels Environment (Belgique) | Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya (Espagne) | Barcelona City Council (Espagne) | El Globus Vermell (Espagne) | UN-HABITAT | University of Twente (Pays-Bas) | City of Rotterdam (Pays-Bas) | Stichting Springzaad (Pays-Bas) | IVN Natuureducatie (Pays-Bas) | Center for the Promotion of Science – CPN (Serbie)

Coordination

Nathalie Blanc – CNRS
nathali.blanc@wanadoo.fr



École maternelle Riblette, Paris.

© M. Gippet, projet COOLSCHOOLS.

COOLTREES

Le rafraîchissement des villes par les arbres – Quantification et modélisation pour le développement de villes durables

Rappel des objectifs

Parmi les stratégies d'adaptation des villes au changement climatique et en particulier aux épisodes de chaleur extrême, le « verdissement » des villes, c'est-à-dire la réintroduction de la végétation est probablement une voie prometteuse. Parmi la végétation, les arbres de par leur structure et leur fonctionnement, peuvent fournir un niveau élevé de services en termes d'ombrage et de refroidissement via le processus d'évapotranspiration. Ces services découlent d'une interaction forte entre la structure des arbres, le microclimat urbain, la bâti et leur réponse fonctionnelle. Ces interactions sont complexes, et la mise en place d'aménagement nécessite de mieux comprendre ces interactions et a conduit au développement de nombreux types de modèles. Toutefois les modèles actuels visent les échelles spatiales très larges et ne prennent pas en compte la structuration 3D d'une rue et de ses conséquences sur les épisodes de chaleur extrême, et ils nécessitent de mieux connaître le fonctionnement des essences d'arbre présentes en ville. Le projet COOLTREES vise ainsi à combler ces manques en (i) proposant une expérimentation in situ de suivi de l'évapotranspiration des arbres urbains en relation avec leur microclimat urbain et leurs caractéristiques structurelles et (ii) en développant une approche de modélisation des échanges thermo-radiatifs 3D au sein de canyons urbains arborés.

Résultats majeurs

Le projet a permis de finaliser la thèse d'Elena Bournez intitulée « Étude du rôle de la végétation dans la création de microclimats urbains. Approche combinée de mesures et de modélisations à différentes échelles ». Elle a permis de mieux apprécier les liens entre représentation de la surface foliaire et simulation de la transpiration et de l'ombrage. L'ensemble des données mesurées de 2014 à 2018, sur le site expérimental a été structuré et consolidé (description des variables, calcul de variables élaborées) en vue de le rendre accessible sous forme d'open data. Le développement du modèle LASER.T (modèle numérique 3D des températures de surface prenant en compte le fonctionnement des arbres en milieu urbain et les échanges thermo-radiatifs entre les éléments d'une rue et l'atmosphère) a été réalisé. Il permet d'appréhender la complexité

structurelle et fonctionnelle d'une rue arborée, et vise à estimer les conséquences d'un aménagement local sur les températures ressenties par les habitants. L'importance des aspects structurels (arbres et bâti) sur l'ambiance thermique d'une rue a conduit à la mise en place d'un nouveau projet ANR, TIR4sTREEt, qui a démarré en 2021. Enfin une action importante de communication et de dissémination des résultats du projet auprès des professionnels gestionnaires des arbres en milieu urbain a eu lieu par la collaboration de l'association Plante & Cité via la création et la diffusion d'un fascicule.

Production scientifique et valorisation

Le Mentec S., *et al.* (2022) Coupling the TEB and SurfAtm models for heat flux modelling in urban area: comparison with flux measurements in Strasbourg (France), *Frontiers in Environmental Science*, 10. Triollet L., *et al.* (2021) *Le rafraîchissement des villes par les arbres, Les résultats du programme de recherche ANR COOLTREES, une fenêtre ouverte vers l'aménagement des villes de demain*, 46 p. Bournez E., *et al.* (2019) Sensitivity of simulated light interception and tree transpiration to the level of detail of 3D tree reconstructions, *Urban Forestry and Urban Greening*, (38), pp. 1-10. Ronghai H., *et al.* (2018) Estimating the leaf area of an individual tree in urban areas using terrestrial laser scanner and path length distribution model, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 144, pp. 357-368. Site internet : <https://www6.inrae.fr/cooltrees>

Début du projet : 2017 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 349 931 €

Partenaires

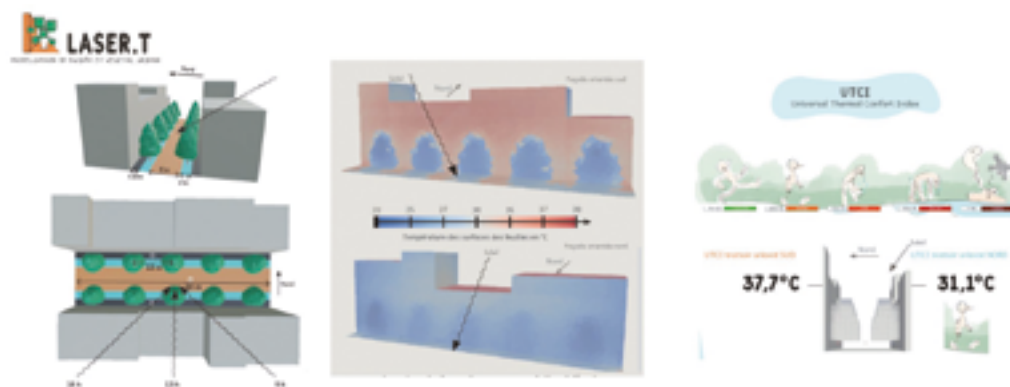
Université de Strasbourg | Eurométropole de Strasbourg

Coordination

Marc Saudreau – INRAE

marc.saudreau@inrae.fr

Exemple d'un aménagement arboré d'une rue et de résultats issus du modèle LASER.T : température de surface et température ressentie (UTCI). © L. Triollet, projet COOLTREES.



DIAMS

DIAGNOSTIC, MODÉLISATION & GESTION DE LA SURCHAUFFE URBAINE EN PÉRIODE DE CANICULE : APPORTS CROISÉS DES OUTILS DE SIMULATION MICROCLIMATIQUE ET DE L'IMAGERIE IRT

Rappel des objectifs

Le projet DIAMS a pour objectif d'évaluer l'apport de mesures satellitaires dans l'infrarouge thermique (IRT) pour le diagnostic et la gestion de la surchauffe urbaine.

Il anticipe l'arrivée de nouvelles missions spatiales, dont le satellite TRISHNA qui fournira des images IRT à une résolution spatiale de l'ordre de 50 m tous les 2 à 3 jours, et plus tard, la mission LSTM de l'ESA.

DIAMS met en place des méthodes robustes adaptées aux milieux urbains pour exploiter les données de satellitaires IRT et obtenir des températures des surfaces nécessaires pour étudier le confort thermique à l'échelle du quartier.

Il est construit autour de 5 volets de recherche : (i) le volet MODE se concentre sur la qualification des modèles développés par le consortium sur la base des jeux de données sélectionnés et préparés dans le volet EXPE sous forme de cas d'étude standardisés ; (ii) le volet IRT met en place des méthodes d'exploitation des images IRT urbaines en adaptant la méthode d'estimation de la température de surface (LST) au milieu urbain et en utilisant ces LST estimées en condition aux limites des modèles microclimatiques du volet MODE ; (iii) le volet PREVI vise à produire un outil de prévision à court terme des zones chaudes ou fraîches à l'échelle du quartier en période de canicule, à partir des données IRT satellitaire à fine résolution spatiale et temporelle ; (iv) le volet APPLI applique les développements réalisés dans les volets IRT et PREVI sur des cas concrets.

Résultats majeurs

DIAMS devrait aboutir à la mise en place de méthodes et d'outils pour : (i) l'estimation de la température de surface (LST) en milieux urbains complexes à la résolution de 50-60 m ; (ii) l'utilisation

conjointe de la donnée IRT et de la modélisation microclimatique pour estimer les températures d'air, ce qui permettra de mieux statuer sur la surchauffe urbaine et les conditions de confort thermique ; (iii) l'estimation des températures prévisibles à quelques jours à partir des données IRT. De plus, le projet fournira des jeux de données préparés comme première base de cas d'étude standardisés permettant aux modélisateurs de valider et comparer les outils de microclimatologie urbaine.

Production scientifique et valorisation

Compte tenu du démarrage récent du projet, il n'y a pas encore de publications majeures.

Début du projet : 2022 | Durée : 48 mois

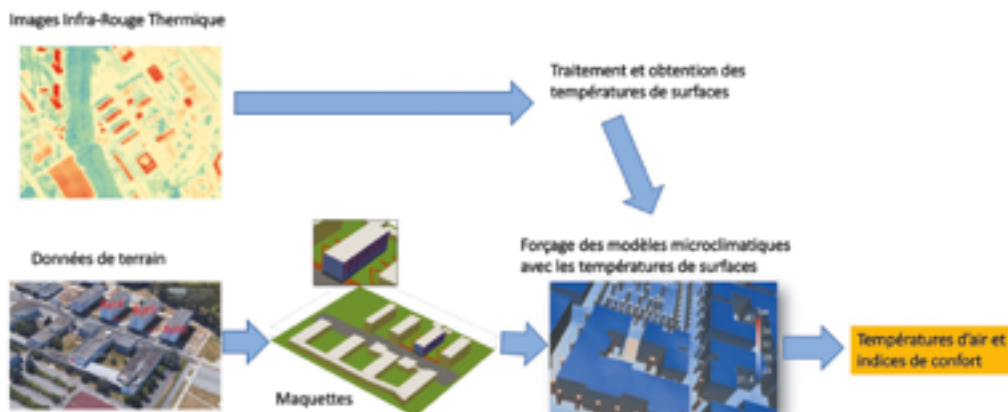
Financement ANR : 613 096 €

Partenaires

ONERA | Université de Strasbourg | KERMAP | Université Claude Bernard – Lyon 1 | Aix-Marseille Université

Coordination

Marjorie Musy – Cerema
Marjorie.musy@cerema.fr



Principe d'utilisation des images infrarouges thermiques dans les modèles microclimatiques.
© Projet DIAMS.

GREENVELOPES

Enveloppes végétales des bâtiments : quantifier les échanges de carbone et d'eau par l'observation, la modélisation physique basée sur les processus et son application à l'échelle urbaine

Rappel des objectifs

La végétalisation des villes est encouragée en tant que stratégie d'adaptation pour lutter contre le changement climatique, principalement en raison (i) de son potentiel de séquestration du CO₂ de l'atmosphère et (ii) de l'amélioration du refroidissement par évaporation et de l'influence positive sur le cycle de l'eau dans les villes. La végétalisation des bâtiments, c'est-à-dire la mise en place d'enveloppes végétales sur les toits et les murs, peut contribuer à une partie importante de l'infrastructure verte urbaine. Cependant, leur potentiel de séquestration du carbone est l'un des services écosystémiques qui a été le moins étudié en raison de sa complexité ou du manque de données. GREENVELOPES vise à combler ce manque de recherches en menant une observation approfondie et une étude de modélisation des enveloppes végétales des bâtiments afin de mieux comprendre leur capacité à échanger du carbone et de l'eau avec l'atmosphère urbaine.

Les objectifs de recherche seront abordés par des observations de pointe des flux micrométéorologiques et des mesures au niveau des feuilles sur deux sites, de toiture et de façade végétalisés couvrant différentes conditions météorologiques sur une période de deux ans. Ces observations seront complétées par l'amélioration d'un modèle

de bilan énergétique urbain afin qu'il prenne en compte les échanges de carbone et d'eau des enveloppes végétales des bâtiments avec l'atmosphère urbaine. La transposition de ces processus d'échange à l'échelle urbaine par la modélisation numérique de deux villes d'application, Toulouse et Berlin, nous permettra de quantifier et d'évaluer l'impact des deux types d'enveloppes vertes sur la séquestration du carbone et le potentiel de refroidissement par évaporation par rapport à d'autres types de végétation urbaine.

Début du projet : 2023 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 143 600 €

Partenaire

Technische Universität Braunschweig (Allemagne)

Coordination

Cécile De Munck – CNRM, CNRS

Cecil.demunck@meteo.fr



Sites expérimentaux du projet GREENVELOPPE : mesures des flux d'énergie, d'eau et de CO₂ sur un toit végétalisé de l'aéroport de Berlin (BER airport, à gauche), et mesures de bilan radiatif sur une façade végétalisée de l'université TU Berlin (à droite). Ces mesures sont utilisées pour la validation du schéma d'enveloppes végétalisées dans le modèle urbain TEB.

© S. Weber, N. Markolf, université TU Braunschweig, projet GREENVELOPPE.

H2C

Chaleur et Santé en Ville

Rappel des objectifs

La prévention des risques liés à la chaleur et à la qualité de l'air en ville est un enjeu majeur de santé publique. Il est important de comprendre comment varie l'exposition des habitants à la chaleur et à la pollution atmosphérique au sein de la ville, et quel est le lien avec la mortalité et la morbidité, afin d'adapter efficacement les mesures de prévention. Cela implique de prévoir du mieux possible les conditions microclimatiques et de qualité de l'air en ville, et l'impact sur le confort intérieur. Le projet H2C (Heat and Health in Cities) prend l'aire urbaine de Paris comme cas d'étude. Il combine la modélisation de la météorologie et de la qualité de l'air, et l'acquisition de nouvelles observations pour étudier et prédire le climat urbain, la modélisation du bâtiment pour saisir l'exposition intérieure, et des études épidémiologiques pour identifier les impacts sanitaires. Les résultats de la recherche seront traduits en services climatiques urbains adaptés à la prise de décision des différentes parties prenantes pour encourager les mesures de prévention à la chaleur, selon deux typologies de solutions : des solutions à court terme sous forme de dispositifs d'alertes et de gestion de crise, et des solutions de long terme, en lien avec la planification urbaine. Le consortium H2C regroupe huit partenaires aux expertises diverses : chercheurs en physique de l'atmosphère, météorologie et climatologie urbaine, en chimie atmosphérique, en sciences et techniques du bâtiment, en épidémiologie, et acteurs institutionnels du monde de l'aménagement urbain, de l'environnement et de la santé.

Résultats majeurs

Les premières analyses épidémiologiques ont exploré les évolutions spatio-temporelles de la surexposition de la population à la chaleur sur la région, en exploitant de longues séries de données de températures reprojétées à l'échelle des communes. Le croisement de cette surexposition avec des facteurs de risques environnementaux et sociaux permet de caractériser la vulnérabilité. Deux types de zones très vulnérables se différencient : les zones exposées à de plus fortes températures mais de faible défaveur sociale et les zones moins exposées mais de forte défaveur sociale. En parallèle, un volet expérimental a permis de collecter depuis l'été 2022 de nombreuses

observations météorologiques et de polluants atmosphériques en surface et dans l'atmosphère (dans Paris, la proche banlieue et les zones rurales environnantes) pour mieux comprendre les facteurs de variabilité du climat urbain à différentes échelles spatiales. Un protocole spécifique a également été déployé pour évaluer la capacité de rafraîchissement des parcs urbains, selon leur taille et les situations météorologiques estivales. La modélisation numérique complète ce volet, l'objectif étant de chaîner des modèles de microclimat urbain, de qualité de l'air, et de bâtiments, pour diagnostiquer par une approche multicritère les conditions environnementales lors de vagues de chaleur. Enfin, une enquête a permis dès le début du projet d'identifier les utilisateurs potentiels et les besoins. Le transfert de connaissances pour l'aide à la décision se poursuit avec la préparation d'ateliers qui impliqueront des parties-prenantes dans une démarche de coconstruction d'un outil cartographique d'indicateurs territorialisés, s'appuyant sur les résultats du projet.

Production scientifique et valorisation

Forceville G., *et al.* (2023) Spatial contrasts and temporal changes in fine-scale heat exposure and vulnerability in the Paris region. *Science of The Total Environment*.

Masson V., *et al.* (2022) Une campagne de mesures sur le climat urbain et la qualité de l'air de la région parisienne. *La Météorologie*, 118, 4-6.

Début du projet : 2021 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 850 737 €

Partenaires

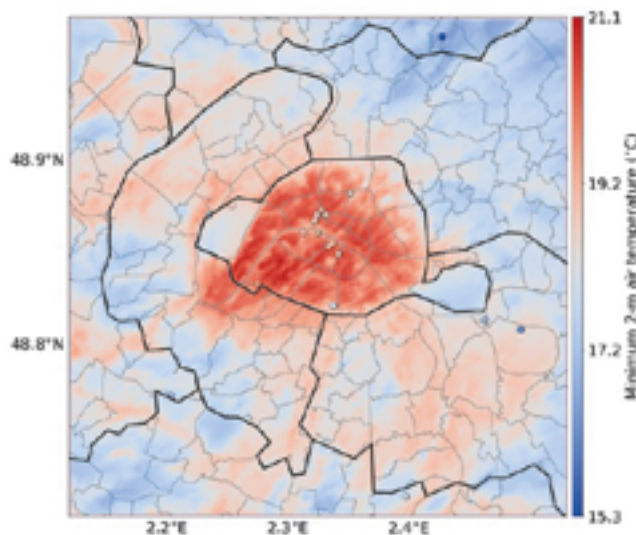
CNRS | Santé publique France | Université Paris Cité | AIR PARIS | CSTB | CNRS | Institut Paris Région

Coordination

Aude Lemonsu – CNRM, CNRS
 aude.lemonsu@meteo.fr

Carte de température minimale de l'air en surface pour la nuit du 16 juillet 2022 au 17 juillet 2022, simulée avec le modèle météorologique Meso-NH à 100 m de résolution horizontale. Les cercles de couleur superposés à la carte indiquent les températures mesurées la même nuit par le réseau d'observation. Cette carte permet de visualiser, pour une nuit estivale chaude, les contrastes de températures dans Paris et sa petite couronne, et donc les contrastes d'exposition des habitants selon les zones.

© T. Nagel, CNRM, Météo-France, CNRS, projet H2C.



H³Sensing

Vagues de chaleur, îlots de chaleur urbains, et bien-être et santé : une approche par capteurs embarqués

Rappel des objectifs

Alors que le nombre de jours de vagues de chaleur en France continuera à augmenter au cours du siècle, les chaleurs extrêmes sont associées à une morbi-mortalité accrue dans les îlots de chaleur urbains.

Le premier objectif d'H³Sensing est d'étudier les déterminants liés aux environnements extérieurs, bâtiments, logements, situations et comportements de l'exposition personnelle à la chaleur mesurée lors des activités quotidiennes en période de chaleur. Nous explorerons les déterminants environnementaux associés aux îlots de chaleur micro-urbains à un niveau de précision très fin ; nous étudierons les caractéristiques des bâtiments et des logements associées au stress thermique dans le logement et nous examinerons comment les activités (déplacements, etc.) et les pratiques (habillement, gestion de la chaleur dans le logement) contribuent au stress thermique.

Le second objectif est d'examiner si ces déterminants sont associés à la qualité du sommeil, à l'inconfort thermique et à différents indicateurs physiologiques du stress thermique choisis à partir de la théorie de la thermorégulation.

H³Sensing associe des épidémiologistes, des urbanistes et des scientifiques du climat.

À partir d'un échantillon par quotas, 180 résidents du Grand Paris seront suivis sur 4 jours entre mars et mai 2024 et pendant 4 jours en septembre 2024.

Dans ce projet, les données seront recueillies de la façon suivante :

- Les participants répondront à des questionnaires informatisés concernant les caractéristiques climatiques de leur bâtiment et de leur logement, ainsi que leurs comportements, leur santé et leur situation sociale.
- Les participants porteront un smartphone qui leur aura été fourni pour l'étude et qui collectera leurs localisations GPS, et permettra de détecter de façon détaillée les lieux qu'ils auront visités avec leurs coordonnées géographiques et les déplacements entre ces lieux avec les modes de transport correspondants.
- Le stress thermique sera mesuré de façon ambulatoire en tenant compte de la température personnelle ambiante, de l'humidité, de la vitesse du vent et de la température radiative (indice climatique thermique universel).
- Une station météorologique sera placée dans la chambre, et des capteurs de flux solaire à l'extérieur sur les fenêtres.
- Les participants porteront deux bracelets permettant de mesurer différents facteurs comportementaux et physiologiques (accélérométrie pour évaluer l'activité physique et le sommeil, la pression artérielle, la température corporelle, l'activité électrodermale comme marqueur de la transpiration, le rythme cardiaque).
- Enfin, l'inconfort thermique personnel, le bien-être et la qualité du sommeil seront rapportés sur le smartphone.

Résultats majeurs

Une première série d'analyses s'intéressera aux déterminants environnementaux, architecturaux et comportementaux du stress thermique mesuré objectivement et subjectivement. Nous espérons ainsi être en mesure de hiérarchiser les caractéristiques des environnements extérieurs urbains qui sont associés au stress thermique, en tenant compte des espaces verts et de leurs caractéristiques, des espaces bleus, des configurations précises des environnements bâtis, etc. De plus, pour les logements de vie, nous identifierons et hiérarchiserons les caractéristiques des bâtiments et des logements qui sont associés au stress thermique. Enfin, en plus des facteurs liés à l'environnement et au logement, nous examinerons la contribution du comportement individuel au stress thermique.

Une seconde série d'analyses s'intéressera aux variables de qualité de vie et sanitaires : la qualité du sommeil et des indicateurs physiologiques. Premièrement, nous comparerons les observations de la période moins chaude et de la période chaude, ce qui nous permettra de quantifier les effets globaux de la chaleur sur ces variables sanitaires. Deuxièmement, nous réaliserons une analyse ciblée sur les données de la période chaude. Celle-ci permettra de voir comment les circonstances de vie des participants, les caractéristiques des environnements traversés et les caractéristiques des logements contribuent à dégrader leur état de santé.

L'objectif final du projet, associant épidémiologistes, urbanistes et climatologues urbains, sera d'effectuer des recommandations techniques sur des améliorations à apporter aux environnements urbains, aux bâtiments et aux logements pour améliorer la résilience sanitaire en période de vague de chaleur.

Production scientifique et valorisation

Chaix B., Slama R. (2022) Climate change and population health: towards an interdisciplinary research agenda, *Environnement, Risques & Santé*, 21(4).

Ce projet a donné lieu à cinq communications orales et au développement de l'outil d'enquête par smartphone *Eco Emo tracker*.

Début du projet : 2018 | Durée : 54 mois

Financement : 696 535 €

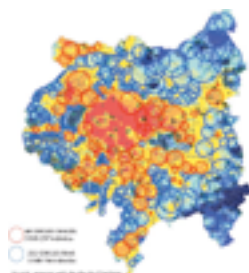
Partenaires

Université Paris Cité | Atelier parisien d'urbanisme | University of California (États-Unis)

Coordination

Basile Chaix – Sorbonne Université
basile.chaix@iplesp.upmc.fr

Plan de recrutement des participants pour l'étude H³Sensing dans les zones les plus froides et les plus chaudes du Grand Paris en période de vague de chaleur. Cartographie issue de simulations Town Energy Balance réalisée à une résolution de 250 m par le CNRM pour la nuit du 25 juillet 2019. © APUR, Inserm, CNRM, projet H³Sensing.



MApUCE

Modélisation Appliquée et droit de l'Urbanisme : Climat urbain et Énergie

Rappel des objectifs

Le projet MApUCE vise à intégrer dans les politiques urbaines et les documents juridiques des données quantitatives de microclimat urbain, climat et énergie, dans une démarche applicable à toutes les villes de France. Le premier objectif consiste à obtenir ces données quantitatives énergie (bâti résidentiel et tertiaire) et (micro)climat à partir de simulations numériques. Le deuxième objectif consiste à proposer une méthodologie pour les intégrer dans les politiques urbaines.

Un état des lieux a été réalisé en début de projet. Une analyse du système d'acteurs de cas exemplaires issus de la bibliographie et d'exercices de planification réels en France et à l'étranger a montré la nécessité d'une succession d'étapes pour parvenir à l'internalisation de l'expertise climatique : 1) l'étude, 2) l'expérimentation pour l'appropriation locale, 3) la formalisation, 4) la mise en œuvre et 5) l'évaluation.

Une enquête menée par la Fédération nationale des agences d'urbanisme (FNAU) auprès des 51 agences d'urbanisme françaises, a identifié les bonnes pratiques, les freins et les leviers. Il en ressort un climat urbain généralement peu pris en compte, et une échelle pertinente d'observation et de réflexion : l'îlot urbain ou « pâte de maisons ».

Outre les articles scientifiques, le projet a initié l'outil GeoClimate, soutenu par la Fondation GEOMANUM fournissant données et méthodes géographiques pour la transition écologique, un guide et des fiches outils pour les acteurs, et plusieurs projets internationaux.

Résultats majeurs

Une base de données architecturale a été construite via une recherche bibliographique sur le patrimoine architectural en France et une étude des matériaux locaux. De plus, les pratiques énergétiques domestiques dans les bâtiments ont été intégrées dans le modèle de climat urbain TEB (*Town Energy Balance*), à partir d'enquêtes dédiées existantes. Ceci a aussi donné lieu à une recherche sur la transition énergétique en Île-de-France et un chapitre d'ouvrage.

L'outil GeoClimate cartographie les indicateurs morphologiques urbains et types de bâtiments à l'échelle du pâté de maisons. Tout ceci a permis d'estimer, avec le modèle atmosphérique MesoNH-TEB, l'îlot de chaleur urbain en été pour 42 villes. À Toulouse et Dijon, d'autres types de temps ont été simulés, et validés à partir de réseaux de stations météorologiques. Les données sont disponibles en open-source, comme le reste des éléments produits dans MApUCE.

Dans le cadre du transfert, en collaboration avec Toulouse Métropole, un croisement des données modélisées d'îlot de chaleur estival et de

la structure urbaine classifiée en LCZ (*Local Climate Zones*) a permis de construire une carte climatique de l'agglomération.

L'analyse juridique a permis de proposer des pistes juridiques à l'action locale pour mieux prendre en compte la problématique du microclimat et du climat dans les documents d'urbanisme. Des rédactions sont proposées aux différentes échelles de planification (fiches outils) et sont synthétisées dans un guide méthodologique.

Production scientifique et valorisation

Hidalgo J., *et al.* (2022) Mapping the urban climate for summer comfort management in urban planning: climate analysis and semiology of graphics, *Cybergeo*, 1048.

Schoetter R., *et al.* (2017) Parametrisation of the variety of human behaviour related to building energy consumption in TEB (SURFEX v. 8.2), *GMD*, 10, pp. 2801-2831.

Tornay N., *et al.* (2017) GENIUS: A methodology to define a detailed description of buildings for urban climate and building energy consumption simulations, *Urban Climate*, 10, pp. 75-93.

Bocher E., *et al.* (2018) A geoprocessing framework to compute urban indicators: The MApUCE tools chain, *Urban Climate*, 24, pp. 153-174.

Autres valorisations :

Outil GeoClimate sur github.com/orbisgis/geoclimate

Projets Ademe PEANDORA-1 et 2, projets européens URCLIM et SLIM Atlas climatique sur Toulouse Métropole, à destination des acteurs urbains du territoire : <https://www.aaa-toulouse.org/atlas-climatique/>.

Fiches outils sur www.gridauh.fr.

Guide méthodologique sur <http://iuar-lieu-amu.fr/publications>.

Début du projet : 2014 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 899 846 €

Partenaires

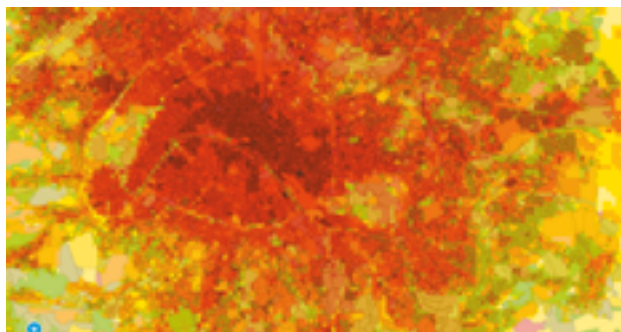
Aix-Marseille Université | FNAU | CNRS | INSA Toulouse | Centrale Nantes | Université de Bretagne – Sud

Coordination

Valéry Masson – CNRM, CNRS – valery.masson@meteo.fr

Julia Hidalgo – Laboratoire Interdisciplinaire Solidarités, Sociétés, Territoires – LISST, Université de Toulouse – Jean Jaurès – julia.hidalgo@univ-tlse2.fr

Îlot de chaleur estival (en C°) sur Paris, à 250 m de résolution, estimé avec le modèle atmosphérique MesoNH couplé à TEB. Les types de bâtiments calculés par GeoClimate sont dessinés en fond (à gauche). Guide méthodologique (à droite). © Projet MApUCE.



MUFDD

Modélisation des écoulements en canopée urbaine par des approches guidées par les données

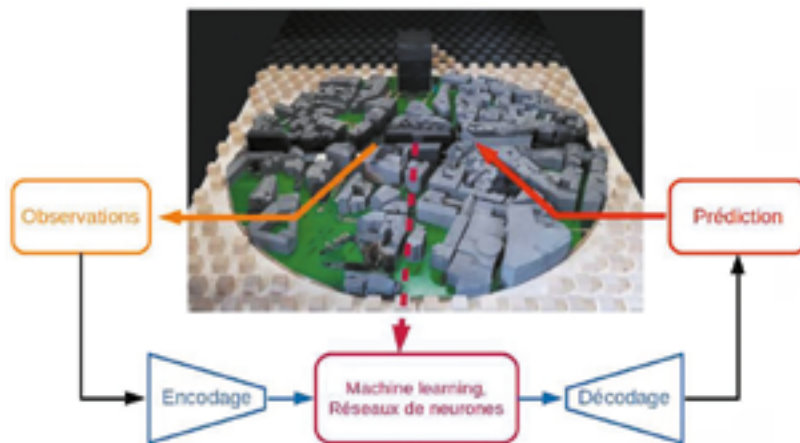
Rappel des objectifs

Pour des raisons de confort, de santé et de sécurité publique, une bonne prévision et une bonne compréhension de la ventilation de l'air dans les zones urbaines sont de plus en plus importantes pour guider les décideurs politiques, les urbanistes et les ingénieurs. La nature turbulente du vent circulant dans les zones urbaines et la complexité morphologique du tissu urbain rendent la modélisation et la prévision très difficiles pour ce type de configurations. Pour minimiser les risques de santé et de pollution causés par les dangers accidentels ou la dispersion à courte distance, il est essentiel de disposer de modèles précis et rapides pour reproduire la dynamique intermittente et instable de l'écoulement responsable des processus de dispersion. Dans ce contexte, le présent projet vise à développer des modèles d'ordre réduit de l'écoulement de la canopée urbaine, à la fois dérivés et pilotés par des données. Pour ce faire, des techniques d'identification de modèles basés sur des données et des méthodes d'assimilation de données seront combinées. Des tests de développement et de validation seront effectués sur des configurations canoniques et réalistes de canopée urbaine, allant d'expériences de laboratoire à petite échelle jusqu'à des rues canyons à grande échelle. Notre ambition est de démontrer que des observations parcelaires et potentiellement bruitées dans l'espace et le temps peuvent offrir beaucoup plus en : (i) enrichissant des modèles basés sur la physique, (ii) combinant au mieux différentes sources d'information (assimilation de données), et même (iii) en découvrant des modèles non linéaires. Ce projet abordera les défis posés par cette révolution des données dans le but d'obtenir un modèle dynamique simplifié de l'écoulement turbulent au sein de la canopée urbaine, à l'échelle de la rue ou du quartier, incluant les effets locaux de flottabilité et la dispersion scalaire. Dans un premier temps, nous développerons de tels modèles en utilisant des données provenant de simulations numériques simplifiées limitées à la portion d'intérêt de la canopée urbaine, et/ou à des valeurs relativement faibles du nombre de Reynolds. Dans un deuxième temps, nous utiliserons les données d'expériences de laboratoire mesurées à l'intérieur de la canopée et/ou dans l'écoulement de couche limite atmosphérique plus accessible situé au-dessus. Dans une dernière étape, des données provenant d'expériences en grandeur réelle sur le terrain seront également prises en compte.

Résultats majeurs

Les modèles développés dans ce projet avec les différentes stratégies basées sur les données pourraient être utilisés comme modèles de substitution de la région de la canopée. À l'avenir, ils pourraient servir d'outils précis mais peu coûteux en termes de calcul pour prédire les processus de transport instables basés sur des mesures en ligne de données éparses dans la canopée ou au-dessus. Ils constitueront donc des outils précieux pour étudier la microclimatologie urbaine, pour évaluer la ventilation des rues et la qualité de l'air à court terme, et pour traiter les problèmes liés à l'exposition accidentelle. À long terme, l'exploitation des résultats scientifiques obtenus au cours du projet proposé pourrait prendre la forme de paquets ou de modules numériques à inclure dans les logiciels commerciaux de CFD afin de tenir compte plus précisément de la turbulence instable existant dans les zones urbaines pour la prédiction et l'estimation de la qualité de l'air ou de la dispersion scalaire dans ces régions. Des modèles seront également développés dans le but final d'être mis en œuvre dans des codes de calcul à méso-échelle pour servir de nouveaux modèles de murs ou de canopée qui tiennent compte de la présence de la canopée urbaine et de son interaction avec l'écoulement atmosphérique.

Début du projet : 2023 | Durée : 48 mois
Financement : 543 661 €
Partenaires
 Institut National Polytechnique de Toulouse | CNRS
Coordination
 Laurent Perret – Centrale Nantes
laurent.perret@ec-nantes.fr



Stratégie d'observation – prédiction du projet MUFDD.
 © L. Perret, projet MUFDD.

MUSCADE

Modélisation Urbaine et Stratégies d'adaptation au Changement climatique pour Anticiper la Demande et la production Energétique

Rappel des objectifs

La ville est un système complexe particulièrement concerné par le changement climatique. Son climat local est accentué par la formation d'îlots de chaleur urbains. Les usages de climatisation ou chauffage de ses habitants sont variés, ses modifications structurelles sont soumises à une forte inertie qui obligent à raisonner, tout comme pour le changement climatique, à l'échelle du siècle. Le projet MUSCADE étudie les interactions entre ces différents processus et propose et évalue des stratégies d'adaptation sur le très long terme.

Les mécanismes socio-économiques sous-jacents à la dynamique du système urbain sont représentés par le modèle NEDUM d'expansion urbaine du CIRED qui reproduit l'évolution urbaine de 1900 jusqu'à 2100. La projection des morphologies à l'échelle du quartier est réalisée par le Laboratoire de recherche en architecture (LRA). Le développement du modèle *Urban Weather Generator* (maintenant largement utilisé par la communauté de thermiciens) a permis de simuler le microclimat urbain. Il utilise le modèle de ville TEB (*Town Energy Balance*), qui simule aussi les divers impacts. Une analyse par le LIENS de l'expansion passée de l'agglomération parisienne et une étude paramétrique de l'énergétique du bâtiment par le CSTB ont permis de valider les modèles. Enfin, des projections ont été construites combinant des hypothèses climatiques, macro-économiques (prix de l'énergie, croissance, démographie), des évolutions de la ville (étendue, compacte, verte), du bâti (matériaux, réglementations) et de production d'énergie décentralisée.

Résultats majeurs

Il a ainsi été possible de comparer différentes stratégies d'adaptation de l'agglomération parisienne au changement climatique. Les conclusions principales sont les suivantes :

- Les comportements des habitants et usagers apparaissent comme un gisement potentiel important de diminution des consommations d'énergie.
- La végétation, si elle est arrosée, peut sensiblement améliorer le confort extérieur en été. Les toits végétalisés ont une influence limitée sur le confort extérieur mais peuvent améliorer l'isolation du bâti.
- Les panneaux solaires, outre leur propriété intrinsèque de production d'énergie, permettent d'atténuer l'îlot de chaleur urbain.
- Le nombre de m² à chauffer est plus important dans la ville étendue que dans la ville compacte, toutes choses égales par ailleurs. L'îlot

de chaleur est plus intense en ville compacte ce qui réduit les besoins de chauffage par rapport à la ville étendue.

- L'été par contre, l'îlot de chaleur urbain est accentué dans la ville compacte, ce qui, combiné au fait que les habitants sont plus concentrés près du centre de l'agglomération, augmente les conditions de stress thermique.
- Il résulte des deux points précédents que les villes étendues et compactes ont des consommations d'énergie agrégées sur l'année pour le chauffage et la climatisation qui sont comparables en climat futur.
- En climat futur, l'énergie solaire que la ville peut potentiellement produire sur l'année est comparable à la consommation d'énergie liée au chauffage et à la climatisation.

Ce projet a servi de base au projet MAPUCE.

Production scientifique et valorisation

Bueno B., *et al.* (2012) Development and evaluation of a building energy model integrated in the TEB scheme, *Geoscientific Model Development*, 5, pp. 433-448.

Bueno B., *et al.* (2013) The urban weather generator. *J. Build. Perform. Simul.* 6:4, pp. 269-281.

Viguié V., Hallegatte S. (2012) Trade-offs and synergies in urban climate policies, *Nature Climate Change* 2, pp. 334-337.

De Munck C., *et al.* (2013) The GREENROOF module (v7.3) for modelling green roof hydrological and energetic performances within TEB, *Geoscientific Model Development*, 6, pp. 1941-1960.

Masson V., *et al.* (2014) Adapting cities to climate change: a systemic modelling approach, *Urban Climate*, 10, pp. 407-429.

Début du projet : 2009 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 650 405 €

Partenaires

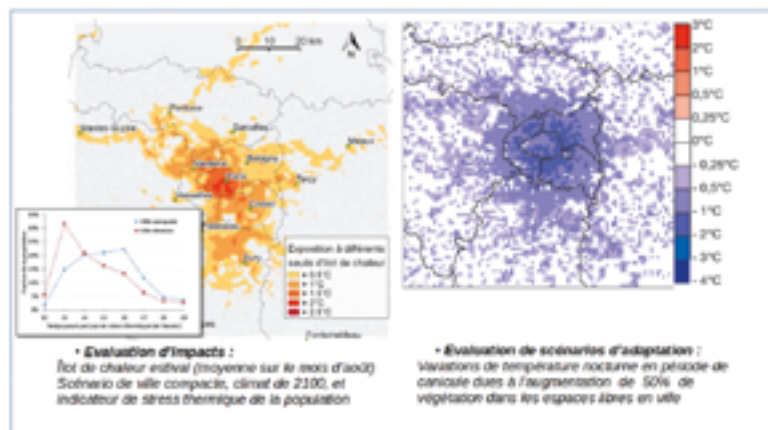
CNRS | CSTB | ENSA Toulouse

Coordination

Valéry Masson – CNRS
valery.masson@meteo.fr

Exemple d'évaluation d'impacts de scénarios d'urbanisations futurs et de stratégies d'adaptation à l'échelle de l'agglomération parisienne.

© V. Viguié, C. De Munck, projet MUSCADE.



STEWARd

Statistical Early Warning systems of weather-related Risks from probabilistic forecasts, over cities in West Africa

Rappel des objectifs

Les catastrophes naturelles impactent fortement les villes ouest-africaines, et les évolutions climatiques et démographiques tendent à augmenter leurs sévérités. Le projet STEWARd propose d'étudier du point de vue physique et social les événements météorologiques à fort impact (pluies intenses, sécheresses, vagues de chaleur et tempêtes de poussière) sur deux agglomérations ouest-africaines : Dakar et Abidjan. Un premier volet porte sur une étude d'impacts sur des événements antérieurs et d'étude sociodémographiques sur les populations. Un deuxième concerne la définition et la prévisibilité des aléas. Le dernier volet correspond au croisement de ces bases de données dans le but de proposer et développer, avec des partenaires locaux, des outils d'aide à la décision pour l'alerte précoce opérationnelle des risques sur les populations.

Ce projet vise deux objectifs principaux : (i) l'identification des événements à fort impact sur la population en zone à forte densité avec une population vulnérable. Cet objectif sera atteint via une approche pluridisciplinaire par le développement de bases de données sur les aléas et sur les impacts ; (ii) l'extraction d'indices d'alerte précoce robustes, significatifs et compréhensibles des risques météorologiques issus des prévisions probabilistes des aléas météorologiques et des téléconnexions complexes entre ces aléas et leurs impacts mises en évidence au cours de la première phase du programme.

Résultats majeurs

Dans le cadre du premier volet, un protocole d'enquête et de collecte des données d'impacts a été mis en place. Grâce aux collaborations locales, des réseaux sanitaires existants sont mis à profit du projet afin de constituer la base de données des impacts. Le protocole est formulé, les collaborations sont établies et la collecte en cours. Le WP2 a permis de déterminer des définitions de phases extrêmes humides et sèches, de vagues de chaleurs et de détérioration de la

qualité de l'air. Ces travaux ont fourni des catalogues d'événements extrêmes, des études sur la prédictibilité de ces épisodes ont de plus été produites. Ces étapes sont primordiales pour la définition et la prévision des risques qui constituent l'ultime volet du projet, qui sera lancé début 2024.

Production scientifique et valorisation

Ngoungue L., *et al.* (2023) Subseasonal-to-seasonal forecasts of Heat waves in West African cities.» *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, pp. 1-32.

TERTI G., *et al.* (2023) The Health Impacts of Extreme Weather Events in Africa: A scoping review protocol, *Protocols.io*.

Ngoungue L., *et al.* (2022) Heat waves monitoring over West African cities: uncertainties, characterization and recent trends. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, pp. 1-33.

Ngoungue L., *et al.* (2021) Seasonal forecasts of the Saharan Heat Low characteristics: A multi-model assessment, *Weather and Climate Dynamics* 2.3, pp. 893-912.

Début du projet : 2020 | Durée : 60 mois

Financement : 469 980 €

Partenaires

IRD (Burkina Faso) ICNRS

Coordination

Christophe Lavaysse – IRD
christophe.lavaysse@ird.fr



Événement précipitant violent à Abidjan (Côte d'Ivoire) en juin 2017.

© S. Anquetin, projet STEWARd.

THERMOCOAT

Revêtements thermoactifs pour la réduction de la consommation énergétique des villes

Rappel des objectifs

L'enjeu principal du projet THERMOCOAT est la réduction de la température des villes en été. L'approche est de réduire l'absorption de la chaleur du soleil par les bâtiments et les chaussées par l'application d'une peinture. La manière la plus simple serait de peindre en blanc les bâtiments et les chaussées afin de maximiser la quantité de lumière solaire réfléchi, et ainsi diminuer l'échauffement par absorption de la lumière. Une autre approche est d'employer des revêtements appelés *cool coatings*, qui ont un coefficient de réflexion augmenté dans la partie proche infrarouge du spectre solaire, mais une couleur inchangée, permettant ainsi de pouvoir conserver un choix de couleurs plus varié. Cependant, il a été démontré que ces *cool coatings* peuvent induire une augmentation de la demande de chauffage en hiver de 10 %. Ce problème peut être résolu par le développement de matériaux dits thermochromes dont les propriétés changent en fonction de la température extérieure. Les matériaux thermochromes peuvent présenter des propriétés différentes comme une modification d'absorption dans la gamme proche infrarouge, comme le dioxyde de vanadium (VO₂).

Le projet THERMOCOAT va s'intéresser au développement d'un revêtement polymère composite nanostructuré thermochrome à base de VO₂, présentant un changement de propriétés optiques dans la partie proche infrarouge du spectre solaire ([0.8 µm - 3 µm]), qui correspond à environ 50 % de l'énergie totale apportée par le soleil.

Résultats majeurs

Le projet THERMOCOAT a abouti au développement d'un programme de simulation permettant de calculer les propriétés optiques et la température de surface d'une opale polymère contenant des nanoparticules de VO₂. Ce programme permet de choisir la structure/composition du matériau qu'on souhaite modéliser. Il est également possible d'introduire du désordre dans la structure. Afin d'étudier de façon plus globale l'impact environnemental de revêtements thermochromes à base de VO₂, la modélisation de l'impact énergétique a été étendue à une analyse de cycle de vie comparative d'un vitrage thermochrome à base de VO₂ et d'un vitrage standard. Cette étude prend ainsi en compte toute la durée de vie du matériau, de sa production à sa mise au rebut. Une nouvelle

collaboration avec le laboratoire IETCC de Madrid a été initiée dans le cadre de ces travaux.

L'objectif en termes de fabrication du matériau était de réaliser une opale polymère contenant des nanoparticules de VO₂. Afin de résoudre des problèmes de compatibilité chimique entre le VO₂ et le polymère il a été décidé d'encapsuler le VO₂ dans une couche de silice (SiO₂). À l'heure actuelle, il n'a pas encore été possible d'obtenir expérimentalement une opale polymère contenant du VO₂ encapsulé. Du VO₂ encapsulé a cependant été inséré dans une matrice polymère commerciale non structurée, et la modification de transmittance du matériau entre son état « froid » et son état « chaud » a bien été démontrée.

Production scientifique et valorisation

Faucheu J., *et al.* (2019) A Review of Vanadium Dioxide as an Actor of Nanothermochromism: Challenges and Perspectives for Polymer Nanocomposites, *Advanced Engineering Materials*, 21, 1800438.

Péralle C., *et al.* (2022) Numerical study of the thermally adaptive emissivity of VO₂-polymer nanostructured coatings, *Applied Optics*, 61, pp. 3827-3837.

Sirvent P., *et al.* (2022) Environmental Benefits of Thermochromic VO₂ Windows: Life Cycle Assessment from Laboratory Scale to Industrial Scale, *Advanced Engineering Materials*, 24, 2101547.

Ce projet a donné lieu à trois publications dans des revues internationales à comité de lecture, une conférence internationale, trois conférences nationales, un manuscrit de thèse et deux actions de vulgarisation scientifique. Il a également abouti à trois projets collaboratifs financés.

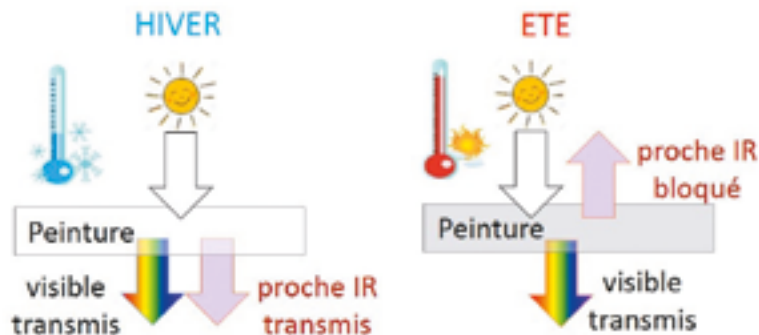
Début du projet : 2016 | Durée : 42 mois

Financement ANR : 239 760 €

Coordination

Renée Charrière – MINES Saint-Étienne

renee.charriere@emse.fr



Principe de fonctionnement de la peinture thermochrome développée dans le projet THERMOCOAT.

© R. Charrière, projet THERMOCOAT.

TIR4sTREEt

Thermal InfraRed for Street TREEs ou « l'infrarouge thermique pour l'étude des arbres de rue »

Rappel des objectifs

Ce projet multidisciplinaire rassemble plus de 15 scientifiques de divers horizons. L'objectif principal est de comprendre, pour ensuite mieux caractériser, l'impact physique des bâtiments et d'arbres de rue sur le microclimat urbain. Le projet se focalise sur des arbres d'alignement de trois espèces différentes : des tilleuls, des micocouliers et des platanes, qui jalonnent trois rues adjacentes à Strasbourg. Pour les suivre et quantifier les phénomènes notamment de transpiration et d'ombrage, nous équipons ces arbres de nombreux dispositifs et effectuons régulièrement des mesures thermiques, météorologiques, écophysiologicals et géométriques, durant presque deux ans. Ces campagnes de mesure constituent le premier volet, crucial, du projet. Le deuxième objectif du projet est de développer une méthodologie visant à fusionner la géométrie d'une scène urbaine avec les températures de surface mesurées dans le temps. Enfin, le résultat du couplage de toutes les données servira, dans un troisième objectif, à valider des estimations produites par des outils de simulations microclimatiques, en cours de développement dans le consortium. En fin de projet, l'ensemble des données mesurées sera mis à disposition de la communauté scientifique.

Résultats majeurs

Des températures de surfaces de bâtiments et d'arbres ont été calculées avec trois modèles de caméras mesurant dans l'infrarouge thermique (IRT). Certaines caméras ont été fixées à des mâts et d'autres, à un système mobile développé pour l'occasion. Du point de vue du couplage de l'information géométrique et thermique, des premiers travaux ont permis de mettre en place une méthodologie menant à la production d'un nuage de points thermiques. L'approche générale tire parti de la capacité d'une des caméras thermiques à acquérir des images RVB (rouge, vert, bleu) en plus des images TIR (Thermal InfraRed) et permet d'étudier les interactions arbres et façades.

Des capteurs de flux de sève ont été installés dans le tronc de deux arbres de chaque espèce. L'enregistrement en continu des mesures de densités de flux de sève et du microclimat durant plus de 8 mois, couplé à l'analyse de carottes prélevées pour estimer l'épaisseur de bois d'aubier, ont révélé des premiers résultats très intéressants. En effet, l'analyse de ces mesures, sur différentes périodes de l'année, montre que les trois espèces d'arbres étudiées ont une réaction différente. Ainsi, il apparaît que les platanes transpirent davantage que les tilleuls et les micocouliers, et que, selon la période considérée, ces arbres seraient capables de transpirer plus de 300 litres par jour. Actuellement, des travaux sont en cours pour comparer les

estimations produites par des outils de simulations microclimatiques aux mesures réelles. La maquette 3D représentant la température de surface au fil des périodes de mesures est en cours de création et pourra être confrontée aux estimations des outils de simulation. La sensibilité de ces outils de simulation au niveau du détail géométrique de la maquette et de la caractérisation des matériaux est en cours d'étude.

Production scientifique et valorisation

Macher H., Landes T. (2022) Combining TIR images and point clouds for urban scenes modelling, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B2-2022, pp. 425-431.

Lecomte V., et al. (2022) Combination of thermal infrared images and laser scanning data for 3D thermal point Cloud generation of buildings and trees, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-2/W1-2022, pp. 129-136.

Landes T., et al. (2024) Modeling of street trees for urban micro-climatology in Strasbourg - The TIR4sTREEt project, *Association Internationale de Climatologie*, article soumis.

Delasse C., et al. (2024) Étude comparative de logiciels de simulation du microclimat à usage gratuit pour le confort thermique en milieu urbain, *Association Internationale de Climatologie*, article soumis.

Lecomte V., et al. (2024) Thermal measurement campaign in three streets of Strasbourg to study interactions between trees and façades, *Congrès de la Société Française de Thermique et Architecture*, article soumis.

Lecomte V., et al. (2024b). Influence du niveau de modélisation urbaine sur une simulation microclimatique LASER/F, *Association Internationale de Climatologie*, article soumis.

Début du projet : 2022 | Durée : 48 mois

Financement : 514 325 €

Partenaires

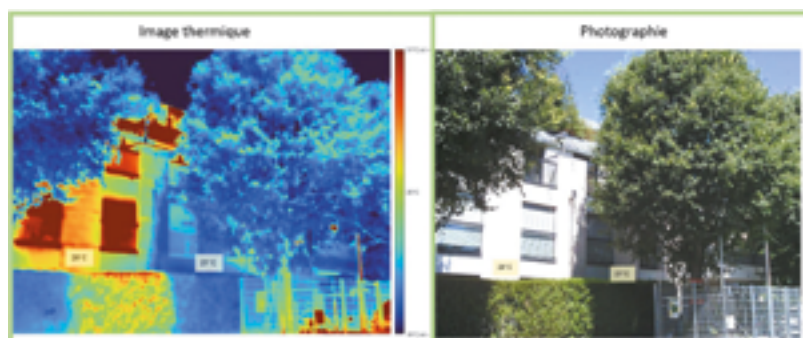
Université de Strasbourg | INRAE | Eurométropole de Strasbourg

Coordination

Tania Landes – INSA Strasbourg
tania.landés@insa-strasbourg.fr

Image thermique et photographie d'un site d'étude, pour l'analyse des variations de températures de surfaces entre arbres et façades.

© T. Landes, projet TIR4sTREEt.



UMat4CC

Matériaux urbains pour le rafraîchissement des villes

Rappel des objectifs

Le projet UMat4CC porte sur l'adaptation au changement climatique des villes, en particulier au risque caniculaire. Il vise à proposer des outils et connaissances à même de permettre aux collectivités territoriales de mettre en place des stratégies de rafraîchissement adaptées à leur territoire. Il s'intéresse, d'une part, à l'aide à la décision par des systèmes d'information géographique pour les collectivités territoriales et, d'autre part, au comportement thermoclimatique de matériaux urbains innovants, avec et sans arrosage.

Le premier axe fait appel à une plateforme expérimentale pour la caractérisation thermophysique de matériaux (conductivité, capacité calorifique, albédo, etc.) et de structures de matériaux (enceinte climatique, etc.). Le deuxième axe s'appuie, pour un territoire donné, sur une analyse du risque canicule croisée avec un indicateur ancré dans la physique à même d'évaluer le potentiel d'une technique de rafraîchissement à améliorer le stress thermique d'un piéton : le potentiel de rafraîchissement.

Résultats majeurs

Les premiers résultats sont le montage d'une plateforme expérimentale de caractérisation des matériaux urbains (albédo, émissivité, propriétés thermiques, etc.) de laboratoire ainsi que la mise en place d'un dispositif expérimental pour l'étude du comportement thermo-climatique de toitures-terrasses isolées thermiquement par l'intérieur (ITI) ou par l'extérieur (ITE), tenant compte de leur contribution au climat urbain (bilan thermique de surface) et de leur contribution à l'échauffement intérieur (transmission de chaleur au bâtiment) avec et sans arrosage, avec étanchéité standard (faible albédo) et réfléchissante (albédo élevé).

Ces travaux ont permis de constater que les structures ITE échauffent l'air en journée mais pas la nuit, tandis que si les structures ITI échauffent moins l'air ambiant en journée mais continuent de restituer la chaleur la nuit. L'arrosage et la réflectivité solaire permettent de diminuer l'échauffement atmosphérique ainsi que l'échauffement du bâtiment.

Par ailleurs, l'indicateur potentiel de rafraîchissement montre une bonne corrélation avec des mesures in situ du stress thermique diurne (confrontation avec plus de 150 mesures réalisées dans le

cadre de l'étude de cours d'école OASIS). Cet indicateur se montre ainsi capable d'identifier simplement et par des outils géomatiques les « points chauds » d'un espace extérieur. Quelques limites de la méthode sont identifiées et appellent un travail d'approfondissement du modèle utilisé.

Production scientifique et valorisation

Chaumont M., *et al.* (2024) Impact of roof watering on urban cooling during heat waves, *Building and Environment*, article soumis.

Chaumont M., *et al.* (2024) Influence of the thermal insulation position in standard and cool roofs on their contribution to urban heating during heatwaves, *Energy and Buildings*, article soumis.

Parison S., *et al.* (2023). The effects of greening a parking lot as a heat mitigation strategy on outdoor thermal stress using fixed and mobile measurements: case-study project 'tertiary forest', *Sustainable Cities and Society*, 98, July, p. 104818.

Chaumont M. (2023) *Contribution de différentes typologies de toiture au climat urbain en période caniculaire*, Thèse de doctorat, Université Paris Cité.

Hendel M., *et al.* *Méthode d'analyse de données pour quantifier un potentiel de rafraîchissement d'une zone d'un site géographique*, Demande de brevet n°2211783 déposée le 14 novembre 2022.

Ce projet a donné lieu à la création de la startup Urban Cooling Solutions qui valorise le brevet cité ci-dessus, sept communications orales en conférences scientifiques internationales, la création d'un groupe de travail (six rencontres de 2019 à 2023) qui porte un projet de création de réseau thématique CNRS (Climat urbain : Réseau de recherche interdisciplinaire en climatologie urbaine).

Début du projet : 2019 | Durée : 60 mois

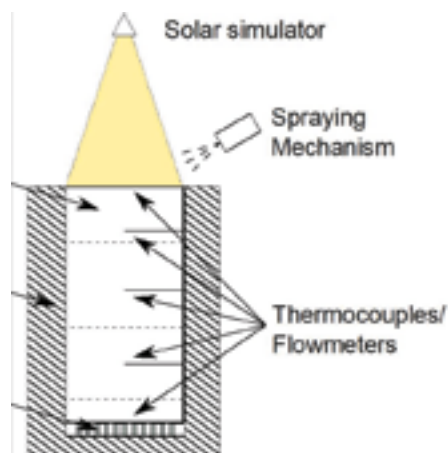
Financement ANR : 343 398 €

Coordination

Martin Hendel – Université Paris Cité
martin.hendel@u-paris.fr

Photographie (gauche) et schéma (droite) du dispositif expérimental mis au point pour l'étude thermo-climatique des toitures-terrasses.

© M. Chaumont, M. Hendel, projet UMat4CC.



VegDUD

Rôle du végétal dans le développement urbain durable, une approche par les enjeux liés à la climatologie, l'hydrologie, la maîtrise de l'énergie et les ambiances

Rappel des objectifs

L'augmentation de la surface artificielle au détriment des surfaces naturelles conduit à une détérioration de la qualité environnementale des villes. Cependant, la nécessaire densification des villes et l'intensification de l'usage des sols urbains laissent peu de place à la végétation. On voit ainsi apparaître de nouveaux types de surfaces végétales, notamment sur les bâtiments. Les impacts environnementaux de la végétation urbaine sont connus qualitativement et globalement, mais peu de résultats quantitatifs sont disponibles. En particulier, on ne sait pas si ces nouvelles surfaces remplacent avantageusement les formes plus traditionnelles de végétation : arbres, pelouses ou jardins. Il convient également d'évaluer le rôle que jouent ces nouvelles formes végétales sur les pratiques et perceptions de la ville.

Le projet VegDUD avait pour objectif de réaliser une évaluation interdisciplinaire de techniques de végétalisation projetées dans la ville dense de demain. Cette évaluation a été ciblée sur les enjeux liés à la climatologie, l'hydrologie, l'énergie et les ambiances. Elle s'appuyait sur la ville de Nantes mais aborde également des situations rencontrées dans d'autres villes.

Le projet ciblait quatre dispositifs : les toitures et façades végétales, les surfaces enherbées, les systèmes alternatifs de gestion des eaux pluviales végétalisés et les arbres.

Résultats majeurs

Plusieurs méthodes ont été développées pour étudier les impacts de ces dispositifs :

- L'exploitation d'images satellites pour cartographier la présence végétale à l'échelle de la ville et celle d'images de télédétection hyperspectrales pour identifier la végétation par familles d'espèces à l'échelle d'un quartier.
- Des méthodologies d'observation et d'analyse des variables micrométéorologiques urbaines, appliquées sur un quartier nantais qui a fait l'objet de mesures en continu et de campagnes expérimentales.
- Des expérimentations à échelle réduite (soufflerie, bacs végétalisés, façades végétales).
- Des modèles numériques de climatologie, hydrologie, acoustique et thermique du bâtiment intégrant la représentation des dispositifs étudiés.

Ces outils et méthodes ont été appliqués à des quartiers nantais et parisiens pour évaluer les impacts de scénarios de végétalisation.

Le projet a ainsi permis de conclure sur les formes végétales les plus susceptibles de répondre aux enjeux de la ville durable étudiés. Les arbres sont les plus performants du point de vue du microclimat urbain et du confort estival. Pour le confort d'été dans les bâtiments, les enveloppes végétales sont intéressantes dans le cas de bâtiments peu isolés. En ce qui concerne la limitation du ruissellement, les noues sont les plus performantes.

Production scientifique et valorisation

Malys L., *et al.* (2014) A hydrothermal model to assess the impact of green walls on urban microclimate and building energy consumption, *Building and Environment*, 73, pp. 187-197.

De Munck C. S., *et al.* (2013) The GREENROOF module (v7.3) for modelling green roof hydrological and energetic performances within TEB. *Geoscientific Model Development Discussions*, 6, 1, pp. 1127-1172.

Pommier G., *et al.* (2014) Programme de recherche VegDUD - Rôle du végétal dans le développement urbain durable, *Impacts du végétal en ville - Fiches de synthèse*, Plante & Cité, Angers.

Musy M. (2014). *La ville verte - Les rôles du végétal en ville*. QUAE, Synthèses, Versailles, 196 p.

Début du projet : 2010 | Durée : 48 mois

Financement : 1 550 000 €

Partenaires

Université Gustave Eiffel | Plante & Cité | La Rochelle
Université | Université de Nantes | INRAE | ONERA | CNRM
CNRS | CSTB | IRSN

Coordination

Marjorie Musy – CNRS, FR 2488 - Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville
marjorie.musy@cerema.fr

Espace de prairie dans le quartier Bottière Chénaie à Nantes
© M. Musy, projet VegDUD.



VURCA

Vulnérabilité Urbaine aux épisodes Caniculaires et stratégies d'Adaptation

CHAPITRE 6 | CLIMAT ET ADAPTATION

Rappel des objectifs

Certaines actions destinées à s'adapter aux impacts du changement climatique peuvent faire plus de mal que de bien, en particulier lorsqu'elles consomment de l'énergie, ce qui rend plus difficile le passage à une énergie décarbonée, ou lorsque, en répondant aux besoins d'un groupe de personnes, elles augmentent la vulnérabilité des autres. C'est ce que l'on appelle la « maladaptation ». Le risque de vague de chaleur fournit un exemple typique : les équipements de climatisation peuvent entraîner une consommation d'énergie importante et contribuer à réchauffer l'air autour des bâtiments qui en sont équipés. Des stratégies alternatives d'adaptation existent, mais leur efficacité n'est pas bien connue. Dans le projet Vurca, une plateforme de modélisation interdisciplinaire a fourni une première analyse quantifiée de l'efficacité de stratégies d'adaptation face aux canicules, en prenant l'agglomération parisienne comme étude de cas. Des scénarios prospectifs d'expansion urbaine et de mise en place de politiques d'adaptation, développés au CIRED et au CSTB, ont ainsi été utilisés par le modèle TEB-SURFEX, développé au CNRM, pour simuler, pour différentes vagues de chaleur calculées par les modèles climatiques, l'effet d'îlot de chaleur urbain et les températures dans les rues et dans les bâtiments. Cela a permis de calculer la consommation d'énergie liée à l'utilisation de la climatisation et les températures à l'intérieur des bâtiments et dans les rues dans chaque scénario.

Résultats majeurs

De nombreux résultats sont disponibles répondant à trois questions principales :

- Paris sera-t-elle vulnérable aux canicules ? Nous avons calculé que, sans climatisation, il faudrait s'attendre à la fin du siècle à près de 11 jours de canicule par an en moyenne dans l'agglomération parisienne.
- Quel serait l'effet d'un développement massif de la climatisation ? Un développement massif de la climatisation pourrait générer 1,1 TWh par an de consommation d'énergie finale supplémentaire, si l'on veut maintenir une température de 23° dans tous les immeubles d'habitation et de bureaux. La chaleur dégagée par ces systèmes provoquerait une dégradation importante du confort thermique extérieur.

- Des politiques alternatives d'adaptation pourraient-elles permettre de réduire la demande énergétique pour la climatisation ? Nous avons constaté que des stratégies ambitieuses d'adaptation par isolation des bâtiments, mise en place de toitures réfléchissantes et création de parcs urbains, ne semblent pas suffisantes pour remplacer totalement la climatisation et assurer le confort thermique, dans les années 2070, dans un scénario médian de changement climatique. Cependant ces stratégies, accompagnées d'une température de consigne haute pour la climatisation, peuvent réduire de moitié la consommation d'énergie de la climatisation pendant les vagues de chaleur et réduire fortement la chaleur dégagée vers l'environnement extérieur.

Nos résultats montrent que les mesures d'adaptation, mises en œuvre tôt, peuvent jouer un rôle clé pour rester sur la voie d'une économie à faibles émissions de carbone.

Production scientifique et valorisation

Daniel M., *et al.* (2016) Role of Watering Practices in Large-Scale Urban Planning Strategies to Face the Heat-Wave Risk in Future Climate, *Urban Climate*, 23, pp. 287-308.

Lemonsu A., *et al.* (2015) Vulnerability to heat waves: Impact of urban expansion scenarios on urban heat island and heat stress in Paris (France), *Urban Climate*, 14, pp. 586-605.

Masson V., *et al.* (2014) Adapting Cities to Climate Change: A Systemic Modelling Approach, *Urban Climate*, 10, pp. 407-429.

Viguie V., *et al.* (2020) Early Adaptation to Heat Waves and Future Reduction of Air-Conditioning Energy Use in Paris, *Environmental Research Letters*, 15(7).

Début du projet : 2008 | Durée : 36 mois

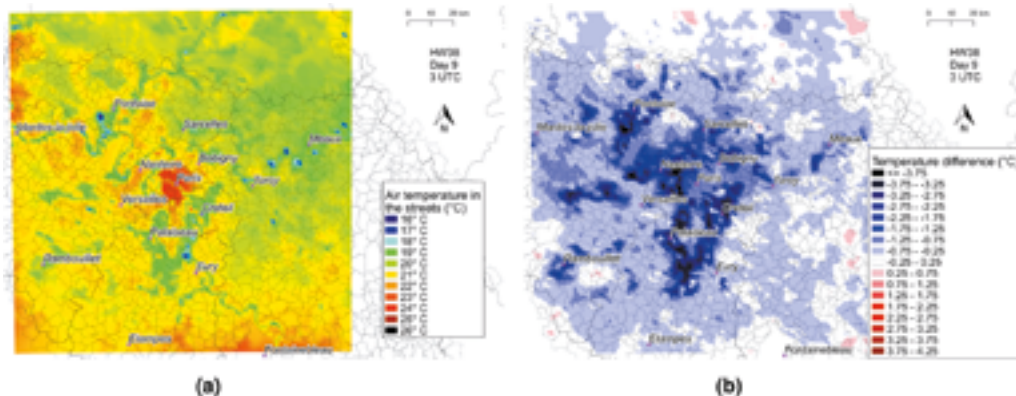
Financement : 476 481 €

Partenaire
CSTB

Coordination
Jean-Charles Hourcade – CNRS
hourcade@centre-ired.fr

Impact des trois politiques d'adaptation combinées sur la température de l'air dans les rues à 4 heures du matin, après 9 jours d'une vague de chaleur similaire à celle de 2003 (HW38). a) Simulation avec les trois politiques d'adaptation ; b) Impact des mesures d'adaptation.

© V. Vigié, projet VURCA.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab6a24>



Chapitre 7

NATURE EN VILLE

Séverine Planchais (iEES Paris, Sorbonne Université)

D'ici 2045, la population urbaine mondiale devrait dépasser les six milliards de personnes, soit plus de la moitié de l'humanité. Dans ce contexte, l'intégration de la nature au sein des villes revêt une importance capitale pour rendre ces espaces urbains à la fois plus écologiques et plus accueillants (projets **BISES**, page 160, **ECOVILLE**, page 162, **JASSUR**, page 166, **TrameVerte**, page 170 et **WAQATALI**, page 174).

La nature en milieu urbain doit être maîtrisée de manière à servir au mieux les intérêts des habitants. Elle doit offrir des avantages tangibles, tels que la fraîcheur et l'ombre apportées par les arbres alignés le long des rues, et assurer le captage du CO₂ émis par la circulation automobile (**ECOVILLE**). La présence de ruches productrices de miel, de jardins collectifs urbains, de parterres de fleurs et de pelouses récréatives contribue également à créer un environnement agréable et vivant pour les citoyens (**FEW-meter**, page 165 et **JASSUR**).

Cependant, une nature non maîtrisée peut être perçue comme négligée voire « sale » par les habitants. C'est notamment le cas des terrains en friche ou les jachères, où la végétation spontanée prolifère souvent en réponse aux politiques du zéro pesticide. Ces zones abandonnées peuvent devenir des lieux de dépôt sauvage de débris (mégots de cigarettes, bouteilles vides, gobelets) témoignant ainsi du manque de respect des citoyens envers ces espaces abandonnés.

La nature peut aussi représenter un certain danger en ville, notamment en raison de la chute d'arbres, des allergies saisonnières, des pollutions de l'air par des composés organiques volatils (**STREET**, page 169, **SENSIBILIA**, page 168, **VeSPa**, page 173) ou celles des sols par des

métaux lourds (**ECOPOLIS**, page 161, **ELOCANTH**, page 163), ou encore la présence d'insectes considérés comme « nuisibles », comme les chenilles processionnaires. Pour pallier ces risques, des solutions innovantes sont envisagées, telles que la plantation d'arbres stériles qui ne produisent pas de fruits susceptibles de tomber sur les passants.

Par ailleurs, il est crucial de prendre conscience de la nécessité de préserver la diversité génétique des espèces végétales en milieu urbain. Actuellement, de nombreuses municipalités privilégient la multiplication de clones d'arbres résilients aux conditions urbaines, souvent produits par bouturage. À Paris par exemple, il a été constaté qu'un même clone de tilleul était présent parmi des arbres ayant jusqu'à 40 ans de différence d'âge. Pour favoriser une plus grande biodiversité, il est recommandé de planter des alignements avec différentes essences d'arbres.

Des initiatives telles que les écoles Oasis à Paris illustrent cette volonté de réintroduire la nature au cœur des environnements urbains. En désimperméabilisant les sols de cours recouverts de bitume et en les transformant en espaces verts, ces projets ont pour but de lutter contre les îlots de chaleur, de favoriser l'infiltration des eaux des pluies et aussi de faire entrer la nature dans les cours d'école. Les élèves seront en contact direct avec la microfaune du sol (cloportes, vers de terre, collemboles, fourmis), les oiseaux (mésanges charbonnières étudiées dans le projet **ACACIA**, page 158 et les moineaux dans le projet **URBASTRESS**, page 172) et les plantes (végétation changeante au cours des saisons). Ces projets éducatifs sensibilisent les enfants à l'importance de préserver et de promouvoir la nature en ville.



ACACIA

Adaptation aux effets interactifs de l'urbanisation et des changements climatiques

Rappel des objectifs

En écologie évolutive, le changement climatique et l'urbanisation sont surtout étudiés séparément. Pourtant l'effet d'îlot de chaleur urbain constitue un défi supplémentaire pour des organismes déjà confrontés au changement climatique, en particulier durant les événements climatiques extrêmes (par ex. les vagues de chaleur). La chaleur accrue en ville représente de ce fait un théâtre d'études unique pour les scientifiques cherchant à comprendre comment les organismes s'adaptent (ou non) au réchauffement.

Le projet ACACIA vise (i) à comprendre et à prévoir l'impact des effets interactifs du changement climatique et de l'urbanisation sur l'évolution et la dynamique des populations en utilisant une espèce modèle en écologie évolutive : la mésange charbonnière, et (ii) à utiliser l'exemple des mésanges charbonnières face au changement climatique comme outil éducatif pour reconnecter les écoliers urbains à la nature.

Le projet est composé de trois tâches, reposant sur : (i) une expérience de jardin commun utilisant des œufs prélevés dans trois paires de populations forestières/urbaines de mésanges ; (ii) des suivis longitudinaux dans 13 paires forêts/villes de populations de mésanges charbonnières à travers l'Europe ; (iii) un protocole de recherche participative dans 15 classes de CM1, CM2 ou de sixième de Montpellier et de Paris, associé à un dispositif pédagogique. Dans le cadre de la tâche 1, nous construirons une carte à échelle fine des températures à travers les gradients d'urbanisation, comparerons les adaptations physiologiques (depuis les phénotypes jusqu'aux gènes) au réchauffement chez les oiseaux des forêts et des villes, et testerons l'hypothèse selon laquelle les organismes vivant en ville pourraient être pré-adaptés au réchauffement climatique parce qu'ils sont exposés à l'effet d'îlot de chaleur urbain. Dans la tâche 2, une collaboration européenne à grande échelle sur les suivis de mésanges permettra de vérifier si les ajustements phénologiques aux températures sont similaires entre les populations forestières et urbaines, et d'explorer

les conséquences évolutives et démographiques associées de cette plasticité. Dans le cadre de la tâche 3, nous impliquerons les écoles dans la collecte de données scientifiques tout en dispensant un enseignement sur la science et l'environnement, et en documentant les effets du dispositif participatif sur le lien des enfants avec la nature. Les trois tâches interdisciplinaires offriront une avancée majeure dans notre compréhension de la façon dont l'environnement urbain peut façonner l'adaptation des oiseaux au changement climatique et sur la façon dont l'éducation environnementale sur ce même sujet et dès le plus jeune âge peut contribuer à reconnecter les humains avec la nature.

Résultats majeurs

Le projet ACACIA a commencé en février 2023. Un postdoctorant a été recruté depuis août pour la tâche 1 et l'installation d'un laboratoire de respirométrie est bien avancée. Le dispositif éducatif de la tâche 3 a aussi fait l'objet de belles avancées, avec le recrutement de 15 enseignants qui participeront au dispositif durant l'année scolaire 2023-2024 et la commande de nichoirs connectés qui seront installés dans les écoles à la fin de l'automne 2023.

Début du projet : 2023 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 685 301 €

Partenaires

Université de Montpellier

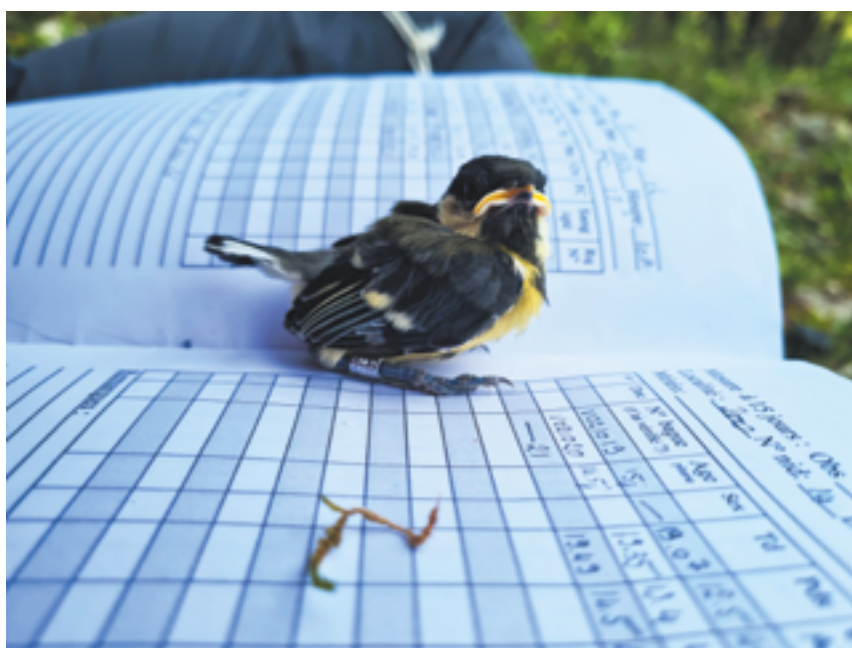
Coordination

Anne Charmantier – CNRS

anne.charmantier@cefe.cnrs.fr

Poussin de mésange charbonnière de 15 jours qui vient d'être équipé d'une bague en métal avec un identifiant unique qu'il gardera toute sa vie.

© Anne Charmantier, projet ACACIA.



ARMAGUEDON

Approche interdisciplinaire en génomique, écologie urbaine et éco-épidémiologie pour une meilleure gestion des rats à Paris

Rappel des objectifs

L'objectif du projet ARMAGUEDON est de combler le manque de connaissances sur le rat brun en ville. Pour cela, nous proposons une nouvelle approche combinant écologie urbaine, génomique, parasitologie, microbiologie et perception sociale afin d'étudier les populations de rats bruns dans la ville de Paris, d'identifier les pathogènes et les vecteurs que le rat peut porter et d'évaluer l'impact que les pathogènes associés au rat pourraient avoir sur la santé publique. Notre objectif final est d'offrir de nouvelles connaissances biologiques, comportementales et historiques ainsi que des solutions pratiques pour améliorer la gestion des populations de rats dans les villes. La collaboration interdisciplinaire entre scientifiques et administrateurs urbains structurera un programme intégré de gestion des rats, développant ainsi de nouvelles options pour le contrôle des populations de rats et pour une meilleure perception sociale du rat dans la société.

Résultats majeurs

Le projet est encore en cours de réalisation, les données sont donc toujours en phase d'acquisition et les résultats à venir. Contrairement à l'hypothèse de départ d'une forte densité en rats bruns distribuée de manière homogène sur l'ensemble de l'aire d'étude (parcs, squares et jardins de la ville de Paris), les sessions de piégeage ont révélé une surestimation des densités réelles observées sur le terrain. Cela constitue un premier résultat remarquable de notre projet, qui nous a incité à augmenter les efforts de capture (piégeage standard et photographique notamment) pendant 12 mois supplémentaires. Cette prolongation nous a permis d'accroître suffisamment le nombre d'observations pour disposer d'estimations plus précises de la densité qui est l'un des objectifs centraux du projet. Mais aussi de disposer d'assez d'individus pour évaluer au mieux les risques sanitaires et disposer d'informations fiables sur des pathogènes rares d'importance en santé humaine et potentiellement présents à Paris. L'ensemble des résultats seront communiqués à la fin du projet, en janvier 2025.

Production scientifique et valorisation

Vergopoulous H. (2021) *Les rats de Paris : Une brève histoire de l'infamie* (1800-1939), Le Murmure, 96 p.

Denys C. C. (2022) Origine et évolution du rat noir et du rat brun en Europe : une histoire de co-évolution ? in Sidera I. (ed.) *Évolutions : Évoluons-nous ?* Presses universitaires de Paris Nanterre, pp. 187-218

Musée des Égouts, exposition *Rattus*, 15 septembre 2023-16 juin 2024, Bruxelles, Belgique.

Le projet a fait l'objet de :

- valorisations lors d'événements grand public : Fête de la Science 2023 et 2022, Fête l'animal en ville 2021, Congrès mondial de la nature de l'UICN, Dôme de la Biodiversité 2021 ;
- relais presse écrite : (2023) Nous n'aurons jamais une ville sans rats, *La Libre Belgique* ; (2023) Whack-a-Rat, *The New York Review* ; (2023) Notre voisin, le rat des villes, *Nat'Images* ; (2021) Pourquoi détestet-on autant les rats, ces animaux pourtant passionnants ? *NEON*.
- Relais radio et tv : (2023) *City Rats, unknown parallel world*, ARTE SCIENCE ; (2023) *Étudier les rats dans les villes*, Les années lumière, Radio Canada ; (2022) *Les Rats dans les villes*, JT France 3 Île-de-France ; (2022) *Biodiversité: qui sont les mammifères des villes ?* La Tête au Carré, France Inter ; (2022) *Le rat brun*, 20 minutes ; (2021) *Les rats des villes*, La Tête au Carré, France Inter ; (2020) *Rat*, Radio Campus.

Début du projet : 2021 | Durée : 47 mois

Financement : 362 816 €

Partenaires

Institut Pasteur | IRS2GPI | VetAgroSup | GRIPIC | Sorbonne Université

Coordination

Aude Lalis – Muséum national d'Histoire naturelle
aude.lalis@mnhn.fr

Une étude intégrative inédite par son approche interdisciplinaire en génomique, écologie urbaine et éco-épidémiologie pour une meilleure compréhension des rats à Paris.

© A. Lalis, projet ARMAGUEDON.



BISES

Biodiversité des sols urbains et villes durables : état des lieux, interactions entre les systèmes productifs et non productifs et importance pour la fourniture de services écosystémiques

Rappel des objectifs

Afin d'améliorer la qualité de vie et de favoriser la biodiversité dans les villes, un nouveau modèle propose de favoriser les espaces de nature pouvant potentiellement fournir des services écosystémiques (rafraîchissement de l'air, gestion des eaux pluviales, bien-être). La connaissance du fonctionnement des sols urbains est primordiale pour assurer et optimiser ces services. En effet, la biodiversité des sols assure de nombreuses fonctions comme la structuration des sols, le recyclage des nutriments, la décomposition de la matière organique, le stockage/déstockage du carbone ou la régulation des bioagresseurs. Ces organismes sont toutefois sensibles aux contraintes exercées par et sur le milieu urbain.

Le programme BISES vise à améliorer les connaissances sur la composition et la dynamique spatiale et temporelle de la biodiversité des sols urbains en fonction des pratiques de gestion et des propriétés des paysages. Il repose sur deux approches :

- Un volet académique réalisé sur près de 200 sites répartis sur quatre territoires contrastés d'un point de vue pédoclimatique (Nantes, Paris, Nancy et Montpellier) et comprenant une grande partie des usages des espaces verts non productif (parcs, ronds-points et linéaire de voirie) et productif (fermes urbaines, jardins partagés...). Dans ce réseau de sites, un grand nombre d'indicateurs des sols a été étudié : physico-chimie, biodiversité et fonctions (ex. stockage du carbone) assurées par celle-ci.
- La mise en place d'un outil de sciences participatives permettant de comprendre la réponse de la biodiversité visible à l'œil nu (mésafaune, macrofaune) des pratiques de gestion sur l'ensemble du territoire métropolitain en associant des publics non académiques.

Résultats majeurs

Les premiers résultats marquants du programme en cours sont :

- L'identification spatiale et multicritère d'environ cinquante sites d'étude pour chacune des quatre collectivités et qui ont fait l'objet d'échantillonnages et d'analyses.
- L'échantillonnage de l'ensemble de ces sites sur deux années consécutives (2021 et 2022). Ces campagnes ont permis de collecter de nombreux échantillons de sol et d'organismes par année de suivi en vue de caractériser les paramètres agronomiques et physiques des sols ainsi qu'un lot d'indicateurs liés à la macrofaune (blocs de sol pour vers de terre, pots pièges pour invertébrés de surface), mésafaune (carottes de sol), microfaune (nématodes) et aux micro-organismes. Ces résultats font l'objet d'une étude statistique approfondie afin de déterminer l'influence de la gestion et de la

typologie des sols sur leur qualité biologique et de fournir des indicateurs de gestion.

- La construction dès 2020 de QUBS, un programme de sciences participatives, déployé nationalement en 2022 à travers la mise en ligne d'une plateforme de participation (qubs.fr). QUBS propose aujourd'hui trois protocoles non léthaux d'observation de la faune du sol (i) *Noctambule* qui propose la mise en place d'un pot piège non léthal ; (ii) *Aspifaune*, utilisant un aspirateur à insectes ; (iii) *Opération escargots* pour l'observation des mollusques. La promotion et l'animation de QUBS ont permis de mobiliser environ 750 participations de 255 volontaires répartis entre les trois protocoles.
- La dissémination des résultats auprès de différents réseaux et publics différents (réseaux de professionnels de l'aménagement et des espaces verts, colloques scientifiques, grand public, etc.).

Production scientifique et valorisation

Vidal-Beaudet L., *et al.* (2023) An innovative site sampling strategy to assess urban soil biodiversity, *Acta Horticulturae*, 1374, pp. 213-220.

Dagois R., *et al.* (2023) A citizen science program to evaluate soil biological quality in urban areas, *Acta Horticulturae*, 1374, pp. 141-148.

Vergnes A., *et al.* (2022) The BISES project : towards a better understanding of urban soil biodiversity, *SFE² GFÖ EEF joint meeting, international conference on ecological sciences*, Metz, 22-25 november 2022, France.

Consortium ANR Bises (2022) Biodiversité des sols urbains et villes durables – le programme de recherche « BISES » dans les parcs, jardins et espaces verts parisiens, *Info-Etudes n°55, revue de la Ville de Paris*, pp. 15-20.

Projection (2022) Un jardin pour s'enraciner, Journées Nationales d'Action contre l'illettrisme.

<https://anrbises.cefe.cnrs.fr/>

Début du projet : 2020 | Durée : 54 mois

Financement ANR : 710 556 €

Partenaires

IEES | CESCO | Observatoire des sciences de l'Univers Ecce Terra | PLANTE & CITE | Institut agro Rennes-Angers | INRAE

Coordination

Alan Vergnes – Université Paul-Valéry Montpellier 3
alan.vergnes@univ-montp3.fr



Échantillonnage de la faune des sols du parc Monceau.

© J. C. Lata, projet BISES.

ECOPOLIS

Conversion d'une friche urbaine en un laboratoire vivant durable et éducatif, basé sur une approche de gestion par le phytomanagement

Rappel des objectifs

La transformation du territoire industriel du Nord Franche-Comté (NFC) nécessite la gestion de son passé et de ses anciens sites industriels. La faible valeur de ces terres marginalisées, dans un contexte de marché immobilier détendu, n'encourage pas spontanément leur reconquête, mais favorise plutôt la périurbanisation, l'artificialisation des terres agricoles, les longs trajets domicile-travail et la dévitalisation des centres. Le phytomanagement (gestion des sols pollués par les plantes) est l'une des alternatives aux méthodes d'excavation très coûteuses et peut contribuer au développement de solutions accessibles pour la restructuration des sites en leur donnant de multiples usages. L'objectif général du projet ECOPOLIS est de restaurer la friche polluée du site de la friche industrielle de Vieux-Charmont (Doubs), par la mise en place d'un laboratoire vivant de recherche appliquée et d'enseignement portant sur la durabilité et intégrant une approche phytomanagement sur un site industriel pollué. La mise en œuvre s'articule autour de trois objectifs spécifiques : (i) caractériser intégralement spatialement et quantitativement la pollution, la mobilité et les impacts environnementaux et humains du site, en utilisant des méthodes innovantes qui seront déployées sur site pour répondre aux défis technologiques liés à la gestion des sites et sols pollués ; (ii) mettre en place un living-lab suivant la Méthodologie Nationale, avec l'ensemble des autorités locales, des acteurs publics et privés, afin de tester différents scénarios de gestion de la pollution (iii) pour évaluer le potentiel de répliquabilité sur d'autres terres marginales du territoire.

Résultats majeurs

Le projet a permis :

- La caractérisation initiale du site et ressources biologiques. Deux campagnes majeures de prélèvements de sol et de végétation ont permis de (i) construire des cartes de localisation des contaminants, (ii) évaluer les transferts du sol jusqu'aux principales espèces végétales présentes et (iii) déterminer des risques sanitaires en cas d'exposition aux contaminants. Ce travail a été publié (Collot *et al.*, 2023). Une collection d'isolats microbiens (bactéries et champignons) a pu être constituée. Ces micro-organismes, pour certains non identifiés jusqu'à présent, constituent des ressources biologiques

d'intérêt pour la remédiation des sols pollués, et dont les génomes sont en cours d'exploitation.

- L'identification du potentiel de répliquabilité sur le territoire Nord-Franche Comté. L'Agence de Développement et d'Urbanisme du Pays de Montbéliard (ADU) a cartographié l'ensemble des friches industrielles du territoire, et le consortium a retenu une douzaine de sites pouvant potentiellement accueillir des projets de phytomanagement. L'ADU a ensuite, avec l'appui de l'Agence d'Urbanisme du Territoire de Belfort (AUTB), conduit des entretiens auprès des élus. Lors de ces entretiens de nombreux sujets ont été abordés comme les avantages et le fonctionnement du phytomanagement, les enjeux du site à l'échelle communale et intercommunale, les aides possibles.
- L'implication dans d'autres projets. Ce site emblématique des friches industrielles du territoire a été inclus dans deux autres projets européens financés (BIOSYSMO 2022-2026 avec l'université de Bourgogne-Franche-Comté [UBFC] comme partenaire, et EDAPHOS 2023-2027 avec l'UBFC comme coordinateur).

Production scientifique et valorisation

Collot J., *et al.* (2023) Floristic survey, trace element transfers between soil and vegetation and human health risk at an urban industrial wasteland, *Journal of hazardous materials*, 459, 132169.

Début du projet : 2020 | Durée : 42 mois

Financement : 495 938 €

Partenaires

Institut FEMTO-ST | Université de Bourgogne Franche-Comté | Pays de Montbéliard Agglomération | Agence de Développement et d'Urbanisme du Pays de Montbéliard | TESORA

Coordination

Michel Chalot – COMUE Université Bourgogne-Franche-Comté
michel.chalot@univ-fcomte.fr

Esquisse de la friche industrielle de Vieux-Charmont restaurée. Une zone sera dédiée à la recherche scientifique avec son laboratoire dédié. Une zone accessible au public laissera place aux médias d'interprétation et à des placettes d'observation.
© projet ECOPOLIS.



ECOVILLE

La végétalisation des murs et des rues comme outil de résilience urbaine ?

Rappel des objectifs

La promotion de la nature fait partie des outils retenus pour améliorer le cadre de vie urbain, limiter les pollutions, atténuer les effets du réchauffement climatique et participer au maintien d'une biodiversité. Mais les travaux en écologie urbaine ont ciblé avant tout les espaces verts et les toitures végétalisées. Très peu de recherches concernent la végétalisation des murs, des cours et des rues qui pourraient jouer un rôle social, écologique et physique fondamental sur la durabilité urbaine. Cette recherche est indispensable à une réflexion globale d'urbanisme et à la mise en place des trames vertes en ville dense.

Le projet ECOVILLE vise à faire un premier bilan des services écologiques fournis par ces végétalisations, d'étudier leurs fonctionnements écologiques et biochimiques, les techniques de mise en œuvre et les appréciations citadines mais aussi d'expérimenter des prototypes innovants. Les travaux d'observation et d'expérimentation ont été réalisés essentiellement sur le Grand Paris. Notre programme s'est décliné en deux grands axes :

- Qu'est-ce qui existe et comment cela fonctionne-t-il aujourd'hui ? Ce travail a impliqué des recherches sur les fonctionnements écologiques et sociétaux.
- Quelles propositions innovantes peuvent-elles être apportées ? Cela a impliqué des travaux à l'échelle du bâti mais aussi des études sur les potentialités et les fonctionnements à l'échelle globale

Résultats majeurs

L'analyse de 1 500 pieds d'arbre permet de mettre en évidence une dispersion de la flore de proche en proche ou une dispersion source-puits depuis les parcs du secteur. Des prélèvements de vers de terre sur un gradient d'urbanisation ont permis de montrer une structuration génétique des vers de terre des parcs parisiens moins influencée par des processus de colonisation de proche en proche que par des événements de transport de terre. Des analyses montrent que les arbres en condition de stress hydrique pourraient réguler leurs réserves de carbone selon une stratégie de survie à long terme. Ces

résultats appellent à repenser les stratégies actuelles d'irrigation en ville. Les tilleuls argentés plantés dans les rues, sans stratégie d'irrigation particulière, pourraient ainsi être exposés à un risque croissant de mortalité lié au stress hydrique. À partir d'une enquête sur l'histoire de murs parisiens et d'entretiens auprès des habitants et des gestionnaires, on constate une appréciation unanimement positive au début du développement de la végétation, mais lorsque le mur est complètement recouvert, un végétal mal géré est éliminé ou rabattu. Il y a un retournement d'appréciation. Nous avons débuté des expérimentations sur trois bâtiments pour tester une palette végétale de grimpantes et retombantes composées d'espèces exotiques et indigènes. Enfin, un recensement des murs végétaux et des séries d'entretiens révèlent de grandes disparités territoriales selon le tissu urbain. Les murs végétaux sont plus fréquents là où coexistent des morphologies bâties diverses. Les façades sur l'espace privé reçoivent plus de végétation que sur l'espace public.

Production scientifique et valorisation

Clergeau P., (2018) La biodiversité en ville dense : nouveaux regards, nouveaux dispositifs. Synthèse opérationnelle du programme de recherche ANR ECOVILLE, *Plante & Cité*, 60 p. Agence d'architecture XLGD. Système de mur végétalisé. Brevet FR3071129, 22 mars 2019.

Début du projet : 2014 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 639 638 €

Partenaires

Sorbonne Université | CNRS | Agence d'architecture XLGD
TOPAGER SAS | Atelier Parisien d'Urbanisme | Plante & Cité

Coordination

Philippe Clergeau – Muséum national d'Histoire naturelle
philippe.clergeau@mnhn.fr



Façades végétalisées à Paris.
© L. Cornier, projet ECOVILLE.

ELOCANTH

Evolution de l'adaptation locale en environnement anthropisé

Rappel des objectifs

Les espèces végétales rencontrées sur les sites pollués par les métaux sont dites métallobytophytes, ou pseudométallobytophytes si elles se développent aussi sur des sites non pollués. Elles sont par définition tolérantes aux métaux, et certaines sont aussi hyperaccumulatrices de métaux dans les tissus aériens, et constituent des ressources génétiques pour le développement de techniques de dépollution des sols ou d'amélioration de la qualité nutritive des aliments végétaux. Nous avons donc étudié les mécanismes génétiques et épigénétiques responsables de l'adaptation locale aux sols pollués par les métaux, en nous focalisant sur les caractères d'intérêt que sont la tolérance et l'hyperaccumulation.

Nous avons mis en place un dispositif d'évolution expérimentale, en semant des individus issus de sites non pollués sur un sol pollué par le zinc, et en poursuivant ce processus pendant plusieurs générations, dans le but de mimer la colonisation des sols pollués et d'observer les premières étapes de la sélection naturelle. Nous avons également réalisé des croisements contrôlés entre individus issus de sites pollués et de sites non pollués, afin de rechercher le déterminisme génétique des traits d'histoire de vie qui définissent la tolérance, et des capacités d'hyperaccumulation. Enfin, une méthode spécifique de séquençage nous a permis de visualiser les régions du génome modifiées chimiquement par le stress métallique, sans modification de la séquence en bases azotées (épigénétique).

Résultats majeurs

Le dispositif d'évolution expérimentale sur l'espèce modèle *Noccaea caerulescens* (famille des Brassicacées) a été conduit pendant 5 générations, au-delà de la fin du projet. Nous avons tout d'abord exploré les traits d'histoire de vie en lien avec la valeur sélective, afin d'être capables de l'estimer et d'en tenir compte pour la création des générations successives. Nous avons ensuite évalué l'ensemble des traits potentiellement sous sélection, y compris l'hyperaccumulation, et nous avons aujourd'hui de nombreux éléments pour expliquer les

processus sélectifs induits par la pollution au zinc. Cette expérience nous a ouvert de nombreuses perspectives sur les stratégies d'adaptation, et de nouvelles collaborations notamment en écologie fonctionnelle.

Nous avons également réalisé les croisements contrôlés prévus pour les deux espèces modèles *Arabidopsis halleri* et *Noccaea caerulescens*, et nous avons examiné les descendants pour l'ensemble des traits relatifs à la tolérance et à l'hyperaccumulation. La cartographie des régions génomiques impliquées dans le déterminisme de ces traits est encore en cours pour l'espèce *Noccaea caerulescens*.

Enfin, pour les deux espèces modèles précitées, l'analyse épigénétique a été effectuée à l'université de Liège, avec qui nous collaborons encore sur cet aspect.

Production scientifique et valorisation

Nowak J., et al. (2022) Sublethal effects of metal toxicity and the measure of plant fitness in ecotoxicological experiments, *Environmental pollution*, 304, pp. 119-138.

Karam M-J., et al. (2019) Genetic architecture of a plant adaptive trait: QTL mapping of intraspecific variation for tolerance to metal pollution in *Arabidopsis halleri*, *Heredity*, 122(6), pp. 877-892.

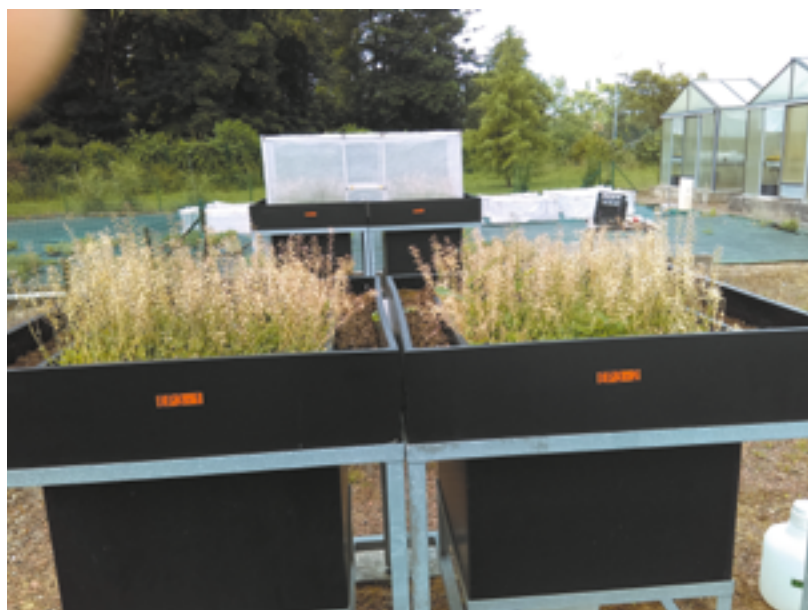
Nowak J., et al. (2018) Can zinc pollution promote adaptive evolution in plants? Insights from a one-generation selection experiment, *Journal of Experimental Botany*, 69(22), pp. 5561-5572.

Début du projet : 2013 | Durée : 48 mois
Financement : 289 999 €

Coordination
 Hélène Frérot – Université de Lille –
helene.frerot@univ-lille.fr

La troisième population expérimentale « EP3 » est répartie sur deux mésocosmes : « EP3-1 » et « EP3-2 ». En arrière-plan, la deuxième population expérimentale « EP2 » est surmontée d'une cage imperméable au vent et aux insectes, pour empêcher les échanges de pollen.

© H. Frérot, projet ELOCANTH.



EVNATURB

Evaluation des performances éco-systémiques d'une renaturation du milieu urbain

Rappel des objectifs

En milieu urbain, les conséquences de la densification et de l'augmentation en intensité et en fréquence des événements climatiques extrêmes sont nombreuses : inondations, îlots de chaleur, dégradation de la biodiversité. Les solutions fondées sur la Nature (SfN), comme les toitures végétalisées ou les noues, apparaissent particulièrement efficaces pour réduire ces impacts potentiels.

Le projet EVNATURB a pour objectif d'avancer dans le développement d'une plateforme facilitant l'évaluation de certains des services écosystémiques prodigués par les SfN (gestion des eaux pluviales, atténuation des îlots de chaleur, amélioration de la biodiversité). Il met en œuvre une approche multidisciplinaire, multi-échelle et multiphysique pour :

- Coupler hydrologie, thermique, urbanisme, et écologie, en se focalisant sur les activités expérimentales et de modélisation liées à l'estimation des flux d'évapotranspiration, pour améliorer nos connaissances sur le comportement thermo-hydrigue des SfN.
- Caractériser les variabilités spatio-temporelles des processus physiques concernés sur une large gamme d'échelles à l'aide de : (i) la mise en œuvre d'un système de mesures haute résolution, transportable et innovant, (ii) l'utilisation d'outils analytiques et de modélisations adaptées.
- Caractériser l'implantation de SfN en prenant en compte tant les enjeux socio-économiques locaux, que les services écosystémiques qu'elles prodiguent pour définir des indicateurs quantitatifs pertinents.

Résultats majeurs

- (i) Une méthodologie a été développée pour mesurer le flux d'évapotranspiration d'une structure végétalisée à plusieurs échelles spatiales (en utilisant entre autres une chambre à transpiration, un scintillomètre, des capteurs de teneur en eau). Les mesures collectées ont donné lieu à la création d'une base de données.
- (ii) Les freins et leviers en lien avec la mise en œuvre de SfN ont été inventoriés et analysés auprès d'acteurs issus des milieux académiques, institutionnels et opérationnels.
- (iii) Une classification des espèces végétales mises en œuvre dans les SfN a été opérée pour faire le lien entre leurs traits fonctionnels et leurs services écosystémiques. Ce travail a débouché sur une réflexion sur les conséquences des changements globaux sur

l'évolution de ces traits et des services associés, ainsi qu'à des recommandations en termes d'espèces et de pratiques pour s'assurer de la durabilité de ces solutions.

- (iv) Un couplage a été opéré entre la plateforme de modélisation pluie-débit Multi-Hydro et le modèle de microclimat Solène-Microclimat via le calcul de l'évapotranspiration. Ce couplage itératif a pu être validé à l'aide de données expérimentales.
- (v) Des travaux de scénarisation de l'implantation des SfN à travers les échelles urbaines ont été mis en œuvre à l'aide du logiciel Fractalopolis afin de répondre au déficit d'espaces verts tout en optimisant leur accessibilité.
- (vi) Des partenariats avec des industriels (Soprema, RATP) ont été lancés en fin de projet pour valoriser opérationnellement ces résultats.

Production scientifique et valorisation

Versini P.-A., *et al.* (2023) Measurements of the energy balance components of a large green roof in the greater Paris area. *Earth System Science Data*, 12, pp. 1025-1035.

Duffaut C., *et al.* (2022) Barriers and levers for the implantation of sustainable Nature-based Solutions in cities: Insights from France, *Sustainability*, 14(16), 9975.

Duffaut C., *et al.* (2022) Are really Nature-Based Solutions sustainable solutions to design future cities in a context of global change? Discussion about the vulnerability of these new solutions and their probable unsustainable implementation, *Science of the Total Environment*, 853.

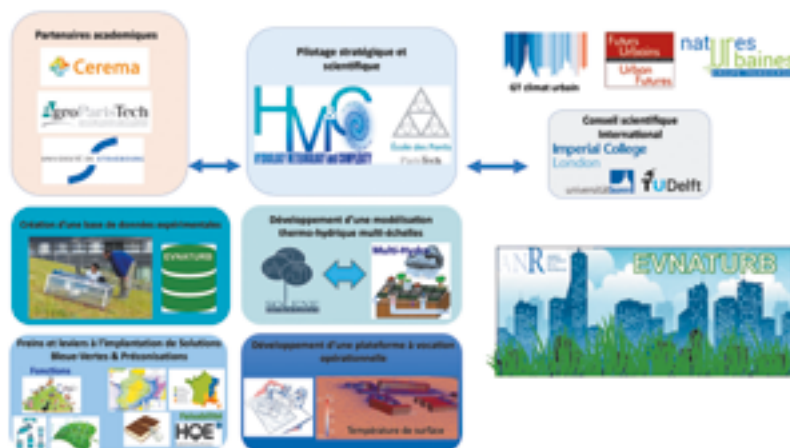
Versini P.A., *et al.* (2020) Fractal analysis of green roof spatial implementation in European cities, *Urban Forestry and Urban Greening*, 49, 126629.

Début du projet : 2018 | Durée : 57 mois
Financement ANR : 305 640 €

Coordination

Pierre-Antoine Versini – ENPC
pierre-antoine.versini@enpc.fr

Structuration, actions, partenariat du projet EVNATURB.
© P.-A. Versini, projet EVNATURB.



FEW-meter

The FEW-meter : an integrative model to measure and improve urban agriculture, shifting it towards circular urban metabolism

Rappel des objectifs

Ce projet cherche à mesurer l'efficacité productive de différents types de jardins et fermes urbaines mais également les impacts sociaux de cette agriculture urbaine sur ses acteurs. En comparant différents pays et différents types d'agriculture urbaine, il cherche aussi à identifier les pratiques et les politiques publiques les plus efficaces afin d'établir des scénarios et des conseils pour améliorer les flux d'eau, d'énergie et d'aliments à l'échelle de la ville. Par ailleurs des expérimentations plus ciblées s'intéressent à la décontamination des sols et la gestion à l'échelle locale des déchets organiques.

Près de 80 jardins et fermes urbaines dans 5 pays (Pologne, Allemagne, France, Royaume-Uni, États-Unis) ont été suivis pendant deux saisons de culture avec des relevés faits par les jardiniers et agriculteurs de leur consommation (eau, énergie, etc.) et de leur production. Par ailleurs, des entretiens avec tous ces acteurs mais également avec des experts de l'agriculture urbaine des 5 pays ont permis d'aborder à la fois la facette impact social mais également politique publique de la dimension locale à nationale pouvant impacter l'agriculture urbaine via l'eau, l'énergie et l'alimentation. Enfin, la modélisation et en particulier les techniques d'analyse de cycle de vie permettent d'élaborer des scénarios et de les tester à l'échelle d'une ville pour identifier les opportunités et les freins à une amélioration du métabolisme urbain.

Résultats majeurs

Les mesures effectuées sur le terrain ont permis pour la première fois d'avoir des références de productivité et d'efficacité avec la même méthode sur différents types d'agriculture et différents pays. Par ailleurs, la comparaison des données a permis de mesurer l'effet de l'environnement et des pratiques agricoles sur l'efficacité de production. Malgré une année 2020 atypique, l'année 2019 a été riche en enseignements et l'année 2020 a été l'occasion de suivre l'impact de la crise Covid-19 sur l'agriculture urbaine dans 5 pays. Les entretiens avec les jardiniers et agriculteurs ont permis de confirmer les motivations des acteurs (être à l'extérieur, agir pour l'environnement, consommer des produits frais, etc.) mais aussi l'impact perçu sur la santé. Une analyse de 72 politiques publiques sur 5 villes dans 5 pays a permis d'identifier des méthodes pour favoriser le développement de l'agriculture urbaine. Les expérimentations dirigées sur la production sur sol contaminé au plomb a permis de confirmer la possibilité de produire des légumes sans contamination des récoltes et les tests de microméthanisation ont montré la possibilité de mettre en place des méthaniseurs au sein d'un quartier pour recycler ses déchets organiques.

Ces recherches ont permis d'établir des références qui seront utiles pour toute recherche ultérieure sur l'efficacité de production en agriculture urbaine, de progresser sur la question de la gestion des sols contaminés en ville qui est une question cruciale en ce moment et a débouché sur la création de formations et de plans pour construire des microméthaniseurs. Les données ont été enregistrées dans une base de données relationnelle afin de permettre à des études ultérieures d'avoir accès à ces informations. <https://zenodo.org/communities/few-meter?q=&l=list&p=1&s=10&sort=newest>

Production scientifique et valorisation

Dorr E., *et al.* (2023) Food production and resource use of urban farms and gardens: a five-country study. *Agronomy for Sustainable Development*, 43 (18).

Illieva R., *et al.* (2022) The Socio-Cultural Benefits of Urban Agriculture: A Scan of the Literature, *Land*, 11(5).

Blythe V., *et al.* (2021) "We Have Been Part of the Response": The Effects of COVID-19 on Community and Allotment Gardens in the Global North, *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5.

Kirby C.K., *et al.* (2021) Differences in motivations and social impacts across urban agriculture types: Case studies in Europe and the US. *Landscape and Urban Planning*, 212.

Début du projet : 2018 | Durée : 48 mois

Financement : 171 434 €

Partenaires

IRSTV, CNRS | University in Poznan, University of Life Sciences, City of Gorzow, Polski Związek Działkowcow – Okreg Gorzow Wielkopolski (Pologne) | Research Institute for Regional and Urban Development, Landesverband Wesfalen und Lippe der Kleingärtner e.V (Allemagne) | School of Architecture – University of Portsmouth, LEAP Micro AD Ltd, Federation of City Farms and Community Gardens (Royaume-Uni) | The City University of New York, Graduate School of Public Health and Health Policy, University of Michigan, School of Natural Resources and Environment (États-Unis)

Coordination

Agnès Lelièvre – AgroParisTech
agnes.lelievre@agroparistech.fr

Toit productif sur un collège parisien, août 2020.
© A. Lelièvre, projet FEW-Meter.



JASSUR

Evaluation des performances éco-systémiques d'une renaturation du milieu urbain

Rappel des objectifs

JASSUR étudie de façon transdisciplinaire les pratiques, fonctions et risques associés aux jardins collectifs urbains en expansion au sein de territoires confrontés aux défis de la durabilité. Il s'agit de mieux connaître ces systèmes complexes et multifonctionnels pour mieux les gérer. JASSUR se fonde sur une question centrale : quels services assurent les jardins associatifs urbains ? À cet égard, une caractérisation biophysicochimique des sols et des produits issus des jardins est réalisée. Il s'agit d'évaluer la fertilité des sols, leur aptitude à être support de biodiversité et les risques environnementaux et sanitaires dus aux pollutions potentielles, l'ensemble concourant à qualifier le service d'approvisionnement alimentaire. De la même manière, une caractérisation sociotechnique des pratiques des jardiniers est nécessaire pour juger de la participation des produits du jardin à l'alimentation et à la nutrition familiale. En parallèle, une caractérisation sociopolitique de la gouvernance de ces espaces est nécessaire pour faire émerger des modes de gestion renouvelés, des recommandations aux acteurs et, si nécessaire, des procédés biologiques de dépollution des sols. Pour cela, douze partenaires de la recherche et du monde associatif ont ancré leurs travaux sur les territoires de sept agglomérations aux conditions pédoclimatiques contrastées : Lille, Grand Lyon, Marseille, Grand Nancy, Nantes, Paris/Île-de-France, Grand Toulouse.

Résultats majeurs

À l'échelle nationale, l'éclatement des formes de jardins collectifs résulte d'attentes sociales et écologiques de plus en plus diversifiées. À l'échelle locale, les modes de gouvernance sont contrastés et mobilisent des réseaux d'acteurs de plus en plus complexes. Au jardin, la fonction alimentaire est pluridimensionnelle et la tendance est à l'écologisation des pratiques. Si la qualité des sols de jardins est très hétérogène, ils demeurent très majoritairement fertiles, supports d'une biodiversité considérable tout en présentant localement des niveaux de pollution élevés dus aux pratiques de jardinage et à l'environnement urbain. L'évaluation du service d'approvisionnement alimentaire résulte du diagnostic de fertilité des sols, de la connaissance des pratiques culturelles, des productions, de leur destination, des mesures des quantités consommées et des apports nutritionnels. Pour le jardinier, l'intérêt alimentaire et nutritionnel peut

ponctuellement être remis en cause par des risques sanitaires. Dans ce cas, une bioremédiation de la pollution métallique est envisageable. Il en résulte globalement la nécessité d'organiser la filière jardin au niveau national et de l'encadrer par des dispositifs d'accompagnement et réglementaires. Depuis la fin du projet JASSUR, des partenaires du consortium ont porté plus de 10 nouveaux projets collaboratifs, ont participé à des projets européens incluant la thématique de l'agriculture urbaine et ont rédigé des guides destinés à éclairer les pratiques de jardinage.

Production scientifique et valorisation

Béchet B., *et al.* (2018) Spatial variability of trace elements in allotment gardens of four European cities: assessments at city, garden, and plot scale. *Journal of Soils and Sediments*, 18(2), pp. 391-406.

Chenot E.D., *et al.* (2013) Jardins potagers : terres inconnues ? *EDP Sciences*, 176 p.

Consalès J. N., *et al.* (2018) Des documents de planification et d'urbanisme aux politiques publiques dédiées : la prise en compte des jardins collectifs dans sept agglomérations françaises, *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-série 31 [en ligne].

Damas O., *et al.* (2018) Présomption de pollution d'un sol : des clés pour comprendre et agir, *Plante & Cité*, Angers, 36 p.

Début du projet : 2013 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 984 879 €

Partenaires

INPT | INRAE | CNRS | Université de Bretagne Occidentale | ISARA-Lyon | Inserm | JUNIA | DRIEAT Île-de-France | Programme Autoproduction Développement social (PADES) | Plante&Cité | JUNIA

Coordination

Christophe Schwartz – Université de Lorraine
christophe.schwartz@univ-lorraine.fr

Jean Noël Consalès – Université d'Aix Marseille
jean-noel.consales@univ-amu.fr



Le jardin collectif urbain : objet d'étude biophysicochimique, sociotechnique et sociopolitique dans le projet JASSUR.

© C. Schwartz, LSE, UL-INRAE, projet JASSUR.

PROOF

Apport énergétique d'une toiture végétalisée sur la production électrique d'un panneau photovoltaïque – critères d'évaluations énergétique et environnementale de l'échelle du bâtiment à celle de l'îlot

Rappel des objectifs

Le milieu (hyper)urbain fait face actuellement à de forts enjeux de densification dans des zones contraintes. À l'échelle du quartier, les toitures apparaissent comme de rares opportunités de surfaces de renaturation d'un milieu très artificialisé avec des toitures végétalisées, mais elles peuvent aussi être mobilisées pour l'installation de panneaux photovoltaïques (PV). Une compétition peut dès lors opposer ces deux technologies qui répondent à des enjeux globaux mais aussi locaux différents. Il est alors opportun de chercher à les associer afin d'optimiser leurs performances énergétique et environnementale.

Le projet PROOF cherche à confronter des dispositifs de toitures et évaluer leurs impacts et performances énergie/environnement à des scénarios contrastés d'aménagement urbain, en lien avec les enjeux territoriaux associés. Il s'intéresse plus particulièrement, à l'étude des toitures biosolaires (TBS), résultants de l'association d'une toiture végétalisée extensive et d'un panneau photovoltaïque.

Résultats majeurs

Quatre parcelles différentes ont été instrumentées afin de quantifier les effets sur la production électrique des panneaux. Il s'agit d'une parcelle TBS, d'une parcelle *coolroof* + PV (surface recouverte par une peinture réfléchissante), d'une parcelle TBS avec stockage d'eau et d'une parcelle gravier + PV dite de référence. Les deux toitures biosolaires TBS ont aussi fait l'objet d'un recensement de la biodiversité (flore). Nous avons pu observer pour les quatre parcelles que la production électrique était très dépendante de la température de surface sous le PV. Les échanges radiatifs entre la face arrière du panneau et le sol ont une influence prépondérante sur la production électrique. Ceci est particulièrement vrai pour les sols les plus « clairs » des parcelles *coolroof* et gravier, pour lesquels, les meilleures performances ont été observées. Le flux convectif joue aussi un rôle important, en particulier sur la face côté ciel du PV. Contrairement à une hypothèse formulée, le flux de chaleur latente ne semble pas assez important pour améliorer la production. Pour les parcelles TBS, lorsque les plantes et le sol ont une teneur en eau faible, les températures de

surfaces (sol + végétation) peuvent être inférieures à celles des parcelles *coolroof*, voire gravier, augmentant ainsi, les échanges radiatifs. La présence de la végétation d'une toiture végétalisée extensive ne semble donc pas augmenter la production électrique d'un panneau photovoltaïque.

Les relevés de biodiversité ont montré un impact fort des PV sur le développement de la végétation. En effet, au printemps, la végétation se développe plus sous le PV qu'à côté tandis qu'à la période chaude, la végétation décroît sous l'effet des stress hydrique et thermique.

Production scientifique et valorisation

Villemin T., *et al.* (2022) Thermal characterization of a photovoltaic panel under controlled conditions, *Renewable Energy* 198, pp. 28-40.

Villemin T., *et al.* (2024) Monte Carlo prediction of the energy performance of a photovoltaic panel using detailed meteorological input data, *International Journal of Thermal Sciences*, 195.

Villemin T., *et al.* (2023) Experimental study and numerical simulations of the airflow around a photovoltaic panel in urban configuration, *17th International Conference on Urban Climate*, Sydney, Australia, 28 August-1st September.

Claverie R., *et al.* (2023) PROOF : A collaborative project to assess the multi-scale benefits of biosolar roofs, *17th International Conference on Urban Climate*, Sydney, 28 august-1st september 2023, Australia.

Début du projet : 2019 | Durée : 48 mois

Financement : 503 235 €

Partenaires

LEMTA | Université de Lorraine | LMOPS – Université de Lorraine | Efficacity | LES – Université de Lorraine | CSTB

Coordination

Rémy Claverie – Cerema
remy.claverie@cerema.fr

Photo de la plateforme expérimentale du Cerema montrant les deux parcelles végétalisées pourvues de panneaux photovoltaïques (toiture biosolaire).

© R. Claverie, projet PROOF.



SENSIBILIA

Sensibilités à l'épreuve de l'Anthropocène

Rappel des objectifs

Nous faisons l'hypothèse que la question de la sensibilité est une entrée particulièrement pertinente pour penser les transformations actuelles et à venir de nos milieux de vie. La sensibilité n'est pas une simple réception passive mais plutôt une puissance d'intensification et de transformation de notre relation au monde.

Ce projet propose de mettre à l'épreuve de l'anthropocène les divers paradigmes sensibles qui questionnent les expériences et les transformations contemporaines des environnements habités (approches en termes d'ambiance, de paysage, d'esthétique environnementale, de milieu, d'atmosphère, d'éco-somatique, de poésie urbaine). Il interroge la puissance heuristique et le potentiel opératoire de telles approches en matière d'enjeux socio-écologiques.

Un des intérêts des approches sensibles est de ramener la question de l'anthropocène à l'échelle des situations de tous les jours, de la faire vivre au quotidien et de l'enchâsser dans nos pratiques, gestes et expériences les plus ordinaires. Ces approches pourraient déboucher sur une prise en compte plus complète et plus vigoureuse des enjeux environnementaux dans les actions d'aménagements.

Résultats majeurs

Le projet comprend une cartographie raisonnée des approches sensibles vis-à-vis des enjeux socio-écologiques. Cette cartographie met en évidence des filiations, des positions et des imbrications de chaque tradition de pensée. Elle prend la forme d'une base de données bibliographique et d'une bibliographie commentée qui sera à terme accessible en ligne sur une plateforme dédiée.

Cinq séminaires de recherche mettant à jour et en débat l'apport respectif de chacune des approches ont permis de révéler les ressources des approches sensibles, en partant d'un ensemble d'énigmes de pensée articulées à des chantiers concrets (<https://www.canal-u.tv/chaines/aau/sensibilia>).

Une mise à l'épreuve expérimentale du potentiel opératoire des démarches étudiées a été mise en œuvre, à travers quatre chantiers transversaux concrets et situés, pour tester et mettre au travail des collaborations interdisciplinaires et multipartenaires. Par exemple, le chantier « Imprégnations atmosphériques » a expérimenté de multiples méthodes de collecte et de mise en commun de données sur les sensations respiratoires situées. L'ensemble de ces travaux fera l'objet d'un ouvrage collectif qui développera à la fois un aspect

spécifique à chacun des quatre chantiers et certaines transversales à ces derniers. Autre exemple, le chantier « Strates » a permis une collaboration fructueuse avec Yves Monnier, artiste-plasticien, et de très nombreux partenaires (Grenoble-Alpes-Métropole, Musée de Grenoble, École des Beaux-Arts de Grenoble, Médiarts 38, ainsi que des écoles, des communes et des associations). Ces partenaires ont été parties prenantes d'une œuvre artistique et de l'enquête en cours. Les œuvres conçues et réalisées dans le cadre de ce chantier (pochoirs, films documentaires) sont exposées au Centre d'art Vallès de Saint-Martin d'Hères (février 2024), à la Conciergerie à Chambéry (mars 2024) et dans le cadre de la biennale arts-sciences Experimenta à Grenoble (février 2025).

Production scientifique et valorisation

Revol C., Damian J. (2023) Des sorties en montagne pour renouer avec les règnes minéraux, végétaux et animaux et développer des potentiels de soin. *Revue de Géographie Alpine / Journal of Alpine Research*, 110 (3).

Bossé A., et al. (2023) Respirer l'urbain en asthmatique et/ou en allergique. Hospitalité des espaces publics urbains et airs anthropocènes. *Vertigo : La Revue Électronique en Sciences de l'Environnement*, 23 (1).

Tixier N. (2023) Grenoble, une rétrospective. *L'Alpe*, 103, pp. 12-21.

Brayer L., et al. (2023) De glace, d'air et d'eau : incarnations visuelles et sensibles du climat : Table-ronde, 12^e Festival de l'Histoire de l'Art, INHA, Direction générale des Patrimoines et de l'Architecture, 2-4 juin 2023, Château de Fontainebleau, Fontainebleau.

Début du projet : 2021 | Durée : 42 mois
Financement ANR : 390 882 €

Coordination

Suzel Balez –AAU
suzel.balez@numericable.fr

Olivier Labussière – Pacte, CNRS
olivier.labussiere@umrpacte.fr



Un pochoir atmosphérique d'Yves Monnier, dans son lieu de pose (à l'horizontale pendant quelques semaines) et après révélation des dépôts de l'air ambiant, Grenoble 2023. © Y. Monnier, projet SENSIBILIA.

STREET

Impact du stress des arbres urbains sur la qualité de l'air

Rappel des objectifs

La végétation urbaine, souvent abordée via ses seuls bienfaits écosystémiques constitue néanmoins une source potentiellement non négligeable de polluants via ses émissions de composés organiques volatils biogéniques (COVb), dont la régulation, complexe, d'autant plus en réponse au stress hydrique, reste mal comprise en milieu urbain.

Le projet sTREET, qui couple à la fois expérimentations et modélisations, vise à (i) analyser les interactions entre facteurs abiotiques urbains, physiologie et émissions de COVb, (ii) modéliser le fonctionnement de l'arbre urbain et (iii) intégrer ces données dans des modèles de qualité de l'air.

De jeunes platanes (*Platanus x hispanica*) en pots, en milieu urbain (Vitry-sur-Seine), soumis ou non à une sécheresse, ont été étudiés à l'échelle de la feuille et/ou du rameau. Les paramètres environnementaux et écophysologiques, les marqueurs biochimiques de stress, ainsi que les émissions de COVb ont été caractérisés aux printemps-étés 2020 à 2022. À l'été 2022, les phases gazeuses et particulaires d'un air urbain ont été caractérisées in situ au Jardin des Combattants de la Nueve (Hôtel de Ville, Paris), site soumis conjointement à une source de COVb estivale et à un trafic urbain intenses.

Les travaux de modélisation permettront de prendre en compte les arbres plantés dans Paris dans les modèles de qualité de l'air.

Résultats majeurs

Le platane est caractérisé par une fermeture précoce des stomates en réponse à la sécheresse, limitant l'évapotranspiration et la photosynthèse, puis une défoliation quand le stress devient trop intense. Les émissions d'isoprène du platane présentent une variabilité saisonnière et intra-rameaux importante. Une sécheresse modérée n'a pas entraîné de modification des émissions d'isoprène même si la fixation du CO₂ était réduite. Une réduction des émissions n'a été observée que lors d'une sécheresse intense, juste avant la défoliation, en lien avec la gestion de l'énergie lumineuse pour la photochimie puis lors de la défoliation. Ses services écosystémiques (rafraîchissement) seraient principalement réduits par la défoliation.

Les données expérimentales, entre autres, ont permis d'alimenter et

de développer un modèle de fonctionnement hydraulique de l'arbre urbain. La modélisation sur la ville de Paris montre bien l'effet rafraîchissant des arbres à l'échelle de la rue en cas de ressources en eau non limitantes mais il est diminué en cas de sécheresse. La présence des arbres contribue, lors d'une vague de chaleur, à une augmentation de 2,4 % de l'ozone et de 5,4 % des aérosols organiques secondaires urbains. L'effet aérodynamique des arbres sur la diffusion des polluants urbains a montré un effet négatif des arbres en cas de fortes émissions de polluants avec un effet sur les flux horizontaux et verticaux, suggérant d'éviter la plantation d'arbres dans les rues à fort trafic.

Production scientifique et valorisation

Maison A., *et al.* (2022) Parametrization of Horizontal and Vertical Transfers for the Street-Network Model MUNICH Using the CFD Model Code_Saturne, *Atmosphere*, 13, 527.

Maison A., *et al.* (2022) Parameterizing the aerodynamic effect of trees in street canyons for the street network model MUNICH using the CFD model Code_Saturne, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 22, 9369.

Puga Freitas R., *et al.* (2023) Drought effect on urban plane tree ecophysiology and its isoprene emissions, *EGU General Assembly 2023*, 24-28 april 2023, Vienna, Austria.

Kalalian C., *et al.* (2023) In situ VOC measurements in the center of Paris under local biogenic influence (spring-summer 2022), *EGU General Assembly 2023*, Vienna, 24-28 april 2023, Austria.

Début du projet : 2019 | Durée : 48 mois

Financement : 587 287 €

Partenaires

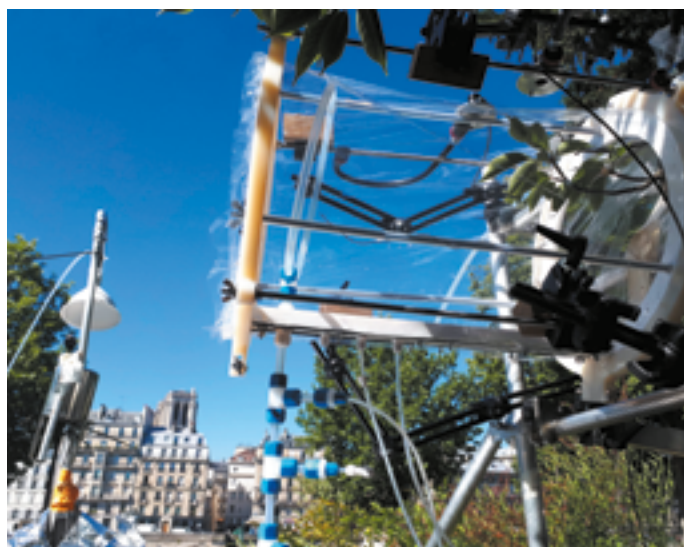
LSCE – CNRS | École des Ponts Paritech | Mairie de Paris | INRAE

Coordination

Juliette Leymarie – Université Paris-Est Créteil
juliette.leymarie@u-pec.fr

Chambre d'échantillonnage des émissions de COVb de *Prunus serrulata* (cerisier), Jardin des Combattants de la Nueve (Hôtel de Ville, Paris), juin 2022.

© C. Boissard, projet sTREET.



TrameVerte

Evaluation des trames vertes urbaines et élaboration de référentiels : une infrastructure entre esthétique et écologie pour une nouvelle urbanité

Rappel des objectifs

La place de la nature dans la ville change radicalement depuis quelques années, aussi bien pour le citoyen qui attend une qualité de cadre de vie que pour l'aménageur qui doit prendre en compte des orientations nouvelles (par exemple Grenelle de l'Environnement). Une des infrastructures préconisées est l'aménagement de trames vertes, ce qui en ville correspondrait aux parcs et aux liaisons vertes historiques. Aujourd'hui, l'objectif de ces « infrastructures vertes » ne serait plus seulement hygiéniste et esthétique, mais également écologique. Aucune stratégie de mise en œuvre n'avait été véritablement définie. Notre travail a consisté à évaluer les différentes facettes de cette question depuis le rôle et le fonctionnement d'une nature dans la ville jusqu'au rôle de cette nature dans l'habitat et l'urbanité. Les résultats disciplinaires obtenus (écologie, socio-anthropologie, géographie-urbanisme, économie, environnement) ont été croisés afin de faire émerger les atouts et les contradictions d'un développement de trames vertes en ville et ont servi de base à l'élaboration d'un référentiel sur les phases stratégiques de leur mise en œuvre.

La recherche a été organisée par thèmes et sur différents sites français. Sur tous les sites, les travaux sont interdisciplinaires et prennent en compte les modes locaux de gouvernance. Des tâches de compilation et de structuration des stratégies de mise en œuvre permettent d'aboutir à une valorisation scientifique et technique.

Résultats majeurs

Plusieurs résultats en écologie se corroborent de site en site. Ainsi, les richesses et abondances des espèces diminuent avec le taux d'urbanisation et deviennent essentiellement des généralistes en centre-ville. Il y a une homogénéisation des communautés animales et végétales avec les mêmes espèces dans toutes les villes. Nous démontrons l'efficacité des corridors écologiques tant pour des micromammifères et des arthropodes que pour des plantes. Les

pieds d'arbres jouent également ce rôle pour certains végétaux. Selon les chercheurs en sciences sociales et humaines, on observe un profond décalage entre la connaissance de la biodiversité (pratiquement inexistante) et sa perception qui participe très largement de l'attrait ressenti pour les espaces verts. On observe également une difficulté à prendre en considération les continuités écologiques comme telles. Aujourd'hui, l'attrait des trames se situe sur le plan des pratiques : passage, pique-nique, observation, contemplation, etc. Nos travaux mettent en évidence des pratiques de mobilité qui permettent de se figurer « corporellement » la pertinence de l'idée de continuité. Du point de vue de l'aménagement, les trames vertes correspondent à une nouvelle phase du « verdissement » urbain. Enfin, l'hétérogénéité des mises en place montre le rôle non seulement des contextes géographiques et de la culture locale, mais aussi ceux du système d'acteurs mobilisés et de la personnalité du responsable en charge du projet.

Production scientifique et valorisation

Clergeau P., Blanc N. (2013) Trames vertes urbaines. *De la recherche scientifique au projet urbain*, Le Moniteur, 340 p.

Début du projet : 2009 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 988 395 €

Partenaires

CNRS | Institut National d'Horticulture | Aix-Marseille I
Université | Université de Rennes

Coordination

Philippe Clergezu – MNHN - CNRS
Philippe.clergeau@mnhn.fr



Une promenade plantée à Paris conçue pour la promenade mais sa qualité de plantation et sa continuité en font un bon corridor écologique.
© P. Clergeau, projet TrameVerte.

TRANSENVIR

Approche historique de la « TRANSition ENVIRonnementale » : innovations politiques et sociales face aux risques environnementaux en milieu urbain (années 1950-années 2000)

Rappel des objectifs

Le projet TRANSENVIR avait l'ambition de proposer un cadre de compréhension de la place occupée par les villes françaises dans la montée, l'institutionnalisation et la reconfiguration de politiques environnementales. Il s'agissait d'évaluer dans quelle mesure les différents risques liés à l'environnement urbain ont pu engendrer l'innovation en termes de gestion politique et administrative de ces milieux. Nous voulions vérifier, sur les agglomérations de Lyon et de Grenoble, l'hypothèse d'une transition environnementale de moyenne durée (seconde moitié du XX^e siècle) dans les sociétés occidentales. Il s'agissait d'interroger plus particulièrement le poids d'un espace, les mondes urbains et périurbains, dans ce phénomène.

La méthode de l'enquête était classique : travail dans les archives, complété par des recherches documentaires (presse et littérature grise), et des entretiens avec des acteurs du problème étudié.

Trois axes ont été dégagés :

- Environnement urbain et innovation sociale. Si les villes sont par excellence des lieux d'innovation, ce sont également des concentrations d'hommes et d'artefacts qui influent sur l'écosystème et l'environnement physico-chimique.
- Définition et gestion du risque. Il s'agissait d'étudier dans quelle mesure les contemporains, dès les années 1950-1960, ont appréhendé les risques liés à la dégradation de l'environnement et aux multiples nuisances et pollutions induites par la croissance urbaine.
- La transition environnementale comme phénomène transnational au travers du prisme des circulations multiscalaires d'acteurs, d'idées et de pratiques.

Résultats majeurs

Le programme TRANSENVIR a permis de défricher l'histoire environnementale des mondes urbains français pour la seconde moitié du XX^e siècle. Il a également servi à nouer des collaborations, par exemple avec le comité d'histoire du ministère de la Transition écologique. L'enquête collective a porté d'une part sur la politique environnementale française, en s'appuyant sur quelques thèmes et quelques moments précis comme le début du ministère de l'Environnement en 1971-1973, la question des risques urbains et des pollutions, et d'autre part sur les différentes actions relatives aux problèmes environnementaux, émanant d'acteurs aussi divers que des scientifiques, des syndicalistes, de simples habitants, etc. Un ouvrage collectif a rassemblé l'essentiel des résultats du projet, des membres

permanents comme des contractuels : post-doctorants, ingénieurs d'étude CDD, stagiaires de master. Un portail web a été conçu pour permettre des prolongements thématiques et temporels au gré de nouveaux projets.

En matière de résultat scientifique, on insistera sur le fait que la transition environnementale peut finalement apparaître comme une expression à deux sens : outre la progressive implantation d'une conscience et d'une politique de protection de l'environnement dans les mondes urbains français, vérifiée dans le cas de Lyon et de ses périphéries, il s'agit également d'une véritable transition matérielle et paysagère, incarnée par des grands ensembles, des extensions pavillonnaires, de grandes infrastructures routières, qui ont stimulé débats et oppositions et engendré des enjeux toujours actuels au XXI^e siècle.

Production scientifique et valorisation

Frioux S., Legouillon C. (2022) Écrire une histoire environnementale du Grand Lyon, avec Gwenaëlle Le Gouillon, in Frioux S., Bécot R. (dir.) *Écrire l'histoire environnementale au XXI^e siècle : sources, méthodes, pratiques*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, pp. 201-218.

Frioux S. (2021) *Une France en transition ? Horizon, risques environnementaux et horizon écologique dans le second XX^e siècle*, Ceyzérieu, Champ Vallon, 408 p.

Frioux S. (2020) Documenter la transition environnementale urbaine : sources, méthodes, valorisation. Le cas de l'agglomération lyonnaise, *Histoire urbaine*, n°59, pp. 179-199.

Frioux S. (2018) Éditorial : Jalons pour une histoire environnementale contemporaine, *Le Mouvement social*, n°262, pp. 3-15.

Ce projet a donné lieu à la création d'un portail web : <https://transenvir.fr/>, qui a été pérennisé et dont les développements ont été améliorés grâce à d'autres financements.

Début du projet : 2016 | Durée : 48 mois

Financement : 216 238€

Coordination

Stéphane Frioux – CNRS

stephane.frioux@univ-lyon2.fr

Vue de l'agglomération grenobloise depuis la colline de la Bastille, septembre 2016.

© S. Frioux, projet TRANSENVIR



URBASTRESS

Influence of urbanization on vertebrate populations: an ecophysiological approach

Rappel des objectifs

Les projections prédisent que, d'ici 2050, 70 % de la population humaine vivra en ville. Les villes sont considérées comme l'un des environnements où les changements globaux sont les plus rapides et intenses. Certains vertébrés habitent dans cet environnement et l'étude de ces espèces sentinelles peut permettre de comprendre les conséquences de l'urbanisation sur les vertébrés sauvages, et par extension sur les humains. Dans ce contexte, l'objectif de ce projet est de comprendre l'impact de l'urbanisation sur ces espèces d'oiseaux présentes en ville (moineaux, mésanges, merles). En utilisant une approche qui combine écologie, démographie, et physiologie, les objectifs sont d'évaluer (i) l'état de santé des populations d'oiseaux, (ii) quels facteurs urbains contraignent les populations, (iii) les caractéristiques qui rendent certains individus ou certaines espèces capables de vivre dans ce milieu modifié.

Pour atteindre ces objectifs, le projet repose sur des suivis de populations, l'utilisation de biomarqueurs de l'état de santé, et sur des approches expérimentales. Les suivis de populations permettent de comparer la démographie et l'état de santé des populations d'oiseaux vivant en ville ou à la campagne. Les biomarqueurs physiologiques (hormones de stress, télomères) permettent de mieux évaluer l'état de santé des oiseaux urbains. Enfin, l'approche expérimentale permet d'isoler des contraintes urbaines (par exemple, bruit et lumière) et d'en évaluer l'impact de manière rigoureuse.

Résultats majeurs

URBASTRESS a permis de mieux comprendre les contraintes que le milieu urbain impose aux oiseaux. Les suivis de populations ont démontré que certaines espèces typiquement urbaines étaient en fort déclin (-90 % en 15 ans à Paris pour le moineau). Ces suivis ont également permis de mettre en évidence l'impact d'un mode de vie urbain sur les performances de reproduction, et de manière plus générale sur l'état de santé des populations. Les populations d'oiseaux des villes ont globalement des niveaux de stress plus élevés (niveaux hormonaux de corticostérone) que leurs congénères ruraux et ces niveaux de stress peuvent être associés à un déficit nutritionnel, au bruit et à la pollution lumineuse.

L'approche expérimentale a permis quant à elle de démontrer de manière rigoureuse l'impact de ces niveaux de stress élevés sur l'état de santé des individus. Lorsque le stress intervient lors du développement (poussins au nid), il induit des altérations physiologiques majeures qui ont des conséquences à long terme pour les individus (reproduction et survie).

Enfin, les suivis de populations ont démontré que la présence des oiseaux en ville pouvait être améliorée à l'aide de politiques locales environnementales (espaces verts, trames verte et bleue). La réalisation de ce projet a été associée avec (i) la production de 18 articles scientifiques dans des revues d'écologie et d'écophysiologie, (ii) 11 présentations orales dans des conférences, (iii) la rédaction d'un chapitre de livre, d'une thèse, et de deux rapports destinés aux gestionnaires et politiques.

Production scientifique et valorisation

Deviche P., *et al.* (2023) Past and future: Urbanization and the avian endocrine system, *General and Comparative Endocrinology*, 332, 114159.
Beaugeard E., *et al.* (2021) Green infrastructures and ecological corridors shape avian biodiversity in a small French city, *Urban Ecosystems*, 24, pp. 549-560.

Mohring B., *et al.* (2021) Investigating temporal and spatial correlates of the sharp decline of an urban exploiter bird in a large European city, *Urban Ecosystems*, 24, pp. 501-513.

Beaugeard E., *et al.* (2019) Does urbanization cause stress in wild birds during development? Insights from feather corticosterone levels in juvenile house sparrows (*Passer domesticus*), *Ecology and evolution*, 9(1), pp. 640-652.

Début du projet : 2017 | Durée : 54 mois

Financement ANR : 286 200 €

Coordination

Frédéric Angelier – CNRS

frederic.angelier@cebc.cnrs.fr



Un moineau domestique se nourrit sur une terrasse de café. Du fait de contraintes urbaines multiples, la population de moineaux de Paris s'est effondrée lors des 15 dernières années.

© Franswillemblok-gettyimages-Canva, projet URBASTRESS.

VeSPA

Impact des espaces végétalisés sur les niveaux de Polluants Secondaires des Territoires Urbains

Rappel des objectifs

Les politiques de développement de villes durables ont mené à des réductions d'émissions de polluants et augmenté le nombre d'espaces végétalisés urbains pour lutter contre les îlots de chaleur, réduire l'empreinte carbone et améliorer la qualité de l'air. Cependant, l'impact des espaces verts urbains sur les niveaux de polluants secondaires (formés dans l'air) demeure mal renseigné. Les espaces verts urbains sont une source de composés organiques volatils biogéniques (COVb) dont la réactivité avec les oxydants mène à la formation d'aérosols organiques secondaires (AOS), une des fractions majeures de l'aérosol (particules en suspension dans l'air) dont les effets sur la santé humaine sont conséquents. L'impact des espaces végétalisés urbains sur les niveaux d'AOS est très incertain, en raison d'un manque de connaissances sur les émissions de COVb en milieu urbain et sur les processus de formation d'AOS (en particulier en mélange avec les émissions anthropiques), démontrant un besoin urgent pour de nouvelles études sur ce sujet.

Le but de VeSPA (impact of Vegetated areas on Secondary Pollutants levels in urban Air) est d'évaluer l'impact des espaces végétalisés urbains sur la qualité de l'air en ville. Il s'agit donc d'étudier la formation d'AOS générés par les émissions de COVb des espaces verts urbains, au travers de deux axes de recherche (i) sur la caractérisation des émissions de COVb de l'échelle de la plante à l'échelle du quartier, (ii) sur la réactivité de ces COVb et la formation d'AOS associée, en particulier dans le cas de mélanges avec des COV anthropiques. Cette approche combine études de terrain et de laboratoire et sera mise en place sur la ville de Marseille.

Résultats majeurs

Un travail bibliographique de grande ampleur a été réalisé afin de croiser les données de recensement des essences végétales à la littérature relative aux émissions atmosphériques de COVb. Une toute nouvelle base de données a donc vu le jour, avec un degré de précision jusqu'ici inégalé, à notre connaissance. En particulier, ceci est lié aux données de COVb qui sont fournies à la fois pour les différents isomères des monoterpènes et sesquiterpènes, alors que la somme de ces isomères est traditionnellement rapportée. De plus, les émissions de composés oxygénés, souvent négligés, sont inclus dans cette base de données, pour la rendre la plus exhaustive possible. Ensuite, les émissions de COVb de 6 espèces typiques du milieu méditerranéen (*Euphorbia characias*, *Thymus vulgaris*, *Viburnum tinus*, *Ligustrum vulgare*, *Photinia x fraseri*, *Rosmarinus officinalis*) ont été caractérisées qualitativement et quantitativement, à l'aide de techniques de pointe à la fois en ligne et par prélèvement. Leurs réponses aux variables environnementales (température et rayonnement) ont aussi été évaluées, et le lien avec l'activité photosynthétique également investigué. Les résultats montrent que certaines espèces faiblement émettrices, comme *Ligustrum vulgare* ou *Photinia x fraseri* pourraient être à privilégier dans le cadre de programmes de végétalisation en milieu urbain méditerranéen.

Début du projet : 2023 | Durée : 48 mois
Financement : 320 920 €

Coordination

Julien Kammer – Aix-Marseille Université
julien.kammer@univ-amu.fr



Campus de Saint-Jérôme,
Aix-Marseille Université.
© J. Kammer, projet VSPA.

WAQATALI

WATER & AIR QUALITY monitoring for Smart VegetAL Infrastructures in cities

Rappel des objectifs

WAQATALI défend l'idée qu'une infrastructure végétale est qualifiée par ses bénéfices (température, qualité de l'air, etc.) et ses coûts (économique, foncier et hydrique). Sa conception et son implantation sont le fruit d'actions concertées entre cabinets d'expertises, décideurs et gestionnaires de la ville, dans le cadre de politiques durables de programmations urbaines.

En effet, la durabilité des villes d'aujourd'hui et de demain ne peut s'abstraire d'une végétalisation cohérente de l'espace urbain et d'une planification intelligente via des outils d'aide à la décision. Le laboratoire commun WAQATALI combine l'internet des objets (IOT), l'intelligence artificielle (IA), l'aide à la décision participative et les services de conseils aux collectivités pour augmenter les cobénéfices environnementaux et sociétaux du végétal en ville.

WAQATALI développe des recherches à la lisière de la théorie, de l'appliqué et de l'entrepreneuriat. Ces travaux portent sur l'irrigation déficitaire, la classification multicritère des espaces végétalisés locaux, la construction d'un indicateur globalisé d'efficacité de l'infrastructure verte, la conception d'instruments scientifiques dédiés aux mesures environnementales (qualité de l'air, QaméléO, activité racinaire, sonde Waou), et à la planification des espaces urbains (modélisations participatives pour l'aide à la décision).

Les résultats de ce projet sont appliqués à deux territoires très différents, Dijon et Dakar (Sénégal).

Résultats majeurs

Les recherches et innovations de WAQATALI ont pour objectif de produire des données environnementales et, surtout, de développer une suite technologique cohérente : de l'instrument de mesure pour la production de données, jusqu'à l'outil de prise de décision pour une expertise auprès des municipalités. En outre, ces recherches conduisent à la proposition de concepts et d'outils spécifiques aux domaines de la végétalisation urbaine.

La reproductibilité de nos avancées scientifiques est au cœur de nos préoccupations si bien que nous favorisons l'open source et l'open data facilitant un déploiement au Nord et au Sud et un transfert de

compétences. Les développements de QameleO et de Waou s'inscrivent dans cette dynamique.

QaméléO (IRD, université de Bourgogne) est une station environnementale multicapteurs, connectée et *low cost* pour la qualité de l'air. Une version FabLab de la station est opérationnelle et est déployée dans plusieurs villes en France et en Afrique (Bénin, Congo, Sénégal, Côte d'Ivoire).

WAOU (IRD, université de Franche-Comté et Urbasense) est un capteur *low cost* pour la mesure de la tension hydrique réalisée par les plantes dans les sols. Cet indicateur couplé à la méthode SaRa élicite l'état d'activité des plantes et leur niveau de stress. Une version FabLab du capteur est en cours de finalisation avec l'ambition d'être construite et déployée en France et en Afrique.

Production scientifique et valorisation

Martiny N., *et al.* (2023) Quality of Air Module for Environmental Learning Engineering and Observation Network (QameleON-Dijon): un réseau dense de mesures de la qualité de l'air à Dijon. *Climatologie*, 20(9):4.

Sene S.K. (2023) *Du modèle à l'aide à la décision par la modélisation : Application à l'irrigation déficitaire des végétaux en ville, contexte France et Sénégal*, thèse de doctorat, Sorbonne Université.

Sene S.K., *et al.* *Procédé de détection de reprise racinaire d'un végétal*, brevet déposé en septembre 2023.

Début du projet : 2021 | Durée : 54 mois

Financement ANR : 363 000 €

Partenaires

Université de Bourgogne | Sorbonne Université | Université de Franche-Comté

Coordination

Nicolas Marilleau – IRD
nicolas.marilleau@ird.fr

Enjeux et thèmes pluridisciplinaires adressés par le projet WAQATALI (gauche) et première station QameleO installée au port du Canal en juillet 2019 (droite).

© N. Marilleau, projet WAQATALI.



Chapitre 8

HABITER LA VILLE

Magali Talandier (Laboratoire Pacte, université Grenoble Alpes)

Regroupant 4,4 milliards d'habitants sur moins de 2 % de la surface du globe, les villes accueillent 56 % de la population mondiale, génèrent 80 % du PIB mondial et, par là même, contribuent de façon massive au changement climatique, en représentant près de 80 % de la consommation énergétique mondiale et plus de 60 % des émissions de gaz à effet de serre. Ces chiffres vertigineux traduisent une situation de crise, clairement identifiée par le GIEC dans son sixième rapport publié en 2022. Selon ces experts du climat, le stress thermique, le manque d'eau, les tempêtes, les inondations impacteront de plus en plus les espaces urbains denses. Plus spécifiquement, ces aléas majeurs seront en premier lieu subis par les résidents urbains économiquement et socialement marginalisés et les personnes âgées.

Miroir des défis socio-écologiques qui nous attendent, les villes mobilisent une communauté scientifique pluridisciplinaire qui interroge la fabrique urbaine, les leviers d'action, les métiers et pratiques à l'œuvre, mais aussi les attentes, les désirs, les vulnérabilités sociales de ces espaces de forte densité.

Si les chercheurs conceptualisent et observent ces phénomènes pour tenter de mieux les anticiper, les populations qui les vivent expriment aussi leurs inquiétudes. Ainsi, selon les derniers sondages de l'ObSoCo, 76 % des Français craignent que la ville devienne étouffante à cause du réchauffement climatique et 67 % considèrent que demain, le digital permettra de tout faire depuis chez soi, ce qui rendra la ville moins indispensable.

Dans ce contexte, comment habiter les villes demain ? Comment assurer aux populations

urbaines, et notamment aux plus fragiles, des conditions de vie soutenables ?

Ce défi majeur du XXI^e siècle nécessite de repenser notre manière de concevoir et d'habiter les villes. Face aux crises environnementales et sociales, ces espaces constituent à la fois le problème et la solution. Les villes sont en quelque sorte obligées de réussir leur transformation. Sans résolution de ces conflits, sans solution pérenne, la transition socio-écologique de la société ne se fera pas, ni en ville, ni ailleurs. Cela ne signifie en rien que les autres espaces, et notamment le rural, ne comptent pas, bien au contraire. Les espaces peu denses, en lien avec les villes, offrent des perspectives de respiration résidentielle, de rééquilibrage partiel, d'innovation sociale, mais aussi des leviers essentiels de transition en lien avec leurs ressources (eau, énergie, alimentation, biodiversité...). L'enjeu est bien celui de la ville, de ses habitants, mais également des liens et des coopérations avec leur environnement périurbain ou rural.

Les recherches menées dans le cadre des appels lancés par l'ANR sur le thème « habiter en ville » sont révélatrices des transformations à l'œuvre et/ou attendues.

Ainsi, 14 projets sont rassemblés dans ce chapitre. Ils couvrent plus de 10 ans de recherche en études urbaines, sur des terrains variés, avec des méthodes riches et innovantes issues des différentes sciences humaines et sociales.

De l'analyse des résultats mis en avant par les consortiums scientifiques ressortent deux points saillants, l'un souligne les enjeux sociaux de la fabrique et des transitions

urbaines, l'autre met en évidence l'évolution des questions posées par la recherche depuis 2010.

La cohésion sociale et les besoins des populations fragiles sont appréhendés sous différents angles dans l'ensemble des 14 projets : impact de la forme urbaine (densité, verticalité, projet **HIGHRISE**, page 183), prise en considération dans les projets de conception (écoquartiers, **PAGODE**, page 186, fabrique urbaine, **CoPoLis**, page 180), approches par les mobilités (périurbaines, **TerrHab**, page 190, subies ou choisies, **ELITISME**, page 181), ou bien, encore plus directement au travers du ressenti des habitants sur leur espace de vie (paysage, **SMART-U-GREEN**, page 188, environnement physique urbain, **EUREQUA**, page 182, lien social, **LISOHASIF**, page 184 et **SOCOCITY**, page 189). Les publics étudiés sont divers : personnes âgées (**CARAVANE**, page 178, **CITYZENBENCH**, page 179), ménages actifs (**ELITISME**), mais aussi professionnels de l'urbanisme et concepteurs (**PROSECO**, page 187). Les contextes d'études donnent à voir des comparaisons stimulantes entre des villes françaises et des situations extra-européennes, à l'image de projets menés sur des contextes nord et sud-américains. Point notable également, la bascule opérée après la crise de la Covid-19 qui fait émerger des sujets sur la santé (**UrbASanté**, page 191), sur la vulnérabilité physique des individus (**CARAVANE**) ou bien encore sur les enjeux de la plateformisation des espaces urbains (**NETURB**, page 185).

Ces recherches mobilisent une palette de méthodes diverses, inventives, allant des traitements de données massives à l'expérimentation coconstruite avec les parties prenantes, soulignant les efforts de

pluridisciplinarité des programmes. Hasard des choix opérés par l'ANR pour constituer ce panel ou signe révélateur des transformations en marche au sein de la science, la moitié des recherches présentées ont été dirigées par des femmes.

Finalement, la richesse des travaux menés et leur complémentarité ouvrent des perspectives stimulantes pour repenser l'habitabilité des villes à l'aune des crises actuelles : une ville inclusive, qui prend soin de tous et toutes ; une ville soutenable, ancrée et respectueuse de son environnement.

CARAVANE

Lire la ville : co-conception d'un habitat innovant pour personnes âgées vulnérables

Rappel des objectifs

La question du lieu de vie et de son adaptation aux vulnérabilités relatives à l'avancée en âge apparaît comme un nouveau défi urbain et sociétal. Imaginer et concevoir des alternatives en termes d'habitat et de nouvelles modalités d'accompagnement des personnes âgées à domicile, est devenu un enjeu majeur des politiques du logement. Cette recherche s'appuie sur une dynamique interdisciplinaire, la complémentarité de méthodes quantitatives et qualitatives, et une forte participation citoyenne (personnes âgées, aidants) pour coconcevoir des scénarios de construction et de réhabilitation de logements, à l'échelle d'une ville de grande taille et de trois îlots urbains situés dans des quartiers différents. À partir de différents recueils sur les attentes des personnes âgées en termes d'habitat, nous proposerons trois scénarios avec un dispositif de réalité virtuelle afin d'imaginer sur un mode de coconception l'habitat de demain et proposer un cahier des charges en matière de réhabilitation de bâti et de construction. La conception des scénarios s'appuie sur une pluralité d'outils méthodologiques, notamment sur le recueil de l'expérience et des attentes des usagers à travers (i) la création de cartes sensibles ; (ii) une analyse sociologique du discours et des interactions dans le cadre d'entretiens individuels et collectifs. Cette méthode permet d'identifier à la fois les besoins matériels (architectures, équipements, technologies) et leurs usages, mais aussi les besoins et les attentes en termes de lien social ; (iii) un documentaire réalisé dans le cadre d'une résidence d'architecture ; (iv) une analyse des modes de vie et plus précisément des pratiques alimentaires.

La démarche tente de valoriser et clarifier les souhaits liés au choix de lieu de vie des personnes âgées quel que soit leur situation sociale et économique tout en proposant une démarche respectueuse de l'environnement. Ce travail pourrait créer un précédent sur notre territoire dans le cadre de projets d'urbanisme et d'architecture à venir et être transposable dans d'autres environnements. L'usage de la réalité virtuelle pourrait constituer une aide à la prise de décision

tant pour les collectivités qu'à une échelle individuelle, ainsi que pour les personnes face à des prises de décision complexes ou en anticipation de décisions incertaines ou à risque dans leurs parcours résidentiels. Le groupe de chercheurs concepteurs pourrait intégrer une démarche de réhabilitation et de construction pour participer aux différentes phases du projet en lien avec les collectivités, les promoteurs, les bailleurs.

Résultats majeurs

Après quelques mois de terrain et des temps d'observation, des centralités dans les quartiers ont été identifiées, trois cartes sensibles (une par quartier) ont pu être constituées avec 180 participants, deux focus groupes ont été réalisés ainsi que 8 entretiens individuels dans un habitat intermédiaire et un documentaire sur l'un des quartiers investigués.

Ce recueil de données apporte un éclairage sur le besoin ressenti des habitants à favoriser le lien social sous toutes ses formes ainsi que le lien avec la nature et la culture, à savoir, la nécessité de lieux conviviaux et favorisant les liens sociaux, de création d'espace communs, partagés avec un projet de vie associé, ainsi que la présence de parcs, de balcons, de vues, de mobilier adapté et d'espaces publics propices à la rencontre.

Début du projet : 2022 | Durée : 42 mois
Financement ANR : 240 125 €

Coordination
 Aline Chassagne – Université Bourgogne Franche-Comté
aline.chassagne@univ-fcomte.fr



Carte sensible du quartier Palente à Besançon.
 © Association Hop Hop Besançon, L. Anderson, C. Vichard, S. Mariani-Rousset.

CITIZENBENCH

Des bancs pour des aîné.e.s ?

Rappel des objectifs

Depuis plusieurs années, l'environnement de la ville, au-delà du « chez soi », est identifié comme un espace d'enjeux qui influence et est influencé par les pratiques des personnes plus âgées. Pour comprendre au mieux la « production de l'espace » qui en résulte, dans l'esprit des travaux d'Henri Lefebvre, nous sommes attentifs au triptyque (i) de la pratique spatiale (quels sont les usages des bancs par les aîné.e.s ?) ; (ii) des espaces de représentation (que signifie et symbolise un « banc pour les aîné.e.s » ?) ; (iii) des représentations de l'espace (quel est l'imaginaire spatial des experts et producteurs d'espace public ?). L'objectif de CITIZENBENCH est d'envisager les bancs publics, et derrière eux l'environnement, comme intermédiaire d'un vieillissement qui se dirait plus actif, en santé, etc., comme dans les démarches « Villes amies des aînés (VADA) ». Pour cela, nous avons mené (i) 27 « visites commentées » avec des personnes âgées de 59 à 93 ans dont 10 ayant en outre accepté une semaine de suivi GPS ; (ii) 24 « sessions bâches Culliver » dans l'espace public avec le tout-venant ; (iii) 21 entretiens semi-structurés avec des producteurs d'espace. Si ces travaux ont été menés à Grenoble et Chambéry, ils ont également été comparés avec Dakar au Sénégal (Hane et Dione) et avec Braine-l'Alleud en Belgique.

Résultats majeurs

L'imaginaire spatial des experts sur les « bancs pour les aîné.e.s » est celui d'un banc inclusif qui promeut une avancée en âge active et en santé, à l'instar des démarches VADA sur nos terrains. Cette légitimation peut s'appuyer sur une technicité plus élaborée (« bancs de démonstration » ou « bancs esthétiques »).

Le symbole « banc pour les aîné.e.s » renvoie, en France et en Belgique, à l'incapacité du corps de se mouvoir dans l'espace. Comme le « vieillissement actif et en santé » est promu, l'âge avancé est perçu comme à éviter et le banc reste un « banc vide » qui est parfois associé à l'âgisme. Ceci entre donc en contradiction avec l'imaginaire spatial des experts. Au Sénégal, il se distingue par une forte empreinte dans l'espace public associée à diverses sociabilités à l'exemple du « Penc ». L'espace est construit dans une logique de religiosité et le banc dépasse les représentations de l'espace.

Concernant les usages quotidiens, en France et en Belgique, ils s'avèrent assez pragmatiques. Le « banc vide » permet malgré tout à la fois de se projeter « quand je serai vieux.vieille », puis de réduire l'isolement à travers des « bancs partagés » ou des « bancs replairère ». C'est uniquement quand l'usage devient nécessaire ou qu'il n'est pas là que le « banc relais » se fait remarquer. Au Sénégal, le banc, en tant que mobilier urbain (mobile, transformable), est le prolongement de l'espace privé vers l'espace public, le « banc pour les aîné.e.s » détourné de ses usages est souvent peu accessible pour les aîné.e.s.

Production scientifique et valorisation

Klein H., *et al.* (2023) Crossing Space, Place and Age: Emphasizing the Symbolic Meaning of "Benches for Older Adults" through a comparative study between France and Senegal, *Journal of Aging Studies*, (under review).

Amaya V., *et al.* (2022) What do we Know about the use of the walk-along method to identify the perceived neighborhood environment correlates of walking activity in healthy older adults: methodological considerations related to data collection - a systematic review, *Sustainability*, 14, 11792.

Le projet a donné lieu à une thèse en sociologie par H. Klein et une HDR coordinateur par T. Moulaert, conformément aux objectifs annoncés, cinq communications en Europe et au Sénégal et une journée d'étude intermédiaire : *Matérialité, Usages et Représentations dans l'Espace Public : Entre Conflits et Convivialité. Enquêteur sur/dans l'Espace Public*, 16 janvier 2022, Grenoble, France.

Le projet a également servi de tremplin au projet ADAM, *Accessibilité et Droit à l'espace public des Aînés : une entrée par la Marche* (IRESF).

Début du projet : 2019 | Durée : 52 mois

Financement : 235 094 €

Partenaires

Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal) | CNRS

Coordination

Thibault Moulaert – PACTE - Université Grenoble Alpes
thibault.moulaert@univ-grenoble-alpes.fr

À Chambéry, dispositif « Cartes Gulliver », 2021 (à gauche) ; à Dakar dispositif « Penc », 2023 (à droite).

© H. Klein, projet CITIZENBENCH.



CoPolis

Coproduction sociale de la ville et recherche citoyenne. Regards croisés sur les quartiers populaires et précaires en France et au Brésil

Rappel des objectifs

Cette recherche est née d'un appel à projets ANR-FAPESP (Fondation d'Appui à la recherche de l'État de São Paulo). Elle explore le potentiel de la « coproduction sociale de la ville » pour la réduction des vulnérabilités sociales et environnementales et la démocratisation de la fabrique urbaine. Elle s'intéresse également aux effets cognitifs de la coproduction des savoirs. Pour ce faire, elle accompagne un ensemble de dynamiques collaboratives – associant habitants, chercheurs et citoyens engagés – permettant une fabrique alternative de la ville dans les quartiers populaires, en France et au Brésil. Le projet aborde trois questions de recherche principales : (i) la genèse et les conditions de développement de ces collaborations ; (ii) les relations entre les contextes politico-institutionnels et les configurations de ces pratiques ; (iii) l'organisation et la circulation des savoirs au sein de ces collaborations et le rôle joué par les acteurs intermédiaires. Loin d'envisager la coproduction comme un artefact de la démocratie participative, CoPolis l'appréhende au travers de sa mise en œuvre à partir de collectifs citoyens qui sollicitent des associations et universitaires pour accompagner leur action. CoPolis combine ainsi une méthodologie mixte, sur quatre terrains français et deux brésiliens présentant des enjeux urbains distincts. Sur chaque terrain, les protocoles de recherche-action participative débutent par la définition des objectifs à atteindre, pour aboutir à un protocole dans lequel les résidents et/ou les facilitateurs et les chercheurs se mettent en situation d'enquête au moyen d'outils contextualisés : un diagnostic du quartier, des enquêtes collaboratives, la coproduction d'un projet urbain, etc. Cette perspective comparative permet d'analyser les rôles et les positionnements des acteurs engagés dans cette coproduction, de façon à proposer une réorientation des politiques et projets urbains.

Résultats majeurs

Le projet CoPolis a permis des avancées théoriques, liées à une consolidation du concept de « coproduction sociale de la ville ». Ces propositions théoriques sont synthétisées dans un dossier organisé pour la revue *Participations*, intitulé « Coproduire la ville par le bas : perspectives franco-brésiliennes » et dans l'ouvrage final du projet, actuellement en cours d'organisation. Le projet présente également des avancées méthodologiques, basées sur la consolidation d'outils permettant la mise en commun des connaissances portées par différents acteurs - habitants, chercheurs, citoyens engagés - sur la fabrique de la ville. Enfin, le projet a permis l'expansion d'un réseau de recherche franco-brésilien lié à la coproduction urbaine, associant des groupes de recherches issus de plusieurs villes.

Production scientifique et valorisation

Havard dit Duclos E., Urvoy, P. (2022) Co-écrire l'histoire locale face à la démolition des quartiers populaires, de Plaisir (France) à Belo Horizonte (Brésil), *Les cahiers de la recherche architecturale, urbaine et paysagère*, n.15.

À paraître

Coproduire la ville démocratique : les registres du soutien et de l'interpellation dans les conflits urbains des quartiers populaires, *Participations*, article soumis.

Introduction. Co-produire la ville par le bas : perspectives franco-brésiliennes, *Participations*, article soumis.

« Articulations » d'acteurs dans les bâtiments occupés. Stratégies de mobilisations pour le droit au logement dans le centre de São Paulo, *Participations*, article soumis.

Outiller les mobilisations urbaines. Regard croisé entre deux associations d'accompagnement technique en France et au Brésil (Peabirú – APPUI), *Participations*, article soumis.

Ce projet a également donné lieu à l'organisation de deux colloques internationaux, d'une journée d'étude internationale, à l'organisation d'un séminaire international mensuel sur une période d'un an et demi, à la rédaction d'un ouvrage (en cours) associant chercheurs et un collectif d'habitants, à la coproduction d'une exposition, à l'organisation collective d'un ouvrage international (en cours), à la rédaction de trois thèses de doctorat (soutenances prévues en 2024) et d'un mémoire de Master.

Début du projet : 2020 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 410 772 €

Partenaires

IEP Toulouse | Université de Lille | LATTS - CNRS | Universidade de São Paulo (Brésil) | Universidade Federal do ABC (Brésil) | Universidade Presbiteriana Mackenzie (Brésil) | Universidade Estadual de Campinas (Brésil) | Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Brésil) | Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Brésil)

Coordination

Agnès Deboulet – LAVUE, CNRS
agnesdeboulet@orange.fr

Projet urbain coproduit avec des habitants lors d'une visite des équipes CoPolis dans le quartier autoconstruit d'Anchieta, en banlieue sud de São Paulo (Brésil).
© S. Bresson, projet CoPolis.



ELITISME

Emploi, Logement, Infrastructures de Transports : Incidences Sociales, Mobilité et Environnement

Rappel des objectifs

Nous analysons les décisions de mobilité à court (déplacements quotidiens) et à long terme (lieu de résidence et de travail) au sein des ménages. En examinant les choix des membres du ménage, nous identifions l'interdépendance de leurs décisions, issues d'un processus de négociation intrafamilial. Nos résultats se concentrent sur les déplacements domicile-travail des conjoints, où la compétition pour l'utilisation des véhicules du foyer est centrale. L'intégration de la négociation corrige les biais dans la mesure de la valeur du temps. Nous soulignons également l'impact de la présence du conjoint, sur la valeur du temps. Enfin, nous examinons l'influence des politiques publiques sur les choix de localisation résidentielle, en analysant les contraintes de capacité, de crédit et la mixité sociale.

Notre méthodologie combine des données d'enquête et de recensement. Nos modèles estiment la valeur du temps en fonction des caractéristiques individuelles, du mode de transport, du niveau de confort et du contexte. Ils évaluent aussi les coûts liés à des arrivées précoces ou tardives. Des modèles de choix discrets emboîtés ont été développés pour analyser les décisions d'achat ou de location de logement, de type de logement et de localisation résidentielle. Ces modèles intègrent les compromis entre le prix du logement, l'accès aux services publics, la mixité sociale et les temps de trajet de chaque conjoint, tout en tenant compte des contraintes de capacité et d'accès au crédit.

Dans le cas d'une famille disposant d'un véhicule, nous montrons (avec un modèle de « négociation » intrafamilial) que le valeur du temps estimé est la même pour la femme conductrice ou passagère, mais plus élevée comme passager (que comme conducteur) pour l'homme. Ces résultats fournissent des informations précieuses et uniques pour l'étude du *fam pooling* (covoiturage dans la même famille).

Résultats majeurs

Le projet ELITISME a introduit une méthodologie de modélisation adaptable à divers domaines, notamment en économie familiale, lorsque des décisions sont prises collectivement. Les résultats sur l'évaluation des politiques publiques ont été partagés avec un large public, y compris des représentants d'instances publiques. Ces résultats ont conduit à des discussions sur le développement de modèles de simulation et d'outils opérationnels pour améliorer l'évaluation des politiques publiques et des grands projets d'investissement. Le projet souligne les limites des simplifications fréquemment utilisées dans la modélisation du comportement des ménages, mettant en garde contre les conclusions biaisées dans les modèles de transport et l'évaluation des politiques publiques. Nos travaux proposent des modélisations alternatives plus réalistes du processus décisionnel au sein des couples.

Les modèles développés sont utilisés pour enrichir des outils de simulation urbaine (EUrbanSimM) ou de trafic (METROPOLIS). Une nouvelle

version d'EUrbanSimM est en cours de réalisation (N. Picard) et une nouvelle version METROPOLIS2 (A. de Palma), fait l'objet à ce jour d'un cours pour utilisateurs. Les modèles obtenus ont pour vocation d'alimenter des outils de simulation urbaine (UrbanSim) ou de trafic (METROPOLIS).

Production scientifique et valorisation

Picard N., *et al.* (2018) Mobility decisions within couples, *Theory and Decision*, 84(2), pp. 149-180.

De Palma A., *et al.* (2015) Trip-timing decisions and congestion with household scheduling preferences, *Economics of Transportation*, 4, 1-2, pp. 118-131.

Picard N., *et al.* (2015) Intra-household Decision models of Residential and Job Location, in Bierlaire B., *et al.* (eds.) *Integrated transport and land use modeling for sustainable cities*, EPFL Press.

De Palma A., *et al.* (2014) Discrete Choice Decision-Making with Multiple Decision Makers within the Household, in Hess S., Daly A. (eds.) *Handbook of Choice Modelling*, Edward Elgar Publishing Ltd, pp. 363-382.

Inoa I. (2015) *On the Interdependence between Residential Location and Workplace: Discrete Choice Models*, Thèse de doctorat, Université de Cergy-Pontoise.

Sites internet

Plusieurs sites valorisent nos travaux : Elitisme.fr (vitrine pour académiques), Riskdynamics.com (questionnaire accessible au grand public, étudiants, enseignants), Metropolis.elitisme.fr (application pour tester des politiques publiques en matière de transport, qui s'adressera à terme à un large public). Des discussions sont en cours avec les éditeurs de ces logiciels, la Société du Grand Paris, La Poste et le ministère chargé de l'Écologie, en vue d'élaborer des partenariats.

<https://msh-paris-saclay.fr/workshop-anr-ELITISME-11-12-06-2018/>
https://ens-paris-saclay.fr/sites/default/files/2018-05/WS_ELITISME_programme.pdf

<https://thema.u-cergy.fr/IMG/pdf/program-v2.pdf>

Début du projet : 2014 | Durée : 48 mois

Financement : 385 564 €

Partenaires

École Polytechnique | École Normale Supérieure de Cachan

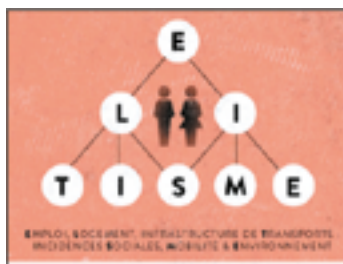
Coordination

Nathalie Picard – CY Cergy Paris Université

nathalie.picard@u-cergy.fr

Logo de la conférence ELITISME.

© F. Helft, projet ELITISME.



EUREQUA

Evaluation mUltidisciplinaire et Requalification Environnementale des QUArtiers

Rappel des objectifs

Le projet EUREQUA questionne les enjeux de la requalification environnementale du cadre de vie urbain à l'échelle des quartiers et mobilise pour ce faire une méthodologie radicalement interdisciplinaire combinant approches des sciences humaines et sociales avec celles des sciences de l'ingénieur. Les objectifs scientifiques du projet sont de : (i) mieux comprendre les relations à l'échelle d'un quartier entre différents phénomènes physiques mesurables et modélisables (climat, acoustique et qualité de l'air) ; (ii) mieux comprendre les facteurs qui jouent dans la perception des ambiances environnementales et urbaines des lieux en les mettant en perspective avec les représentations des acteurs en charge de l'amélioration du cadre de vie urbain ; (iii) identifier et analyser les convergences et les décalages entre les caractéristiques mesurées de l'environnement (relatives au climat, au bruit et à la qualité de l'air) et le ressenti des ambiances ; (iv) opérationnaliser l'expertise issue du projet de recherche en concevant un dispositif d'aide à l'action destiné aux acteurs urbains permettant de générer, de manière interdisciplinaire et participative, des diagnostics territoriaux et de proposer des scénarios de requalification environnementale.

Résultats majeurs

Les enquêtes démontrent que les habitants disposent d'une expertise fine des composantes environnementales de leur cadre de vie et qu'ils développent des catégories d'attitudes très contrastées face aux nuisances : sensibilité aiguë au bruit, préoccupation vis-à-vis de la pollution de l'air saisie au prisme des sens visuel et olfactif, indifférence relative au microclimat et appétence forte pour les éléments de nature dont l'effet compensatoire est une fois encore démontré. Le croisement des données de perceptions et de mesures montre que les résultats des enquêtes permettent une distinction des lieux en forte concordance avec les mesures acoustiques et moindre avec les mesures microclimatiques sauf pour la sensibilité au vent. Pour les études numériques, un chaînage de modèles a été réalisé afin de traiter différentes échelles spatiales. Le système intègre le modèle atmosphérique à méso-échelle Meso-NH (échelle ville/territoire) qui alimente le modèle de CFD Code_Saturne (échelle quartier/rue), qui fournit les conditions micrométéorologiques au modèle TLM

de propagation acoustique à l'intérieur de la rue. Les interactions entre les 3 dimensions physiques étudiées (climat, qualité de l'air et acoustique) ont également été appréhendées d'un point de vue expérimental puis statistique.

Les résultats et les méthodes du projet ont été opérationnalisés pour construire un dispositif participatif d'aide à l'action formalisé dans un guide méthodologique prospectif permettant d'évaluer et d'améliorer la qualité environnementale des espaces extérieurs sans nécessiter le recours à la quantification/modélisation.

Production scientifique et valorisation

Haouès-Jouve S., *et al.* (2021) Cross-analysis for the assessment of urban environmental quality: An interdisciplinary and participative approach. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 49 (3), pp. 1024-1047.

Lemonsu A.? *et al.* (2020) Comparison of microclimate measurements and perceptions as part of a global evaluation of environmental quality at neighbourhood scale. *International Journal of Biometeorology*, 64, pp. 265-276.

Gauvreau B., *et al.* (2016) Environmental quality at district scale: A transdisciplinary approach within the EUREQUA project. in Beckers B., *et al.* (eds.) *FICUP 2016*, 401 p.

Berry-Chikhaoui I., *et al.* (2014) La qualité environnementale en milieu urbain : évaluation pluridisciplinaire, introduction, *Méditerranée : Revue géographique des pays méditerranéens*, 123, pp. 3-11.

Début du projet : 2012 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 1 072 190 €

Partenaires

Université Gustave Eiffel | ENPC | Aix-Marseille Université | CNRS | Ensa Toulouse | ATELIERS LION ASSOCIES | Institut Paris Région

Coordination

Sinda Houes-Jouve - Université de Toulouse
 sinda.houes-jouve@univ-tlse2.fr

Aperçu de certaines activités réalisées dans le cadre du projet ANR EUREQUA.
 © B. Gauvreau, projet EUREQUA.



HIGHRISE

Vivre en hauteur dans la ville intégrative

Rappel des objectifs

À partir d'un cadre d'analyse transdisciplinaire (architecture, géographie, sociologie, anthropologie), nous interrogeons de façon critique la production urbaine contemporaine, par le biais des tours résidentielles, en mettant l'accent sur deux dynamiques corrélées. D'abord sur les rapports complexes à la financiarisation de l'immobilier, révélateurs de différences dans les types de négociations locales-globales dans la fabrication de la ville néolibérale. Ensuite, et surtout, sur l'intégration de la verticalisation résidentielle dans des processus de gentrification des villes étudiées, liés à des processus de renouvellement et densification urbains. Le projet s'ancre dans des études de cas particulièrement fondées sur l'analyse des pratiques et usages contemporains du vivre en hauteur. Les résultats du projet doivent contribuer à la discussion sur la construction et la vie dans la métropole contemporaine soumise aux pressions de la mondialisation et de la verticalisation, par des communications scientifiques, des actions en faveur de la culture scientifique et technique, la contribution aux programmes universitaires et des recommandations aux urbanistes des deux villes.

Lyon et São Paulo, lieux d'exercice des partenaires du projet, sont les fondements de l'étude, avec Londres comme cas référence (cf. les conclusions du projet Skyline, précédant ce projet). Des éclairages complémentaires ont été apportés sur Melbourne, Dallas, Brasov, Oran et Saïgon.

Résultats majeurs

Le projet illustre de nouvelles façons de produire de l'inégalité par la verticalisation résidentielle, vraie gentrification en hauteur. Il apporte une nouvelle dimension dans la répartition spatiale des populations (le vertical par rapport à l'horizontal, la relation à la ville) et réinterroge les processus de ségrégation, fragmentation voire sécession au sein de la ville. Les cas d'étude des « Suds » (São Paulo, Hanoï, Oran) où les processus de verticalisation résidentielle sont plus anciens et d'échelle bien plus large, ont permis de proposer un regard désoccidentaliser. Le projet a montré le dépassement de la scission production/réception des tours : la verticalisation résidentielle est un système dans lequel les modalités de production, politiques ou techniques, sont intimement liées aux usages anticipés, et à l'inverse, l'expérience du vivre en hauteur est une négociation entre des trajectoires personnelles et des conditions sociotechniques. Surtout, les pratiques et usages contemporains du vivre en hauteur montrent les effets de la verticalisation au travers des tactiques et stratégies des résidents (expérience de l'ascenseur, rôle de la vue, effets de la relation entre le vertical et l'horizontal). Cela a

permis d'analyser à Lyon les tours centrales « de standing » des années 1970, jamais étudiées auparavant. Nul modèle mondialisé donc, mais des hybridations, adaptations locales et des échelles de la verticalisation résidentielle radicalement différentes.

Production scientifique et valorisation

Alves M. R., (2020) Public Spaces, Spaces of Public Domain, in Carlos Costa C., et al. (eds.) *Co-creation of Public Open Spaces: practices, reflection, learning, Lisbon*, Lusófona Press, pp. 71-84.

Dorignon L., Nethercote M. (2021) Disorientation in the unmaking of high-rise homes, *Transactions of the Institute of British Geographers*, 46, pp. 363-377.

Mollé C., et al. (2020) Le retour de l'habitat vertical et les politiques TOD (*Transit Oriented Development*) dans les villes françaises : vers une intensification urbaine socialement sélective ? *Espace populations sociétés*, 2019/3.

Gentil A., Bonneval L. (2023) Les grands ensembles de standing vus par leurs habitants : quand l'ancrage fait l'image. *Espaces et Sociétés*, 188(1), pp. 147-164.

Autres valorisations

Ce projet a donné lieu à l'organisation de sessions lors de colloques internationaux (Urban Affairs Association à Toronto en 2018 et Los Angeles en 2019) et d'un colloque international (IAU-USP YouTube avec 16 présentations des membres brésiliens et français du projet et quatre présentations extérieures).

S'y ajoutent la mise en place d'un site web (highriseproject.net) et la rédaction de trois thèses, dont les auteurs ont été intégrés aux travaux menés dans le cadre du projet.

Début du projet : 2017 | Durée : 42 mois

Financement : 193 507 €

Partenaires

Instituto de Arquitectura e Urbanisme de Sao Carlos- Universidade de Sao Paulo (Brésil) | LEAUC, Universidade de Sao Paulo (Brésil)

Coordination

Christian Montès – Université Lumière Lyon 2
christian.montes@univ-lyon2.fr

Cette photo de São Paulo illustre l'ubiquité du phénomène de verticalisation de l'habitat, destiné historiquement à des populations aisées et aujourd'hui aussi aux classes moyennes dans des tours fortement sécurisées, ici à l'ouest du centre historique, au-delà de voies rapides, remplaçant des zones d'activité.

© C. Montès, projet HIGHRISE.



LISOHASIF

Lien social, Habitat et Situations de fragilité dans la ville innovante de 2030

Rappel des objectifs

Le projet LISOHASIF a un double objectif : reformuler de façon originale la question du lien social, de l'habitat et des situations de fragilité, et faire des propositions innovantes de dispositifs et services à même de mieux gérer ces questions dans nos sociétés contemporaines. Situer la réflexion dans le cadre de « la ville innovante de 2030 » oblige à décaler la recherche par rapport aux sociétés actuelles. Le projet est organisé comme un atelier de conception innovante, en application des théories modernes de la conception, de façon à garantir la mise en capacité de l'équipe de recherche, assistée de participants extérieurs, à produire des concepts, scénarios, expérimentations innovantes dans un domaine qui fait depuis longtemps l'objet de travaux et de publications importants.

Nous appliquons la méthode des ateliers DKCP (Définition, Knowledge, Conception, Projets) de conception innovante, en application de la théorie C/K de la conception. Plus précisément, après la phase de définition, nous avons mutualisé les expertises cœur de métier, comme les définitions et l'histoire de la fragilité ou l'évolution des réglementations sociales, et celles plus lointaines mais pouvant inspirer une réflexion innovante, comme la façon dont on modélise la fragilité en physique des matériaux ou le compte rendu d'expériences pionnières dans l'accompagnement des fragilités. Nous en inférons des concepts qui constituent des guides pour explorer des univers plus innovants et converger vers une sélection de projets qui pourraient être développés.

Résultats majeurs

Les conclusions du projet LISOHASIF se déclinent en quatre points principaux. Tout d'abord, l'armature conceptuelle est renouvelée, grâce à une nouvelle définition de la fragilité : il y a fragilité lorsqu'il y a rupture ou risque de rupture de la participation active, autonome et citoyenne à la vie sociale et, plus globalement, sentiment récurrent de ne pas avoir de place ou sa place, dans la société. Ensuite, trois concepts centraux sont proposés et développés : « le territoire à énergie sociale positive », « les nouveaux essentiels du chez soi » et « parcours défragilisants, parcours sécurisants ». Troisièmement, sept projets expérimentaux élaborés et prétestés : l'animation du lien social (projet « animateur de lien social »), l'apprentissage des fragilités (projet « Expédition apprenante de la fragilité »), l'oubli, l'atténuation ou la suppression des fragilités (projet « La chambre qui fait oublier les fragilités »), la gestion du chez soi (projet « Le ChezSoiOlogue »), la

restauration de la production des solidarités actives (projet « Bilan des solidarités en copropriété »), le repérage et la cartographie et pilotage des solidarités (projet « Observatoire du lien social »), la coordination des acteurs humains et non humains de la gestion des fragilités (projet « Robots et objets connectés »). Enfin, la méthodologie DKPC de conception innovante fait ses preuves pour concevoir et superviser un projet comme LISOHASIF. Au total, ce sont 25 exposés d'experts, 146 esquisses d'idées débouchant sur 8 concepts projecteurs dont 3 sont développés en 21 concepts innovants donnant lieu à 7 projets d'expérimentation.

Production scientifique et valorisation

Périac F., *et al.* (2018) Clarifying the interplay between social innovation and sustainable development: A conceptual framework rooted in paradox management, *European Management Review*, 15, 1, pp. 19-35.

Le projet a donné lieu à :

- cinq séminaires d'une journée à l'université Paris-Dauphine, sur les thématiques suivantes : Fragilités : concepts et situations ; Habitats et fragilités ; Villes innovantes et lien social ; Nouvelles solidarités ; Les déterminants du lien social en 2030 ;
- une journée publique de restitution finale des résultats (université Paris Dauphine) ;
- un dessin animé pour la vulgarisation des résultats (réalisé avec DigitalVidéo) ;
- des posts sur LinkedIn.

Site internet du projet : <https://lisohasif.wixsite.com/conference>

Début du projet : 2013 | Durée : 24 mois

Financement ANR : 165 830 €

Partenaires

Université de Rouen | Institut de recherche en gestion (IRG) |
Fondation Partenariale Paris Dauphine -PSL I GIE AG2R
REUNICA

Coordination

Albert David – Université Paris Dauphine - PSL
albert.david@dauphine.psl.eu



© Projet LISOHASIF.

NETURB

Numérique En Transition et Transformations URBaines

Rappel des objectifs

Durant la crise de Covid-19 les plateformes numériques ont offert un support faiblement coûteux aux dynamiques sociales, professionnelles, marchandes, culturelles que la ville ne pouvait plus assurer. Un territoire numérique s'est en partie substitué au territoire physique et géographique donnant lieu à des transformations urbaines nouvelles. La ville se plateforme et les effets qui y sont associés sont mal connus, mal mesurés voire inconnus. Le projet NETURB se propose de lever une partie de ces inconnues afin de mieux comprendre ce qui se joue entre numérisation des échanges, inégalités et transformations urbaines.

Dans la première période de ce projet, nous nous sommes attachés à analyser et mesurer ce que les plateformes font au tourisme et par effet rebond aux territoires concernés. Nous avons identifié un changement dans l'offre commerciale et le mix d'aménités proposés par les villes et l'apparition de phénomènes de ségrégation sociospatiales pouvant conduire à une perte d'identité des quartiers touchés par les locations courte durée.

Nous avons estimé l'impact des locations courte durée sur la probabilité de déménager des résidents. Des premiers résultats sur un ensemble de communes de Nouvelle-Aquitaine, ont permis de mettre en évidence des effets d'éviction des ménages les plus fragiles dans les territoires les plus concernés par la croissance des meublés de tourisme. Nous allons poursuivre dans cette direction en utilisant des données fiscales anonymisées qui permettront de mieux qualifier les caractéristiques socio-économiques des individus et de leurs lieux d'habitation.

Le deuxième effet mis en évidence est celui de la transformation de l'espace des aménités sous l'impulsion du tourisme de courte durée. Nous définissons les aménités de la ville comme l'ensemble des services et commerces (publics ou privés) offerts pour ceux qui font

l'expérience de la ville. Ainsi, ce qui est offert est la conséquence d'une demande qui combine les goûts et les caractéristiques des résidents, des touristes, des travailleurs nomades, etc. Une première recherche nous a permis de calculer un indice de complexité des quartiers, synthétisant la diversité et l'ubiquité des aménités colocalisées dans un espace donné. Mesurer la variation dans le temps de cet indice permet de mieux comprendre la nature de la relation qui lie l'offre d'aménités et la demande pour la résidence de courte période.

La deuxième partie du projet NETURB étudie les conséquences du développement du travail à distance sur les choix de localisation des travailleurs et des entreprises et sur les dynamiques urbaines et territoriales induites. En utilisant des données issues des enquêtes emplois, des fichiers fiscaux ainsi qu'en qualifiant les caractéristiques structurelles des lieux de résidence nous cherchons à dessiner une géographie économique du télétravail. Plus encore, en simulant une généralisation du travail à distance nous ambitionnons d'identifier la manière dont cela affecte les effets spatiaux de réallocation des habitants et des activités, les prix du foncier, l'emploi ou encore la productivité du système urbain.

Début du projet : 2023 | Durée : 36 mois

Financement : 217 525 €

Partenaires

Université Pau et Pays de l'Adour | Nantes Université

Coordination

Sylvain Dejean – Université de la Rochelle
sylvain.dejean@univ-lr.fr



Bristol (avril 2023).
© R. Suire, projet NETURB.

PAGODE

Participation, Animation et GOUVERNANCE Dans les Écoquartiers

Rappel des objectifs

L'objectif du projet PAGODE était de développer une approche de l'écoquartier centrée sur l'implication et les stratégies des acteurs sociaux, plutôt que sous l'angle essentiellement privilégié des innovations ou solutions technico-environnementales. Suite à une recherche exploratoire portant sur le corpus des candidatures au premier concours national ÉcoQuartier (2009), il s'agissait d'analyser des projets de quartiers durables au prisme de l'émergence de nouvelles formes de gouvernance urbaine, habitante et participative.

Cet axe semblait d'autant plus pertinent que la fabrique urbaine durable ambitionne d'associer, sous différentes formes, les habitants des quartiers à la gestion de leur cadre de vie. Avec néanmoins un gap persistant : le passage du discours participatif à sa mise en œuvre effective. C'est donc ce discours et les géométries variables de ses effets qui ont été analysés dans PAGODE, avec une réflexion portant sur l'amélioration et l'innovation de l'ingénierie participative ainsi que sur le transfert des résultats vers des acteurs techniques et institutionnels de l'aménagement durable.

La démarche pluridisciplinaire (psychologie, aménagement, science politique, géographie, etc.), pluridimensionnelle, comparatiste et systémique a mobilisé des outils transversaux et des méthodologies partagées telles l'utilisation complémentaire d'enquêtes quantitatives et qualitatives, ou la coconstruction de référentiels avec les services techniques parties prenantes du programme.

Résultats majeurs

Outre la constitution, l'étayage et l'exploitation de bases de données qualitatives (corpus d'entretien) et quantitatives, PAGODE a alimenté les réflexions et propositions visant à améliorer la grille d'évaluation des candidatures aux concours nationaux ÉcoQuartier, préliminaire à la mise en place d'un label national ÉcoQuartier par le ministère en charge de l'écologie et du développement durable. PAGODE a aussi permis la valorisation d'expériences exemplaires et la promotion de certaines expériences participatives innovantes. Au titre de l'expertise acquise, l'équipe de PAGODE a été sollicitée par des centres sociaux afin de suivre et évaluer des processus participatifs, de contribuer à leur analyse/amélioration dans le cadre d'opérations d'écoquartiers français. Grâce à la valorisation des résultats, des chercheurs de PAGODE ont aussi pu intégrer la Commission régionale d'examen des

dossiers de labellisation ÉcoQuartier (DREAL Aquitaine) ; ils ont été proposés comme experts auprès du CESER Aquitaine pour le groupe de travail « Un habitat de qualité pour tous les Aquitains ». Le travail et l'expertise sur les indicateurs participatifs ont été repérés, permettant l'intégration de chercheurs issus de PAGODE dans l'équipe « Sciences humaines et sociales » de l'Institut pour la Transition Énergétique (INEF4) financé par les Programmes d'investissements d'Avenir et la Région Aquitaine, afin de poursuivre un travail sur des indicateurs sociaux dans les opérations d'aménagement durable.

Production scientifique et valorisation

D'Andréa N., et Tozzi P. (2014) Jardins collectifs et écoquartiers bordelais. De l'espace cultivé à une culture de l'habiter durable ?, *Noroi*, n°231, 2, pp. 61-74.

D'Andréa N., (2016) Un centre social à l'initiative de la réalisation d'une Résidence intergénérationnelle dans le projet de rénovation urbaine à Saint-Cyprien, *Réussir la planification et l'aménagement durables*, Cahiers méthodologiques de l'AEU2, Ademe.

Laugaa D., Le Champion G. (2015) Norme pro-environnementale et participation : entre adhésion et clairvoyance normative. Étude comparée entre habitants d'écoquartier et habitants de quartiers ordinaires, *Développement durable et territoires*, Vol. 6, n°2, Sept.

Tozzi P. (2015) *Villes et quartiers durables : la place des habitants*, CSE/ANR, Paris, 540 p.

Tozzi P., et al. (2015) Coordination du dossier « Participation habitante et écoquartiers », *Développement durable et territoires*, vol. 6, n°2, Sept.

Début du projet : 2010 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 339 974 €

Partenaires

Ville de Bordeaux | Centre d'Études Techniques de L'Équipement Sud-Ouest | Université du Québec à Montréal | IUT Bordeaux Montaigne

Coordination

Pascal Tozzi – ADES, CNRS
pascal.tozzi@cnrs.fr



Logo du projet PAGODE.
© Projet PAGODE.

PROSECO

PROduction Sensible des projets urbains Contemporains. De la conception à l'expérience : enjeux environnementaux et politiques du sensible

Rappel des objectifs

Le projet PROSECO a comme objectif d'apporter des éléments de compréhension sur la place du sensible dans les processus de production de l'espace ayant des objectifs environnementaux, depuis la formulation d'une volonté d'aménagement (commande) jusqu'à l'expérience de cet espace, ses usages et appropriations.

Cette recherche fait l'hypothèse que deux mécanismes sont à l'œuvre aujourd'hui de manière concomitante dans les processus de production de l'espace, ayant potentiellement un impact fort sur la dimension sensible relative à l'ensemble de ces processus : l'esthétisation des mondes urbains et la considération des enjeux environnementaux contemporains accompagnés d'une prise de conscience accrue des enjeux environnementaux et de leur nécessaire intégration dans les processus de fabrication des espaces.

Nous considérons que l'impact de ces deux processus concomitants se situerait potentiellement à la fois dans la prise en considération du sensible dans le processus de conception des projets à enjeux environnementaux (donc *a priori* sur un grand nombre de projets actuellement en cours dans les territoires français) et dans les effets sensibles produits et expérimentés dans les espaces en question, par leurs habitants et usagers.

En cela quatre objectifs structurent le projet, il s'agit de comprendre : (i) la place du sensible dans le processus de conception, auprès des acteurs de la planification, de la maîtrise d'œuvre et de la maîtrise d'ouvrage ; (ii) les expériences sensibles des espaces produits et leurs effets sociopolitiques ; (iii) la dimension sensible de la prise en compte des enjeux environnementaux dans la production spatiale ; (iv) les relations entre processus de conception et réception/expériences.

Pour ce faire, la démarche méthodologique comporte un inventaire de projets sur cinq territoires français (Grenoble, Montpellier, Rennes, Strasbourg, Toulon), afin de faire ressortir une dizaine de terrains (11 terrains ont été sélectionnés sur quatre des cinq territoires). Sur ces 11 terrains, une enquête auprès des professionnels de la production urbaine a été réalisée par entretiens, en partie marchants in situ, et séminaires. Sur trois de ces terrains, une enquête auprès de leurs habitants et usagers, par observation, entretiens ouverts, parcours commentés et baluchons sensoriels, a été réalisée.

Résultats majeurs

Les enquêtes auprès de professionnels et deux auprès d'habitants ont permis de constituer un corpus riche et diversifié. L'enquête auprès des professionnels a donné lieu à 83 entretiens et trois ateliers, complétés

de photographies, vidéos et recueil de données documentaires. L'enquête auprès des habitants rassemble 28 entretiens, 30 parcours commentés, 21 baluchons multisensoriels et deux ateliers, de nombreuses photographies complètent les données recueillies. La retranscription de ces matériaux est en cours et leur analyse est amorcée par un travail sur la méthode d'analyse.

Sur le plan scientifique, cette recherche apportera des connaissances sur la considération du sensible par les acteurs professionnels de la production urbaine. Cet aspect est particulièrement innovant car, à ce jour, aucune recherche n'a été effectuée en France sur ce sujet, et complémentaire aux travaux existants sur les professionnels de la fabrication de la ville. De plus, PROSECO apportera des connaissances sur la place du sensible dans les processus de projet (de leur formulation à leur « réception ») et sur les expériences sensibles des territoires mis en projet. Ces apports se feront spécifiquement sous l'angle des croisements entre questions politiques (notamment écologiques mais aussi de parts et de place de chacun) et sensibles.

Production scientifique et valorisation

Manola T., Mortelette C. (2023) Enquêter les expériences sensibles : retours sur les parcours commentés et baluchons sensoriels menés dans le cadre de la recherche PROSECO, *Méthodes d'enquêtes qualitatives en sciences humaines et sociales : approche réflexive - Libérer la parole habitante*, Tours, France, juin 2023.

Girault M. (2023) Penser l'urbain par les émotions. Les méthodes « innovantes » ou « expérimentales » en expertise urbaine, *Sociétés - Revue des sciences sociales et humaines*, 2023, 1 (159), pp. 79-98.

Manola T. (2022) Faire de la recherche sur/par/avec le sensible, Séminaire Faire Territoire Faire Société de l'UMR EVS, <https://atelier6.hypotheses.org/>.

Site internet du projet : <https://proseco.hypotheses.org/>.

Début du projet : 2021 | Durée : 36 mois

Financement : 241 339 €

Coordination

Théa Manola – AAU, CNRS

Manola.t@grenoble.archi.fr

La démarche méthodologique
PROSECO.

© Projet PROSECO.



SMART-U-GREEN

Smart Urban Green: Governing conflicting perspectives on transformations in the urban rural continuum

Rappel des objectifs

Les paysages du continuum rural/urbain connaissent des transformations majeures en relation avec la transition à la durabilité urbaine. Il s'agit d'un processus non linéaire, non anticipé et menant à des controverses, incertitudes et complexités, qui impliquent de multiples acteurs aux intérêts divergents. Pour autant, ces transformations stimulent aussi l'émergence d'idées et de pratiques de type *bottom-up*, qui confrontent les aménageurs au défi de nouvelles formes de gouvernance plus transversales et collaboratives. Dans l'esprit de la Convention européenne du paysage, Smart-U-Green vise à la cocréation de savoirs sur de nouvelles formes de gouvernance prenant en compte des points de vue contradictoires sur la qualité des paysages urbains et réconciliant savoirs experts et communs. Dans ce cadre, l'écologisation des paysages urbains est étudiée dans trois régions, aux Pays-Bas (Dreshteden), en Italie (Agglomération d'Ancône) et en France (Grand Reims). Sur le plan de la méthodologie et de l'armature conceptuelle, le projet s'appuie sur la théorie de la transition de Rotmans et Loorbach, et a utilisé dans une première étape la technique de la grille de répertoire associée à une analyse statistique multivariée. Dans une seconde étape, les résultats de la grille de répertoire ont été traduits par l'outil d'indicateurs du paysage urbain Qland/QLife et ont servi de support à débats avec les décideurs des aires régionales concernées. Smart-U-Green est ainsi une recherche-action qui vise au partage d'expériences concrètes et au développement de solutions pour les collectivités impliquées.

Résultats majeurs

Des dipôles conflictuels pour la qualité des paysages urbains, formant 32 construits, ont pu être identifiés et groupés en 6 catégories perceptives : usages des espaces publics, marchabilité, type de morphologie, attachement, hétérogénéité ou homogénéité visuelle, artificialité. Sur cette base, un cadre analytique pour la qualité des espaces urbains a pu être déterminé selon l'approche QLand/QLife dipôles : animé/désert ; lieu où se poser/où se déplacer ; multi/monofonctionnel ; appropriable/contraignant ; harmonieux/disparaté ; eau valorisée/absente ; espace public végétalisé/minéralisé ; présence d'aménités (parcs, etc.)/absence ; sûr/dangereux ; terrains vagues/absence. Sur la base de cet outil des sessions de coconstructions de type *Joint Fact-Finding* (JFF) ont porté sur trois sites associés à des projets urbains (Base 112 à Reims, quartier de Vallemiano à Ancône et 8 microsites à Drehtsteden) qui ont permis d'identifier des pistes pour une gouvernance plus participative. Quatre principes directeurs ont pu être dégagés : (i) savoirs locaux et usages réels sont la clé de la réussite et doivent être mobilisés le plus tôt possible ; (ii) les décisions

doivent concerner toutes les étapes des projets discutés, dès leur conception, et être intégrées au cahier des charges donc opposables ; (iii) il est impossible de calquer un modèle universel de règles, car le contexte culturel et politique local est essentiel ; (iv) la décision finale n'est pas la résultante d'intérêts en opposition, mais un objet radicalement différent.

Sur le plan concret, le projet a facilité la constitution de réseaux régionaux pour accompagner le changement dans la gestion des paysages dans les aires étudiées. L'implication de l'association CIVILSCAPE a permis l'intégration de ces dynamiques aux agendas européens liés à la Convention européenne du paysage.

Production scientifique et valorisation

Hisschemöller M., *et al.* (2022) Conflicting perspectives on urban landscape quality in six urban regions in Europe and their implications for urban transitions, *Cities*, vol. 131, article 104021, Elsevier.

Mancebo F., Salles S. (2021) Vers un écologie sensible du continuum urbain-rural, in Martouzet D., Laffont G.-H. (eds.) *Ces lieux qui nous affectent*, Hermann, pp. 229-238.

Mancebo F., Certoma C. (2019) Urban Planning for Sustainability and Justice: Lessons from Urban Agriculture», in Van Der Heijden J., Bulkley H., Certoma C. (eds.) *Urban Climate Politics: Agency and Empowerment*, Cambridge University Press, pp. 135-151.

Mancebo F. (2018) Urban Agriculture for Urban Regeneration in the Sustainable City, in Roberta Cocci Crifoni R., *et al.* (eds.) *Quality of Life in Urban Landscapes. In Search of a Decision Support System*, Springer, The Urban Books series, pp. 311-317.

(2020) Organisation du Webinar: *Stakeholders dialogue on the outcomes of the project SUG*.

Site internet du projet : <https://www.smartugreen.eu/>.

Début du projet : 2017 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 175 157 €

Partenaires

University of Camerino, School of Architecture and Design (Italie) | Dutch Research Institute For Transitions (Pays-Bas)

Coordination

François Mancebo – Université de Reims Champagne-Ardenne

francois.mancebo@univ-reims.fr



Interface urbain-rural à l'entrée de Reims.

© F. Mancebo, projet SMART-U-GREEN.

SOCOCITY

Ville et cohésion sociale : Infrastructures et aménités urbaines pour une société durable

Rappel des objectifs

L'objectif est de comprendre ce qui détermine la capacité des individus à vivre ensemble, condition nécessaire à l'existence de sociétés durables. Ce projet s'intéresse ainsi aux liens entre la cohésion sociale (que l'on peut définir comme la capacité d'une communauté à vivre ensemble), les conditions économiques locales (notamment l'emploi), et l'environnement dans lequel les interactions sociales et économiques ont lieu : non seulement l'environnement « physique » urbain (équipements et infrastructures publics, composition du parc de logements, biens et services publics locaux), mais aussi l'environnement institutionnel. Le projet s'articule autour de deux axes principaux : (i) quel est le rôle des aménités et des infrastructures sur les conditions économiques et les interactions sociales locales ? (ii) quels sont les liens entre cohésion sociale, contexte économique et institutionnel, et conditions économiques locales ? Il s'agit ici d'une part d'évaluer si davantage de cohésion sociale se traduit par de meilleures conditions économiques, et d'autre part, d'étudier l'influence des conditions économiques sur la cohésion sociale. Pour répondre à ces questions, le projet utilise des méthodes d'économétrie appliquée, visant à établir des liens de causalité entre les éléments étudiés. Le projet s'appuie sur diverses bases de données détaillées et localisées assez précisément (par exemple, au niveau du quartier), issues d'enquêtes nationales ou encore de sources administratives.

Résultats majeurs

Concernant le premier axe, le travail se concentre sur l'effet du programme national de rénovation urbaine (PNRU) sur différentes variables permettant de rendre compte des conditions économiques locales ou de la cohésion sociale. Un premier travail conclut que le PNRU n'a pas eu d'effet significatif sur les prix de l'immobilier résidentiel privé. D'autres travaux sont en cours pour tenter de mesurer l'effet du PNRU sur la délinquance et la criminalité, mais aussi sur les comportements électoraux. Pour le moment, les avancées sont plutôt d'ordre méthodologique, avec la construction de bases de données adaptées à ces questions, notamment une série de données sur la criminalité à l'échelle des circonscriptions de sécurité publique depuis le milieu des années 1990. Un travail de collecte de données électorales sur les 50 dernières années, à l'échelle des bureaux de vote, est également en

cours, et pourra donner naissance à plus long terme, à une base de données ouverte pour la recherche. Concernant le deuxième axe, un travail en cours montre que les voisins jouent un rôle dans le choix d'orientation scolaire après la 3^e, en particulier sur la décision d'aller vers des filières professionnelles. Ces résultats suggèrent que la ségrégation sociale des quartiers de résidence peut contribuer à renforcer la ségrégation sociale entre filières générales et professionnelles. Ce projet a également pu donner naissance à de nouvelles collaborations, et donc à des travaux qui n'étaient pas prévus initialement, sur le rôle des institutions. Par exemple, des résultats obtenus dans le contexte du Danemark, mettent en évidence l'effet négatif de l'incarcération sur le parcours criminel et sur la trajectoire professionnelle des individus, qui sont des indicateurs importants de cohésion sociale.

Production scientifique et valorisation

Chareyron S., *et al.* (2022) Externalities from urban renewal: evidence from a French program, *Regional Science and Urban Economics*, vol. 95, p. 103789.

Hémet C. (2020) Unemployment and Crime Victimization: A Local Approach, *CEPR discussion paper* n°14947.

Michel B., Hémet C. (2022) Custodial versus non-custodial sentences: Long-run evidence from an anticipated reform, *CEPR discussion paper* n°15047.

Autres valorisations

Ce projet a donné lieu à une dizaine de communications orales, l'organisation d'un colloque pluridisciplinaire « Effets de voisinage et interactions locales », la mise en place d'un projet collaboratif pluridisciplinaire « Villes, Histoire, Société », la rédaction et la soutenance d'une HDR.

Début du projet : 2018 | Durée : 72 mois

Financement : 165 064 €

Coordination

Camille Hémet – École d'économie de Paris –
camille.hemet@psemail.eu

Enfants de différentes origines jouant au football dans le quartier.

© Shutterstock.



TerrHab

De l'habitabilité à la territorialité (et retour) : à propos de péri-urbanités, d'individus et de collectifs en interaction

Rappel des objectifs

Bien que de plus en plus occupées et convoitées, les périphéries des villes sont dénoncées comme la moins bonne façon d'habiter collectivement les territoires. La recherche vise à analyser cette contradiction, entre pratiques individuelles et discours aménagistes collectifs, à partir d'une approche compréhensive de l'habitabilité des espaces périurbains. Elle fait l'hypothèse que ces territoires décriés inventent d'autres arts de vivre de proximité, leur reconnaissance se heurtant à l'incapacité à donner une intelligibilité à cette forme d'habitabilité. Avec cette visée critique des catégories spatiales de l'urbanisation, il s'agit d'analyser la production de modes d'habiter issus des pratiques spatiales émergentes, d'observer les stratégies individuelles pour comprendre les effets collectifs et identifier la production territoriale qui en est issue ; autrement dit de comprendre le rapport entre territorialité et habitabilité.

Le projet a mobilisé des approches interactionnistes et pragmatiques en privilégiant des postures micro et centrées sur les individus pour mettre en évidence le lien entre pratiques d'habiter et dispositifs collectifs. Le collectif de recherche multidisciplinaire (géographie, aménagement, sociologie, sociolinguistique, architecture), a exploré quatre chantiers : mobilité, civilité/convivialité, activités récréatives de nature, entre-lieux, en mobilisant des enquêtes sensibles et in situ : entretiens embarqués, immersions, observations anthropologiques, analyses du paysage.

Résultats majeurs

Les approches des dimensions spatiales et sociales de l'habitabilité, mises en œuvre dans les 4 chantiers, indiquent une construction conjointe d'habitabilité et de territorialité qui invite à dépasser tout déterminisme morphologique. L'habitabilité se définit comme processus relationnel, comme forme d'interaction et, à ce titre, comme un constituant essentiel de la territorialité :

- Elle s'instaure en regard de dimensions matérielles et spatiales, mais pour autant ne peut se réduire à des conditions (équipements, en logements, confort ou espaces publics) qui composent plus justement la *vivabilité*.
- Elle se constitue dans l'action, au travers de modalités variées (appropriation, transformation) qui portent une relation personnelle et subjective à l'espace (désirs, significations et pratiques).

Les figures identifiées de l'habitabilité révèlent l'importance des interstices ainsi que l'impertinence des délimitations trop fixes :

fluidité du rapport intérieur/extérieur, continuum spatio-temporel de la territorialité mobile, construction d'un ailleurs de proximité montrent l'effacement des limites des catégories spatiales telles qu'elles sont pensées ou mises en place dans les offres sectorisées de l'aménagement et de l'architecture. Ces territorialités périurbaines font apparaître une continuité et une texture, invisibles avec les analyses morphologiques habituelles. Elles nécessitent un registre sémantique inédit, qui a conduit à formaliser un dictionnaire de néologismes.

Production scientifique et valorisation

- Fourny M.-C., Lajarge R. (dir.) (2019) Les sans mots de l'habitabilité et de la territorialité, UGA Éditions, 375 p.
- Bourdeau Ph., Mao P., Corneloup J. (2011) Les sports de nature comme médiateurs du « pas de deux » ville-montagne. Une habitabilité en devenir ? *Annales de Géographie*, n°680, pp. 449-460.
- Cailly L., et al. (2013) Lorsque la mobilité territorialise, *EspacesTemps.net*.
- Fatigato O., Celeste P., Rozenholc C. (2014) Building intermediate spaces in the composite city : Achères in the Grand Paris, in Saglamer G. (dir.) *Proceedings. EURAU14 | Composite Cities. Istanbul. European Symposium on Research in Architecture and Urban Design*, 12-15 November 2014, Université technique d'Istanbul, 12 p.
- Brès A. (2014) Train stations in area of low density and scattered urbanization, A specific rail oriented development, *Town Planning Review*, Vol 85, Number 2, pp. 261-272.
- (2015) Colloque TTT4, *Habitable, vivable, désirable. Débats sur la condition territoriale*, 25-27 mars 2015, Grenoble.
- (2016) Colloque CIST3, *En quête de territoires / Looking for territories*, 17-18 mars 2016, Grenoble.

Début du projet : 2011 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 277 964 €

Partenaires

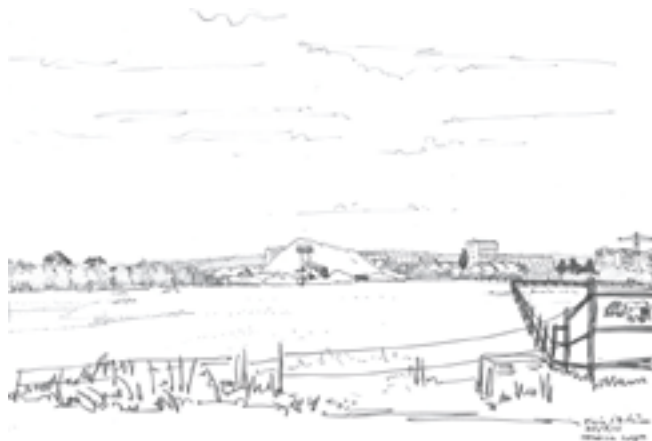
Université de Tours | Université Grenoble Alpes | École nationale d'architecture de Paris | Université d'Avignon | Université de Pau et des Pays de l'Adour

Coordination

Martin Vanier – Université Paris-Est Créteil Val de Marne
Martin.vanier@u-pec.fr

Dessin « Étangs, champs, immeubles ». Cette analyse graphique de la plaine d'Achères, qui montre la complexité paysagère d'un site périphérique s'inscrit dans la méthodologie compréhensive développée dans le chantier dit « entre-lieux ».

© Patrick Céleste, projet TerrHab.



UrbASanté

Effects of urban change on environmental exposures, health-related Behaviors and self-reported HEALTH

Rappel des objectifs

Si réaménager la ville pour répondre à des enjeux de bien-être et de santé n'est pas nouveau, l'évaluation des impacts de ces aménagements sur des comportements en lien avec la santé sont trop rares pour orienter les décisions en santé publique comme en aménagement urbain. Ces évaluations restent rares car elles nécessitent des regards croisés, entre chercheurs, acteurs opérationnels et populations au sein de projets interdisciplinaires. Ainsi, des interrogations persistent sur comment les transformations urbaines peuvent modifier l'environnement d'un quartier et, par conséquent, les comportements et la santé de ses habitants. Le projet UrbASanté vise à mieux comprendre l'impact des changements urbains (i) sur les expositions à des nuisances environnementales (pollution, bruit), (ii) sur des comportements (alimentation, mobilité active) et (iii) sur la santé (perçue, respiratoire). En s'appuyant sur un protocole *natural experiment* pour suivre les changements urbains et sociaux impulsés par un projet d'aménagement, ce projet vise à analyser les évolutions des représentations et des pratiques des habitant.es sur plusieurs années. Cela nous permet d'évaluer, *in fine*, si ces changements permettent de réduire les inégalités (par exemple état nutritionnel, bien-être) ou au contraire si ces inégalités vont augmenter dans un contexte de gentrification. L'étude est menée dans le quartier de Porte de la Chapelle (Paris, France) qui connaît de profondes mutations urbaines et concentre des populations en situation de vulnérabilité sociale.

Résultats majeurs

Le projet va permettre de mieux comprendre les relations complexes entre changements d'environnement urbain et changements de comportements dans une optique de réduction des inégalités sociales de santé. Le défi est de faire apparaître les effets des transformations urbaines, d'une façon qui puisse être exploitable par le monde opérationnel voire incorporée dans des démarches de planification urbaine et des politiques publiques en lien avec l'alimentation et la santé. Le consortium est activement engagé dans le quartier d'étude ce qui a permis de tisser des liens avec les habitants et les actrices/acteurs locaux – des liens qui ont aussi questionné l'équipe sur l'engagement du chercheur dans ce contexte. La collecte des

données via la combinaison d'approches quantitatives et qualitatives s'insère dans des démarches participatives. Ainsi, par le biais d'un partenariat avec une entreprise à but d'emploi, nous avons pu intégrer des habitants du quartier dans l'équipe de recherche en tant qu'enquêteurs et enquêtrices lors de la première phase de l'étude. Nous avons également élaboré avec et pour les habitants des ateliers pour mesurer la qualité de l'air dans le quartier. Les résultats seront diffusés dans un cadre académique comme auprès des habitants du quartier et des décideurs.

Production scientifique et valorisation

Charreire H., *et al.* (2023) A natural experiment to assess how urban interventions in lower socioeconomic areas influence health behaviors: the UrbASanté study. *BMC Public Health* 23, 498.

Ce projet a, pour l'instant, donné lieu à la réalisation de stages de recherche en Master, à des communications orales dans des conférences nationales et internationales, à plusieurs présentations vidéo et radio (disponibles sur le site urbasante.fr). Une exposition est en cours d'organisation dans différents lieux du quartier d'étude pour restituer la première phase du projet aux habitants.

Début du projet : 2022 | Durée : 48 mois

Financement : 485 055 €

Partenaires

ENPC | Université Montpellier | Université Paris Cité | Université de Caen Normandie | Sorbonne Université | Université Lyon 1 | Université de Paris Nanterre | CNRS | Ville de Paris

Coordination

Hélène Charreire – INRAE
helene.charreire@inrae.fr



Une vue de la rue de la Chapelle à Paris, avant (septembre 2019), pendant (avril 2023) et après (septembre 2023) les travaux d'aménagements.

© photo 1 : Stree View ; photo 2 : A. Leydier ; photo 3 : R. Caparros, projet UrbASanté.

Chapitre 9

FORME ET PROJETS URBAINS

Joël Idt (Lab'URBA, université Paris-Est Créteil)

Les projets de recherche regroupés dans ce volet apportent un riche éclairage sur les problématiques contemporaines de l'urbanisation, en France et en Europe, mais aussi en Asie (**SUBURBIN**, page 212, ou **SMARTECO**, page 211) ou encore en Afrique (**AFRICOOLING**, page 196, ou **GELULE**, page 203), là où les dynamiques sont les plus fortes et où se joue probablement l'urbanisation du monde de demain. Les travaux donnent à voir la manière dont est produite la ville aujourd'hui, à travers les grands projets urbains mais aussi l'urbanisation plus ordinaire, par le bas (**SUBURBIN**) ou « en diffus » (**BIMBY**, page 199, ou **GeRTrUD**, page 204). Certains abordent aussi la production urbaine à travers les systèmes techniques urbains, de l'énergie aux infrastructures de transports, en particulier au prisme de leur articulation à l'urbanisme (**IMPETUS**, page 206). Les projets de recherche donnent aussi à voir l'urbanisation à travers les pratiques ou les usages des espaces produits ou transformés : la production de la ville et de l'urbain n'est pas que matérielle, et les travaux des chercheurs, qui vont des sciences pour l'ingénieur ou de l'environnement aux sciences sociales de l'urbain, en rendent compte.

Les projets couvrent une grande partie des questions de la recherche urbaine contemporaine en lien avec l'urbanisation. Ils soulignent les problématiques environnementales qui traversent aujourd'hui la production urbaine, qu'il s'agisse des émissions de gaz à effet de serre (**AETIC**, page 195), du climat urbain (**MERUBBI**, page 207) ou encore des pollutions (**ClimAir**, page 202). Les enjeux de la transition foncière sont abordés (par exemple avec **SUBURBIN** ou **GeRTrUD**, page 204), en particulier au prisme des

politiques de lutte contre l'étalement urbain (**GELULE**, avec un croisement très fécond entre Nords et Suds). Les promesses de la *smart city* sont analysées sous cet angle (**SMARTECO**, page 211), notamment dans leur capacité à organiser la gestion commune des réseaux ou de la logistique (**HYPHES**, page 205).

La question énergétique est particulièrement présente, ce qui reflète probablement l'importance qu'elle a prise ces dernières années dans le champ urbain. Les travaux s'attachent à analyser les techniques, les usages et les pratiques (voir **TRANS-ENERGY**, page 213), mais aussi l'action publique et la planification en matière d'énergie (notamment **VITE !**, page 215 ou **ASPECT-2050**, page 198). Plusieurs projets (**AETIC** et **REHA-PARCS**, page 210) abordent la rénovation énergétique des bâtiments, problème toujours d'une grande actualité. D'autres s'intéressent aux systèmes de climatisation (**AFRICOOLING**, page 196), ou encore aux possibilités de récupération de la chaleur fatale de l'industrie ou du nucléaire (**RECUPERTE**, page 209).

Les travaux de recherche soulignent aussi, d'un autre côté, les enjeux d'inégalités et de fragmentations sociales qui marquent nos sociétés urbaines, avec des questionnements sur les formes de cohésion et de solidarité possibles, par exemple en interrogeant l'accès aux services publics dans un contexte d'austérité (**CARE**, page 201), les problématiques de santé en ville qui croisent les enjeux climatiques et sociaux (**ClimAir**) ou encore les inégalités en matière de protection patrimoniale (**PLUPATRIMONIAL**, page 208). Le potentiel d'empowerment de la société numérique est mis en débat (**CAPACITY**, page

200). Plusieurs projets abordent aussi les situations de décroissance, en France (**Altergrowth**, page 197) et en Europe (**3S RECIPE**, page 194), une situation qui concerne de nombreuses villes et agglomérations dans un continent où la croissance atteint ses limites. En s'intéressant aux « manières de rebondir », ces travaux pourraient ouvrir la voie vers de nouvelles manières de penser l'urbanisation et vers de nouvelles formes d'action sans croissance.

Parmi les approches mobilisées, on est frappé par l'importance de celles qui analysent les imbrications systémiques des sociétés et des systèmes urbains (ASPECT-2050 ou ClimAir), par exemple entre mobilités, formes urbaines, étalement urbain, marchés fonciers et gestion locale de l'énergie. Plusieurs projets font une place importante à la modélisation (MERUBBI ou VITE !). Dans d'autres, les méthodes mixtes entre quantitatif et qualitatif sont à l'honneur (Altergrowth). Les travaux croisent les échelles d'analyse, du microlocal (MERUBBI) à l'échelle régionale (VITE !) ou au-delà (par exemple, SUBURBIN à l'échelle du sous-continent indien), et abordent même aussi parfois les dimensions temporelles (**UrbaTime**, page 214).

Une part significative des travaux de recherche s'intéresse à l'action, non seulement à celle des ménages ou des entreprises dans les espaces urbains (par exemple, TRANS-ENERGY qui s'interroge sur leurs stratégies d'adaptation face à la transition énergétique) mais aussi à l'action collective. Plusieurs abordent les politiques publiques, leurs instruments et leurs limites (Altergrowth ou GELULE), en particulier celles de la planification (VITE !, PLUPATRIMONIAL ou IMPETUS) et de la régulation de l'urbanisation

(GeRTrUD). D'autres abordent aussi l'action collective au prisme des communs (CARE). Les recherches interrogent les stratégies des acteurs (UrbaTime), les conflits et les arrangements locaux (GELULE), et *in fine* les conditions de la gouvernance des transitions climatiques et environnementales. Dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement, les travaux questionnent les opérations classiques et les outils habituels d'intervention (notamment BIMBY et UrbaTime). Enfin, en plus de chercher à comprendre l'action, plusieurs projets cherchent à l'outiller. Certains aboutissent à des outils d'aide à la décision (comme IMPETUS ou encore REHA-PARCS). D'autres proposent plus largement des formes, diverses et originales, de retour réflexif de la recherche vers l'action (par exemple VITE !, BIMBY, GeRTrUD ou CAPACITY).

3S RECIPE

Smart Shrinkage Solutions - Fostering Resilient Cities in Inner Peripheries of Europe

Rappel des objectifs

L'objectif du projet est de favoriser l'émergence de solutions de décroissance intelligente des villes au sein de l'Europe. Il s'intéresse aux meilleures pratiques et aux solutions les plus réalisables permettant de gérer les effets de la décroissance urbaine - un phénomène qui concerne plus de 1 500 villes dans toute l'Europe. En tirant les leçons de l'expérience de villes en décroissance, mais qui ont su rebondir, et en partageant les éléments clés de leur succès à travers l'Europe et au-delà, ce projet propose à un grand nombre de villes en décroissance de trouver des idées pour s'adapter, se transformer et se développer malgré les circonstances souvent dramatiques et en perpétuelles évolutions.

Le projet a bénéficié de partenariats de recherche avec sept organisations et autorités locales qui disposent d'une longue expertise en matière de développement urbain, ainsi que d'un groupe de travail qui comprend un éventail de chercheurs et de professionnels de premier plan travaillant sur la décroissance urbaine, la durabilité urbaine et le développement urbain dans différents contextes culturels et disciplinaires (y compris dans des pays non européens).

Ce projet s'est appuyé sur la riche expérience des villes en décroissance étudiées, certaines en difficulté ont trouvé les moyens de rebondir. Les ingrédients clés de leur succès furent identifiés par le biais d'entretiens approfondis.

Résultats majeurs

De nouvelles connaissances importantes ont été produites sur « ce qui marche » dans le contexte des villes en décroissance et sur la manière dont les forces menant à une décroissance urbaine peuvent être inversées, afin de transformer ces villes en environnements urbains durables, vivables et économiquement résilients. Le projet détaille les stratégies du Havre, de Maastricht (Pays-Bas), Łódź (Pologne), Porto (Portugal), Timisoara (Roumanie), Zonguldak (Turquie) et Stoke on Trent (Angleterre), toutes villes en décroissance, pour s'adapter, se transformer et continuer à se développer autrement, face à des circonstances en constante évolution et souvent dramatiques. Le projet a permis non seulement de contribuer à l'élaboration de plusieurs guides de bonnes pratiques sur la manière d'aborder et de traiter la décroissance urbaine dans les villes étudiées, mais aussi de produire différents modèles de stratégies et des lignes directrices concrètes qui peuvent être adoptées, (avec une nécessaire adaptation) dans d'autres pays, y compris en dehors de l'Europe.

Les autorités locales, les maires, les conseillers municipaux, les chefs d'entreprise, les urbanistes, les organisations de la société civile, les praticiens de l'urbanisme, les activistes, les universitaires et les étudiants s'intéressant aux villes en décroissance trouveront une source d'inspiration dans les fiches de réussites du projet, intéressantes en matière de résilience urbaine et d'initiatives civiques. Des vidéo-clips de 3 minutes environ ont été réalisés par des artistes travaillant avec les chercheurs. Un documentaire de 52 minutes retrace l'avènement du Hangar Zéro au Havre, haut lieu de la transition écologique.

Production scientifique et valorisation

Cunningham Sabot E., *et al.* (2021) Villes en décroissance, Shrinking Cities, Schrumpfende Städte, Ciudades en decrecimiento, sémantique et traductions face à un nouveau régime urbain, *Revue Marketing Territorial*, 6 (Winter).

Dubeaux S., *et al.* (2020) 3S RECIPE: Le Havre (FR) Policy Brief #1 Resilient Urban Economy & Municipal Finance #2 Compact and Connected City #3 Liveability, *Zenodo*.

Cunningham Sabot E., Dubeaux S. *Hangar Zéro, faire la ville autrement / Reinventing the city*, son, mixage : L'oreille du chat, sous-titrage Vox Appeal, film de recherche, 54 mn, sous-titré Fr, En.

Des vidéo-clips détaillant des mesures mises en œuvre dans les différentes villes participant au programme. La Havre, Maastricht, Łódź, Porto, Timisoara, Zonguldak, Stoke on Trent : <https://tinyurl.com/y5armgny>

Début du projet : 2017 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 232 692 €

Partenaires

Universiteit van Amsterdam (Pays-Bas) | University of Łódź (Pologne) | Universidade do Porto (Portugal) | Universitatea de Vest din Timisoara (Roumanie) | University of Birmingham (Royaume-Uni)

Coordination

Emmanuèle Cunningham Sabot – École normale supérieure
sabot@ens.fr

Le Hangar 0 au Havre : laboratoire citoyen de la transition écologique et sociale, août 2020, LHO au premier plan à gauche.

© R. Cunningham, projet 3S RECIPE.



AETIC

Approche Economique Territoriale Intégrée pour le Climat

Rappel des objectifs

La politique climatique des pays de l'Union européenne s'appuie sur une réduction massive des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050. Cet objectif ambitieux impose de mobiliser l'ensemble des leviers d'action disponibles, notamment à l'échelle locale où des potentiels très importants existent qui ne sont pas directement accessibles par les politiques nationales. Des outils d'analyse et de modélisation existent à l'échelle nationale et internationale mais rien de tel n'était disponible, à l'heure du projet, pour l'échelle des territoires. Le projet AETIC permet de définir et mettre en œuvre une méthodologie pour la construction des politiques locales. Cette méthodologie conduit à identifier et hiérarchiser les différentes mesures puis les programmes d'action de réduction coût-efficaces. L'objectif visé est bien de rendre soutenables dans la durée des politiques climatiques de plus en plus ambitieuses, en introduisant le critère d'efficacité économique dans le choix des options à mettre en œuvre. Le terrain choisi est celui de l'agglomération grenobloise qui s'est engagée depuis plusieurs années dans la réalisation d'un plan climat traduisant une forte volonté politique sur ces questions. La démarche retenue dans AETIC est celle de la définition d'une stratégie coût-efficace et passe par la hiérarchisation des actions et la création d'un « ordre de mérite » permettant de comparer les résultats et les coûts des différentes actions, dans 3 scénarios : concentration urbaine (densification), renforcement multipolaire, expansion urbaine (étalement).

Résultats majeurs

Le projet AETIC montre que les potentiels de réduction d'émissions identifiés sur l'agglomération de Grenoble à l'horizon 2030 permettraient d'atteindre un objectif de réduction de l'ordre de 50 % par rapport aux émissions de l'année 2010 (soit environ 700 kt de CO₂). Le principal potentiel de réduction se situe dans le secteur du bâtiment et en particulier dans le parc ancien chauffé au fioul ou au gaz. Dans cette partie du parc de bâtiments, les options de rénovation thermique ou de remplacement des énergies de chauffage sont disponibles à des coûts inférieurs à 200 €/t. Pour les réseaux de chaleur, également, la substitution des énergies fossiles par la biomasse représente un potentiel significatif à des coûts favorables. Pour les transports, l'évaluation des coûts est plus complexe en raison de l'existence d'externalités importantes. Les coûts obtenus se situent plutôt dans une fourchette

haute, à l'exception du covoiturage qui apparaît comme une mesure potentiellement efficace, mais dont la mise en œuvre reste incertaine. Pour un objectif de réduction supérieur à 50 % par rapport à 2010, les coûts marginaux dépassent 500 €/t, mais l'ensemble des bénéfices du développement des transports collectifs reste difficile à chiffrer. Le projet confirme la pertinence de la démarche basée sur la construction de courbes de coût marginaux de réduction pour l'élaboration de politiques climatiques coût-efficace et peut être appliquée dans d'autres configurations urbaines. Il constitue par ailleurs la première application réussie du modèle TRANUS en France avec la représentation du fonctionnement du système usage des sols-transport de l'agglomération de Grenoble.

Production scientifique et valorisation

Criqui P., et al. (2013) Pour une approche économique dans l'élaboration des politiques climatiques locales : AETIC - *Rapport de synthèse*. [Rapport de recherche] LEPII - EDDEN (coordinateur). 2013, 92 p.
 Criqui P., et al. (2010) Quels outils pour éclairer les décisions des collectivités locales dans le domaine du climat ? in Carassus J., Duplessis B. *Economie et développement urbain durable*, Presses des Mines, pp. 19-39.
 Criqui P., Saujot M. (2013) Construire une politique climatique locale coût-efficace : le projet AETIC. *ECOCITY World Summit*, 25-27 septembre 2013, Nantes.
 Bougnoux B. (2012) Comment atteindre le facteur 4 sur l'agglomération de Grenoble ? Premiers résultats de la recherche AETIC dans le secteur du bâtiment, *Journée thématique PREBAT 2, Atteignons-nous le « facteur 4 » dans l'habitat en 2050 ? Ce qu'en dit la recherche : enseignements et limites des modèles prédictifs*, juin, Paris.

Début du projet : 2010 | Durée : 36 mois

Financement : 599 920 €

Partenaires

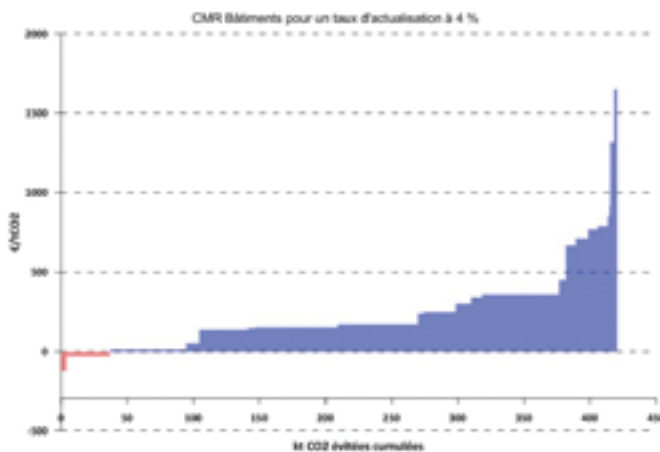
ENERDATA | HDDRI | CSTB | VEOLIA | CNRS

Coordination

Patrick Criqui – CNRS

patrick.criqui@upmf-grenoble.fr

Courbe d'offre de réductions d'émission dans le secteur du bâtiment (logements).
 © Projet AETIC.



AFRICOOLING

Trajectoires soutenables pour la climatisation en Afrique

Rappel des objectifs

Malgré des bénéfices substantiels pour la santé, la climatisation génère des émissions de gaz à effet de serre, créant ainsi une boucle de rétroaction néfaste pour le système climatique. L'expansion de la climatisation pourrait prendre un tournant décisif sous l'effet conjugué du réchauffement climatique, de la hausse des revenus et de l'urbanisation. Ces facteurs sont particulièrement vigoureux dans les pays africains. Pour évaluer les enjeux associés, le projet AFRICOOLING propose de documenter la dynamique du marché de la climatisation en Afrique.

Du côté de la demande, la recherche sur l'adoption de la climatisation s'est limitée aux déterminants climatiques. D'autres facteurs importants tels que la santé, les comportements, les attitudes, la tarification de l'électricité et l'effet dynamique des vagues de chaleur doivent néanmoins être pris en compte. Pour lever ce verrou, des enquêtes de ménages seront conduites à Abidjan en Côte d'Ivoire. Du côté de l'offre, la recherche s'est concentrée sur les ajustements de long terme du prix et de l'efficacité des climatiseurs aux États-Unis. Afin d'étendre ce périmètre, nous avons constitué une base de données à haute fréquence de produits de froid dans 13 pays africains en 2019. Au niveau des politiques publiques encadrant la climatisation, les instruments traditionnels tels que les labels d'efficacité énergétique sont peu documentés en Afrique. En revanche, des politiques non conventionnelles comme les barrières à l'importation d'équipements d'occasion ont été documentées au Ghana. Une analyse plus systématique des politiques africaines de climatisation est en cours afin d'identifier les facteurs d'efficacité des politiques.

Résultats majeurs

Sur le volet demande, à partir des statistiques nationales, on évalue le taux de possession des climatiseurs à 1 % en Côte d'Ivoire et à 5 % à Abidjan. Une enquête préliminaire réalisée auprès de *key informants*

(personnel médical, fonctionnaires, ingénieurs, représentants de compagnies d'électricité, etc.) à Abidjan indique que l'adoption se fait principalement en réaction aux vagues de chaleur, et concerne la grande majorité des quartiers de la ville. Des incertitudes demeurent quant au potentiel d'adoption futur, qui doit être estimé lors des enquêtes de terrain ultérieures.

Sur le volet offre, l'analyse des données *e-commerce* dans 13 pays africains suggère que l'efficacité énergétique des modèles mis en vente est relativement faible. De plus, cette information est rarement disponible sur les pages web des produits, ce qui peut s'avérer être un frein à l'adoption de produits énergétiquement efficaces.

En termes de politiques publiques, une analyse des instruments disponibles à l'échelle du continent révèle que seuls quelques pays (le Ghana notamment) disposent de labels d'efficacité énergétique. Les programmes de subvention pour l'achat de climatiseurs efficaces sont par ailleurs quasiment inexistantes.

Début du projet : 2022 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 333 742 €

Partenaires

IGE, Université Grenoble Alpes | Cirad | IRD | INRAE | Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire) | World Bank (États-Unis) | University of Nairobi (Kenya) | EDI (Royaume-Uni)

Coordination

Louis-Gaëtan Giraudet – UMR 8568 CIRED, École des Ponts Paritech
louis-gaetan.giraudet@enpc.fr



Photo de climatiseurs à Abidjan.
© F. Ochou, projet AFRICOOLING.

Altergrowth

Politiques urbaines alternatives pour les villes en déclin

Rappel des objectifs

Depuis quelques années, la question de la décroissance des villes connaît un net regain d'intérêt dans les travaux de recherche en sciences sociales. Au départ limitée aux anciennes villes industrielles, la décroissance urbaine – comprise a minima comme la baisse de la population d'une ville – s'est généralisée sous l'effet du développement inégal, de l'étalement urbain et plus récemment de la crise économique. Elle constitue aujourd'hui, à côté de la croissance galopante des mégalo-poles, l'une des facettes des processus d'urbanisation. L'objectif de ce projet est triple. Il s'agit de rendre compte des processus de décroissance urbaine en les décomposant, de comprendre la manière dont ce problème a été mis à l'agenda aux échelles nationales et locales, d'analyser les politiques publiques qui sont élaborées et mises en œuvre pour y répondre.

Le projet s'appuie sur une méthode mixte mêlant analyses qualitatives et quantitatives. Les analyses quantitatives seront réalisées sur l'ensemble des bases de données pertinentes (recensement, régime de responsabilité des gestionnaires publics [RGP], SIRENE, échantillon démographique permanent [EDP], etc.), tandis que les enquêtes qualitatives donnent lieu à des entretiens semi-directifs et à des analyses de documents.

Résultats majeurs

Le projet a montré que les processus de décroissance s'étaient amplifiés au cours des dernières décennies sous l'effet combiné des restructurations économiques et du retrait territorial des États. Face à cette situation et en raison de la lenteur de l'émergence du problème sur l'agenda national, les acteurs locaux des villes en décroissance, notamment en France, apparaissent souvent démunis d'outils permettant de gérer les situations de déclin. Dans de nombreux cas, les coalitions d'acteurs locaux mettent en place des politiques de démolition visant à adapter le cadre bâti à la nouvelle taille de la ville. Parfois, ces politiques

s'accompagnent de dispositifs plus innovants, par exemple dans le domaine de l'agriculture urbaine ou des énergies renouvelables.

Production scientifique et valorisation

Béal V., et al. (2021) *Déclin urbain. La France dans une perspective internationale*, Éditions du Croquant, 480 p.

Rousseau M., Béal V. (2021) *Plus vite que le cœur d'un mortel. Désurbanisations et résistances dans l'Amérique abandonnée*, Éditions Grevis, 256 p.

Béal V., et al. (2020) *Sociologie de Saint-Étienne*, La Découverte, 128 p.

Béal V., et al. (2017) *Villes en décroissance/Shrinking cities, Métropolitiques*, dossier spécial.

Le projet a donné lieu au financement de plusieurs thèses (sur la dimension démographique de la décroissance, sur les pratiques des bailleurs sociaux dans les territoires en décroissance, sur les politiques dans les villes moyennes) et de nombreux partenariats (FOPH, PUCA, etc.). Ces principaux résultats ont été consignés dans un blog de recherche hypothèse : <https://alterpo.hypotheses.org/>

Les travaux menés sont aujourd'hui poursuivis par une partie de l'équipe dans le cadre d'un projet international ORA/ANR analysant de manière comparée les territoires « délaissés » (left-behind places) : <https://research.ncl.ac.uk/beyondleftbehindplaces/>

Début du projet : 2014 | Durée : 48 mois

Financement : 198 501 €

Coordination

Vincent Béal – Université de Strasbourg

vbeal@unistra.fr

Centre-ville en déclin,
Saint-Étienne.

© M. Rousseau, projet
ALTERGROWTH.



ASPECT 2050

Approche systémique pour les Plans Climat Energie Territoriaux : mise en perspective 2050

Rappel des objectifs

Au début de l'an 2000, les enjeux du changement climatique commencent à s'inviter dans les débats sur la planification territoriale. Au niveau national, dès 2003, l'objectif de la neutralité carbone à l'horizon 2050 s'impose. Un nombre croissant de collectivités territoriales se saisit de ces enjeux et cherche à les concrétiser au sein de plans climat-énergie territoriaux (PCET), précurseurs des actuels plan climat-air-énergie territorial (PCAET). La loi impose leur élaboration pour les communes de plus de 50 000 habitants et renforce leurs liens avec les documents d'urbanisme. Elle incite à un changement d'échelle vers les bassins de vie, en lien avec les mobilités quotidiennes.

Dans ce contexte, le projet ASPECT 2050 part de l'hypothèse qu'une meilleure connaissance des interactions entre formes urbaines, mobilité et gestion de l'énergie permettra de définir des politiques publiques adaptées aux nouveaux enjeux de la planification territoriale et propose une méthode et des outils pour accompagner l'élaboration de ces politiques. La méthode proposée insiste sur l'importance d'opérer un diagnostic du territoire révélant les dynamiques sociospatiales et de construire une vision stratégique de l'évolution de ce territoire. Elle s'accompagne d'une hiérarchisation des indicateurs permettant de mieux maîtriser les liens entre les actions conduites et leurs effets à moyen-long terme. En s'appuyant sur les cas d'étude des agglomérations de Lyon, Mulhouse et Dunkerque, elle débouche sur la formulation du cahier des charges d'un outil d'aide à la décision.

Résultats majeurs

Les travaux menés ont permis d'identifier quatre principales interactions impactant fortement les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre (GES) à l'échelle urbaine : (i) les formes urbaines et la mobilité, (ii) l'accessibilité et l'étalement urbain, (iii) les marchés fonciers et l'étalement urbain, (iv) la forme urbaine et la gestion locale de l'énergie.

Ces travaux montrent en particulier qu'une plus forte articulation entre les politiques de logement et de planification urbaine d'une part, les politiques de transport d'autre part, peuvent contribuer à la réduction des émissions de GES. Le schéma conceptuel retenu propose un ensemble hiérarchisé et cohérent d'indicateurs et d'actions, allant des

actions élémentaires à une politique globale de limitation des émissions de GES en passant par des politiques sectorielles.

Ce projet, auquel l'Ademe a été associé via un comité de pilotage, a permis l'élaboration d'un guide méthodologique, qui a contribué à la rédaction du décret n° 2016 - 849 relatif aux Plans Climats, notamment pour ce qui est de la mise en exergue de l'importance du diagnostic territorial.

Il a donné lieu à plusieurs publications ainsi qu'à des outils de planification énergétique et, pour les laboratoires académiques, au logiciel *Land Use Transport Interaction (LUTI) MUST B* répondant au cahier des charges élaboré dans le cadre du projet et développé notamment par S. Zerghini et N. Gaussin de l'université de Bordeaux avec comme territoire applicatif la région Aquitaine.

Production scientifique et valorisation

Laterrasse J., *et al.* (2012) Modèle de Prédiction de l'Occupation du Sol pour la Prospective Energétique et les émissions des GES à l'échelle de l'agglomération, *11^e séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports*, 23-27 mai 2012, Karlsruhe, Allemagne.

Aulagnier S., *et al.* (2011) Systemic Approach for Climate Energy Plans at the Territory scale, *ECEEE 2011 Summer study*, 6-11 juin 2011, Presqu'île de Giens, France, 8 p.

Heyder M., *et al.* (2012) Climate Change Actions in the urban context: a Tool for decision Maker, *29^e Conférence System Dynamics*, St. Gallen, Suisse.

Laterrasse J. (2019) *Search of Transport and Town Planning, The City in Sustainable Development*, ISTE Ltd and John Wiley & Sons Inc, 328 p.

Début du projet : 2009 | Durée : 36 mois
Financement ANR : 655 203 €

Partenaires

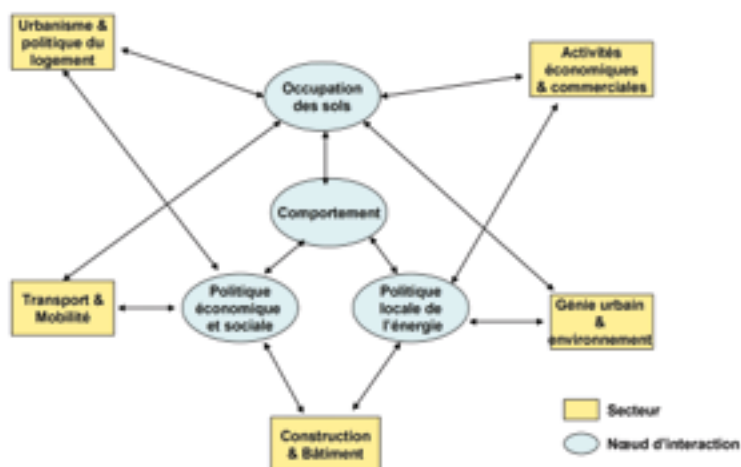
ISEE | European Institute for Energy Research | EGIS | CSTB | ENPC | International Consulting on Energy | Traces Urbains

Coordination

Jean-Marie Côme – BURGEAP
 jm.come@burgeap.fr

Schéma simplifié des interactions retenues pour l'élaboration du modèle conceptuel.

© Source : Laterrasse (2019), projet ASPECT 2050.



BIMBY

Stratégies de densification des tissus pavillonnaires

Rappel des objectifs

L'analyse scientifique urbaine peine à intégrer l'importance de la construction individuelle en diffus (3/4 des logements individuels produits chaque année). L'urbanisme opérationnel n'est pas en mesure de faire évoluer les tissus pavillonnaires existants à hauteur du potentiel vertueux qu'ils recèlent. L'objectif est donc de mobiliser la filière diffuse de construction de logements individuels en la mettant au service des stratégies de développement urbain, pour les réorienter de l'étalement vers le renouvellement. Une série de dynamiques sont mises en synergie, en formulant le cadre d'une nouvelle filière et ses divers intérêts stratégiques (y compris sociaux et économiques) et par l'élaboration de méthodes d'analyse, de conduite de projet, d'outils de régulation et de solutions concrètes. Ces résultats renouvellent les connaissances et les pratiques au plan scientifique, technique et culturel, constituant une voie globale et intégrée de réalisation de la ville durable. Le potentiel (gisement) en filière courte de construction en tissus pavillonnaires existants, à différentes échelles, aux plans morphologique, politique, social, économique a été analysé. Des expérimentations avec des collectivités locales ont permis d'identifier des solutions constructives, architecturales, urbaines. Des enjeux complexes d'aménagement urbain restant à investir ont été mis en évidence. Des outils sociojuridiques et réglementaires de régulation et de maîtrise de la filière ont été élaborés.

Résultats majeurs

Les tissus pavillonnaires existants recèlent un gisement foncier pour le logement individuel susceptible de contrecarrer l'étalement urbain, dans des espaces bien situés par rapport aux centralités urbaines. Il est possible d'y favoriser et d'encadrer une filière de renouvellement urbain en mettant en œuvre des méthodes et des outils innovants. Les autres pistes sont notamment :

- la socio-économie : la contribution de cette filière au logement abordable ;
- la démocratie locale : sa capacité à répartir le pouvoir foncier à une part plus importante de la population et à impliquer les habitants dans la conception de l'évolution de leur quartier ;
- l'ingénierie territoriale : l'intégration de la démarche dans divers modes d'actions et de régulation des collectivités territoriales (des schémas de cohérence territoriale [SCoT] aux plans locaux d'urbanisme [PLU] en passant par les programmes locaux de l'habitat [PLH], les chartes des parcs nationaux régionaux [PNR], etc.

La marque collective simple BIMBY permet à tous les acteurs de poursuivre les travaux. Un programme de recherche du PUCA sur la densification douce a été engagé. Des travaux de R&D inspirés par le projet BIMBY sont menés par des acteurs de terrain comme Villes Vivantes et des collectivités pionnières, avec des premiers prototypes d'opération BIMBY (Ville de Périgueux, Communauté Urbaine Creusot Montceau, SCoT des Vosges Centrales) initiant un mouvement pour un urbanisme croisant des approches *top down* et *bottom up*. Le colloque Organic Cities organisé par Villes Vivantes et Sciences Po en janvier 2024 est également une suite.

Production scientifique et valorisation

Miet D., Le Foll B. (2013) Construire dans son jardin et résoudre la crise du logement, *Metropolitiques*.

Miet D. (2012) L'architecture du projet de recherche BIMBY, *Cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, pp. 219-224.

Touati A. (2012) L'habitant maître d'ouvrage. Au cœur de la densification pavillonnaire, *Études Foncières*, 157, pp. 34-39.

Sabatier B., Fordin I. (2012) Densifier le pavillonnaire, *Études Foncières*, 155, pp. 12-16.

La vidéo <https://www.youtube.com/watch?v=dPS9IA-l2As> présente en détail le projet de recherche BIMBY.

Début du projet : 2009 | Durée : 36 mois

Financement : 865 240 €

Partenaires

Cerema Île-de-France | ENPCI Université Gustave Eiffel | CAUE Eure-et-Loir | ENSA Paris-Belleville | ENSA Marseille | ENSA Normandie | Communauté d'agglomération de Saint-Quentin-en-Yvelines | Communauté Agglo Rouen Elbeuf Austreberthe

Coordination

Bruno Sabatier – CETE - Cerema Normandie-centre
Bruno.nc.Sabatier@developpement-durable.gouv.fr



Illustration d'un projet BIMBY.
© R. Crestin, projet BIMBY.

CAPACITY

Building capacities to transform existing residential subdivisions into smart and robust ecosystems

Rappel des objectifs

L'habitat individuel est le mode de vie privilégié des Européens. La filière diffuse et celle du lotissement peuvent alimenter l'étalement urbain ou, sur des fonciers interstitiels ou subdivisés, être des outils pour faire la ville sur la ville. En périurbain élargi, la création de terrains à bâtir est à la fois importante et contraire aux impératifs d'intensification. Près des cœurs de ville, la production de terrains et de logements neufs sur des terrains déjà bâtis peut alimenter une offre nouvelle non génératrice d'étalement urbain. Le périurbain apparaît comme un ensemble d'espaces en transition, dans la forme et dans les mentalités. Comment relever les défis de cette transition ? Le périurbain peut-il être la base d'écosystèmes urbains dans lesquels hommes et nature cohabitent durablement ?

L'hypothèse est que l'une des conditions clés pour envisager ces transformations est la construction de compétences collectives, partagées entre les acteurs institutionnels, les professionnels de l'urbain et les habitants. Pour mettre à l'épreuve ce questionnement, les équipes de recherche expérimentent dans chaque pays la création d'espaces de négociation et d'apprentissage mutuels entre des intérêts individuels, des intérêts collectifs et des intérêts communs, de manière à ce que les compétences individuelles et collectives des différents acteurs soient connues, reconnues et mises au service les unes des autres.

Résultats majeurs

Le partenariat entre les équipes universitaires et les structures professionnelles a montré l'émergence de nouveaux métiers dans le domaine de l'architecture, du design et de l'urbanisme, croisant des compétences techniques et relationnelles. Par exemple, la première étape de la démarche BIMBY développée par le LIV s'appuie sur deux outils conceptuels : la narration et la projection. Au travers d'entretiens individuels, les chercheurs BIMBY (architectes ou urbanistes de formation) se mettent à l'écoute du récit de vie de l'habitant. Dans cette narration, s'immisce la projection : la mise en acte du récit par la production de scénarios modélisés en 3D. Le chercheur met en scène les intentions de projet exprimées par l'habitant au moyen de la visualisation 3D. Le modèle créé devient support de discussion évolutif entre l'habitant et le chercheur

Les expérimentations ont mis en évidence des déclencheurs d'action par échelle de projet et des protocoles d'action pouvant être répliqués

dans d'autres situations. Pour rendre possible un processus de densification douce, le LIV développe une approche à l'échelle de la commune, déclinée à la parcelle en interaction avec les stratégies patrimoniales et familiales de chaque habitant porteur de projet. À La Clairlande, il s'agit de révéler la capacité d'agir des groupes d'acteurs locaux, qui peuvent constituer de véritables instances de débat démocratique. L'approche à l'échelle du lotissement montre de quelle manière des intérêts individuels (préserver ou transformer son cadre de vie) peuvent rejoindre l'intérêt général (injonction à la densification) à partir du moment où un projet collectif (densification douce) est coconçu par le groupe.

Production scientifique et valorisation

Serre M., Vigneron R. (2021) Le capacity building ou comment construire sa place à travers la construction de compétences collectives, *Territoire en mouvement, Revue de géographie et aménagement*, pp. 48-49.

Vigneron R., et al. (2018) BIMBY modeling civic empowerment and the invention of a new profession, in Devisch O., Huybrechts L., De Ridder R. (dir.) *Participatory design theory. Using Technology and social media to foster civic engagement*, Éditions Routledge.

Serre M., et al. (2019) Suburban renewal: perspectives from Belgian, Danish and French cases, in *Kult-ur*, 6, 12, pp. 103-134.

Serre M., Vigneron R. (2018) Quels projets pour des espaces périurbains en transition ? » in Deboudt P. et al. *Que reste-t-il du projet ? Approches, méthodes et enjeux communs*, Actes du colloque des 20^e rencontres internationales en urbanisme de l'APERAU (Lille).

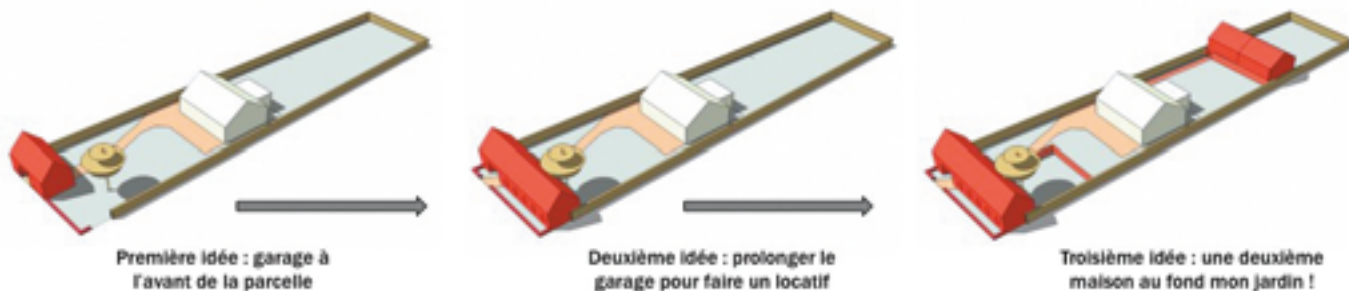
Début du projet : 2017 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 114 500 €

Partenaires

École d'architecture de Marseille | Laboratoire Project[s] |
 Université de Hasselt | Université de Roskilde

Coordination

Oswald Devisch – UHASSELT
 oswald.devisch@uhasselt.be



Exemple d'évolution d'un modèle 3D au cours d'un entretien BIMBY.
 © LIV, projet CAPACITY.

CARE

Commoning et transformation spatiale dans le contexte de l'urbanisme d'austérité.

Rappel des objectifs

CARE aborde le débat émergent sur les biens communs urbains en mettant l'accent sur leurs impacts sur les politiques urbaines et sur la rénovation des bâtiments publics.

La recherche se concentre sur les politiques d'aliénation et de valorisation des biens immobiliers municipaux dans les villes européennes, depuis la normalisation des restrictions dues à l'austérité suite à la crise économique de 2008. Depuis les dix dernières années, nous observons l'émergence croissante de politiques expérimentales dont l'objectif est d'optimiser le patrimoine public municipal. Certaines sont vouées à la cession du patrimoine, tout en gardant des objectifs de maîtrise partielle des usages qui en seront faits. D'autres confient la gestion et parfois la transformation physique des bâtiments publics, à des groupes de citoyens.

Une première hypothèse est que ces politiques révèlent les conséquences spatiales de l'urbanisme d'austérité, entendu comme une réduction des budgets publics à la faveur de nouveaux cycles d'innovation, dans les domaines de l'externalisation et de la privatisation des services publics urbains (Peck 2012). La deuxième hypothèse est que ces politiques produisent, plus ou moins directement, des processus de *commoning* entendus comme un processus conflictuel d'extraction de « certains éléments de l'environnement en dehors du marché » (Havery, 2012). Ces processus de *commoning* à l'échelle de bâtiments auraient un impact sur la capacité des acteurs de produire de nouvelles formes de ménagement de l'espace (Tronto, 2020) en recyclant la ville existante et en veillant à son entretien.

Il s'agit de s'intéresser en particulier à : (i) l'évolution des politiques publiques d'aliénation et valorisation des biens immobiliers municipaux et les formes de partenariat public-privé associées dans un contexte international ; (ii) de comprendre comment ces politiques impactent la production urbaine et architecturale ; (iii) de définir et d'approfondir les caractéristiques des projets orientés aux processus de *commoning* et leurs pratiques de ménagement de l'espace.

CARE est basé sur une approche interdisciplinaire. La principale orientation méthodologique du projet est l'articulation entre ethnographie et analyse spatiale. L'équipe de recherche est composée de

chercheurs internationaux en architecture, urbanisme, sociologie, géographie, droit et anthropologie. L'enquête est fondée sur une comparaison entre des villes de France, d'Italie et d'Espagne. Ces pays semblent être en première ligne des innovations tant dans le domaine de l'austérité que dans le domaine des communs urbains. Un premier panel de villes (Grenoble, Nantes, Bologne, Turin et Barcelone) a été sélectionné selon deux critères principaux : l'existence d'outils de transformation spatiale par le *commoning* et l'implication historique des citoyens dans les transformations urbaines. Les données recueillies dans ces villes produiront une grille d'analyse qui servira de base à la création d'un inventaire et sera testée par de courtes immersions, sur une sélection de cas d'étude dans d'autres villes. L'inventaire sera composé de données quantitatives et de descriptions visuelles (cartographies, « biographies » de bâtiments, capsules vidéo et photographies).

Résultats majeurs

CARE apportera de nouvelles connaissances dans trois grands domaines scientifiques : (i) l'urbanisme, à travers la question de la participation des citoyens à de la transformation des services publics urbains ; (ii) l'architecture, à travers la question du recyclage, du soin et de la maintenance des bâtiments publics ; (iii) les études urbaines, à travers l'approche critique du développement néolibéral et de ses alternatives. À court et moyen termes, le projet contribuera au débat politique et social sur les biens communs urbains en discutant du rôle du *commoning* dans les politiques urbaines européennes.

Début du projet : 2023 | Durée : 36 mois

Financement : 240 026 €

Coordination

Federica Gatta – Université Grenoble Alpes

federica.gatta@univ-grenoble-alpes.fr

Photo du parc Jean-Verlhac, Grenoble, 2019.
© F. Golya, projet CARE.



ClimAir

Approche systémique pour les Plans Climat Energie Territoriaux : mise en perspective 2050

Rappel des objectifs

Les principales sources d'émissions de gaz à effet de serre (GES) contribuent aussi à la pollution de l'air. Les transports par exemple favorisent la production d'aérosols et d'ozone. Le changement climatique et la pollution atmosphérique sont donc étroitement liés. Ces problématiques ont un impact sur le bien-être, la santé humaine et la mortalité, et induisent des coûts économiques et des injustices sociales.

L'objectif de ClimAir est d'évaluer, par une approche interdisciplinaire, des scénarios d'atténuation des émissions de GES et de la pollution atmosphérique, ainsi que des scénarios d'adaptation au changement climatique qui préservent la qualité de l'air. La métropole de Grenoble est considérée. Les scénarios considérés concernent : (i) la réduction des émissions de GES dues à la mobilité et au secteur résidentiel, (ii) des mesures d'adaptation lors d'épisodes caniculaires, via la planification urbaine, comme le verdissement des villes et l'augmentation de leur albédo. L'impact de ces scénarios sur la santé et les coûts et bénéfices économiques associés seront évalués et quantifiés. L'impact socio-économique de ces scénarios sera également étudié, au travers du choix de localisation résidentielle en résultant et des inégalités sociales induites. Un autre objectif de ClimAir est de fournir des recommandations pour des politiques publiques cohérentes en termes de pollution et d'émissions de GES, qui soient à la fois efficaces d'un point de vue environnemental et économique et qui prennent en compte les questions sociales.

Le projet est organisé en six tâches (T). T1 apporte les projections climatiques au cours du XXI^e siècle, avec un focus autour de 2050 et 2070. Une descente d'échelle est effectuée vers la région Auvergne-Rhône-Alpes dans T2 et vers l'agglomération grenobloise dans T3. T2 est dédiée à l'analyse des scénarios d'atténuation de la pollution atmosphérique. T3 considère l'effet de scénarios d'adaptation sur la

température et la pollution atmosphérique durant des épisodes caniculaires. L'objectif de T4 est d'estimer quantitativement l'impact de ces scénarios sur la santé. Dans T5 sera menée une analyse coût-bénéfice des scénarios et de leur impact socio-économique. T6 porte sur des scénarios de rétroaction de T5 vers les autres tâches.

Parmi les résultats attendus figure l'impact du verdissement de la métropole grenobloise (arbres, toits végétalisés) sur la température en période caniculaire. La moyenne annuelle des particules fines en région Auvergne-Rhône-Alpes autour de 2050 sera estimée pour plusieurs scénarios de réduction des émissions régionales. L'impact sanitaire de chaque scénario (adaptation ou réduction) sera déterminé en termes de mortalité et de morbidité, avec une attention particulière aux personnes vulnérables. Des résultats socio-économiques inédits sur l'impact de la pollution de l'air et du changement climatique et des politiques associées sur les choix de localisation résidentielle seront obtenus.

Début du projet : 2022 | Durée : 48 mois

Financement ANR : 575 447 €

Partenaires

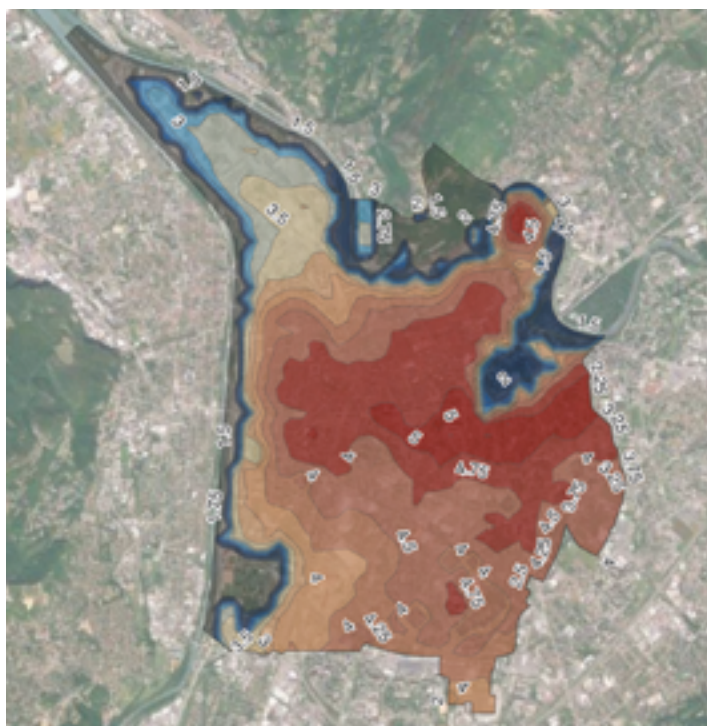
Inserm | INRAE | CNRS | Atmo Auvergne-Rhône-Alpes | National Center for Atmospheric Science (Royaume-Uni)

Coordination

Chantal Staquet – Université Grenoble Alpes
Chantal.Staquet@univ-grenoble-alpes.fr

Modélisation de l'îlot de chaleur urbain dans la ville de Grenoble durant un épisode caniculaire en août 2018 à l'aide du modèle *Weather Research and Forecast* (WRF) et du module *Building Effet Parameterization* (BEP) ; les valeurs numériques indiquent l'intensité de l'îlot de chaleur urbain (jusqu'à 5°C au cœur de la ville).

© J. Gabeiras, projet ClimAir.



GELULE

Géopolitique de la Lutte contre l'Étalement Urbain

Rappel des objectifs

La lutte contre l'étalement urbain peut être interprétée et mise en œuvre de diverses manières. Elle s'incarne notamment dans la diffusion internationale d'un ensemble de mesures variées, aux effets parfois imprévus, voire contradictoires. Par ailleurs, dans cette diversité se logent de nombreuses possibilités de servir certains intérêts plutôt que d'autres, de construire des compromis ou de cristalliser des oppositions. L'analyse menée par GELULE mobilise une approche géopolitique pour analyser tant les *inputs* que les *outputs* de la lutte contre l'étalement urbain. Il examine également ce que peut être le droit à la ville pour des habitants d'espaces « entre-deux ». Pour investiguer ces questionnements, GELULE propose de contextualiser et comparer la lutte contre l'étalement urbain en analysant quatre terrains contrastés. Cette approche permet de prendre en compte l'ensemble des échelles de diffusion et de mise en œuvre (internationale, nationale, locale) de la lutte contre l'étalement urbain. Afin d'affiner l'analyse de la diffusion, de la réception et des effets de la lutte contre l'étalement urbain, l'approche géopolitique mise en œuvre par GELULE s'appuie notamment sur quatre études de cas approfondies, au Maroc (à Rabat et Casablanca) et en France (à Lyon et Saint-Étienne). Cette méthode s'inscrit dans une dynamique actuelle de comparaisons Nord/Sud en donnant toute leur place aux connaissances produites par et pour les Suds.

Résultats majeurs

Les verrous auxquels le projet s'est confronté sont les clivages urbain/rural et Nord/Sud, qui bien que de plus en plus questionnés, continuent à structurer la recherche urbaine. Pourtant les conflits et les tensions, ainsi que les compromis ou les arrangements qui naissent des politiques de lutte contre l'étalement urbain, apparaissent très liés à des contextes locaux. Au Maroc, l'étalement urbain provoque actuellement des conflits importants (foncier, ressources en eau) que les acteurs locaux peinent à résoudre, dans un contexte de fortes oppositions entre représentants des mondes ruraux et urbains. En France,

le renforcement de l'injonction à lutter contre l'étalement urbain modifie les frontières des systèmes politico-administratifs locaux et constitue un sujet de transaction entre les cœurs métropolitains et certains territoires périurbains et ruraux. Le projet GELULE a directement ou indirectement débouché sur la publication d'une trentaine de produits de la recherche. Deux thèses ont été soutenues. Enfin, le projet a permis la structuration d'un réseau international de jeunes chercheurs, autour de l'obtention récente de projets de recherche approfondissant la démarche, notamment le projet « Exode urbain » financé par POPSU et le projet « Sobriété foncière et justice sociale » financé par l'USH.

Production scientifique et valorisation

Rousseau M., Charmes E. (2022) It's the Geography, Stupid! Planetary Urbanization Revealed, in Sugrue T., Zaloom C. (dir.) *The Long Year. A 2020 Reader*, New-York, Columbia University Press, pp. 23-40.

Amarouche M., Bogaert K. (2019) Reshaping Space and Time in Morocco: The Agencification of Urban Government and its Effects in the Bouregreg Valley (Rabat/Salé) », *Middle East – Topics & Arguments*, n°12.

Charmes E., Rousseau M., Amarouche M. (2021) Politicising the debate on urban sprawl: The case of the Lyon metropolitan region, *Urban Studies*, 58(12), pp. 2424-2440.

Ennabih A., Mayaux P.-L. (2020) Depoliticizing Poor Water Quality: Ambiguous Agreement in a Wastewater Re-use Project in Morocco", *Water Alternative*, vol. 13, n°2, p. 266-285.

Début du projet : 2016 | Durée : 51 mois
Financement : 313 999 €

Coordination
Max Rousseau – Cirad
max.rousseau@cirad.fr

Habitants de bidonvilles jouant au football devant un panneau annonçant la création d'une écocité, Zeanata, périphérie de Casablanca (Maroc), 2019.
© M. Rousseau, projet GELULE.



GeRTrUD

Gestion et Régulation Transfrontalière de l'Urbanisation Diffuse

Rappel des objectifs

Le projet vise à appréhender les processus d'urbanisation diffuse en situation transfrontalière, où l'urbanisation se développe de part et d'autre de la frontière, au prisme des systèmes d'acteurs publics et privés qui y sont confrontés. Il s'agit non seulement d'étudier les acteurs qui contribuent à ces formes de développement urbain, mais aussi ceux qui s'organisent collectivement pour les planifier, les gérer ou les réguler. Ces processus d'urbanisation et leur régulation sont décrits à la fois à un niveau macro à l'échelle des régions urbaines transfrontalières, et à travers des études de cas détaillées et approfondies à un niveau fin. Cinq régions urbaines transfrontalières à la France, liées aux polarités de Bayonne-San Sebastian, Genève, Lille, Luxembourg et Strasbourg, sont plus particulièrement étudiées. Notre analyse est basée sur une enquête qualitative, à partir d'entretiens semi-directifs menés auprès des acteurs publics et privés de l'urbanisme et de la coopération transfrontalière, agissant à l'échelle locale, infrarégionale ou nationale.

En favorisant un dialogue entre recherche et action, le projet a également pour objectif de partager, discuter et diffuser les pratiques d'acteurs opérationnels, souvent élaborées au cas par cas à partir des outils disponibles et des problèmes rencontrés localement. Un partenariat avec la Mission opérationnelle transfrontalière (MOT) et la mise en place de webinaires permettent de favoriser ce dialogue entre acteurs opérationnels transfrontaliers et chercheurs.

Résultats majeurs

Les recherches menées mettent en avant les formes très diverses d'urbanisation diffuse transfrontalière, parfois concentrée le long de la frontière ou au contraire beaucoup plus étendue, qui présente dans certains cas des points communs avec le tissu périurbain pavillonnaire des métropoles, mais peut également prendre des formes distinctes (marquées par le logement collectif ou par une organisation en réseau de petites centralités), et concerner tout autant l'habitat que les activités économiques, commerciales ou de services. Cette variété des formes induit que les enjeux soulevés par ces processus d'urbanisation sont très variables d'un territoire à l'autre.

Les enquêtes auprès des acteurs locaux de l'aménagement ont montré les difficultés importantes qu'ils rencontrent pour réguler l'urbanisation transfrontalière, qui est alimentée par des facteurs qui dépassent largement les questions de planification (différentiels de fiscalité, de niveau de vie, réglementations, etc.). Lorsqu'ils cherchent à coopérer, les acteurs situés de part et d'autre de la frontière rencontrent des obstacles importants, souvent liés aux contrastes entre les systèmes politico-administratifs nationaux (niveaux et compétences des gouvernements locaux distincts). Si les dispositifs d'action collective transfrontaliers sont rares, il en existe néanmoins. Ces derniers s'appuient sur des structures de gouvernance transfrontalière, sur des outils favorisant la connaissance mutuelle des pratiques d'aménagement (observatoires, jeux de simulation), et peuvent se concrétiser par la mise en place de documents de planification transfrontaliers, souvent plus stratégiques que prescriptifs.

Production scientifique et valorisation

Le Bivic C., Idt J. (2023) Managing and controlling diffuse urbanisation in France: Spatial planning practices in cross-border city-regions, *Raumforschung und Raumordnung / Spatial Research and Planning*, 81, 6.
 Idt J., et al. (2023) L'urbanisme rural sous contrainte de croissance. Les périphéries rurales de Genève et Luxembourg sur le territoire français, *Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement*, 59.
 Idt J., et al. (à paraître) An impossible implementation? "No Net Land Take" in the French peripheries of the Geneva city-region, *Town Planning Review*.
 Idt J., et al. (à paraître) Limiting land consumption practices in Europe, *Special Issue Town Planning Review*.

Début du projet : 2020 | Durée : 68 mois

Financement ANR : 268 920 €

Coordination

Joel Idt – Université Gustave Eiffel
 joel.idt@univ-eiffel.fr

Urbanisation diffuse en périphérie du Luxembourg, dans de petites communes françaises (Kanfen, Villerupt, Zoufftengen, etc.) aujourd'hui fortement marquées par la production massive de logements à destination des travailleurs transfrontaliers.

© C. Le Bivic, projet GeRTrUD.



HYPHES

IA & RO pour une approche systémique de la gestion et la résilience des réseaux d'infrastructures urbaines : énergie, mobilité, logistique

Rappel des objectifs

Au sein des territoires urbains, la gestion de la mobilité, tant la mobilité des personnes que la logistique urbaine et la gestion de l'énergie de sa production à sa consommation, en passant par sa distribution et son stockage, ne peuvent plus être pensées indépendamment, de façon statique et dans une logique de silos, si ces territoires veulent atteindre les objectifs de maîtrise de l'impact énergétique, environnemental et social, qui sont ceux des *smart cities*. Dans ce but, le projet scientifique du laboratoire HYPHES est de proposer et de valider des modèles systémiques de *smart cities* et des algorithmes de gestion de ces réseaux. L'aspect systémique est induit par une approche scientifique et technique commune de la gestion de ces réseaux et de leurs interactions, et avec les différents acteurs du territoire.

Le laboratoire HYPHES se consacre particulièrement aux réseaux concernant la logistique urbaine, l'énergie et l'eau. Il mène une étude théorique et analytique des problèmes de dimensionnement et de pilotage associés et leur résolution par la coopération d'approches de recherche opérationnelle et d'apprentissage automatique (*machine learning*). Ces travaux seront validés sur les cas d'usage retenus, et par l'expérimentation au sein de territoires partenaires, principalement celui de Grand Paris Sud. La conception et la réalisation de premiers prototypes de solutions logicielles seront finalement produites

Résultats majeurs

Une étude menée et restituée à HYPHES et Grand Paris Sud a permis de dégager deux axes de recherche et développement précis dans le cadre du projet scientifique du laboratoire HYPHES.

- *Smartgrids*, autoconsommation collective : une étude préalable sur l'utilisation d'un modèle d'apprentissage par renforcement pour la mutualisation énergétique entre prosummateurs d'une grille d'autoconsommation collective a été menée et publiée, à travers un partenariat entre HYPHES et le LINEACT du CESI de Nanterre. Cette étude intègre la simulation et l'évaluation de l'approche proposée. Un état de l'art et une feuille de route pour la collecte de données et l'évaluation sur un cas d'usage territorial au sein de Grand Paris Sud sont en cours d'établissement.

- *Supply chain* et logistique urbaine : une thèse de doctorat débutée en octobre 2022 après une définition du sujet liant *Supply chain*, apprentissage automatique et recherche opérationnelle. Un premier modèle systémique de gestion de la *supply chain* entre différents acteurs en concurrence a été défini pour une évaluation de méthodes d'apprentissage par renforcement pour la définition d'une chaîne selon la demande finale d'un client à livrer. Enfin, le projet *Green Mode First* impliquant les deux partenaires d'HYPHES sur la prise en compte de contraintes et objectifs environnementaux dans la logistique urbaine a été sélectionné dans le cadre d'un appel « Logistique 4.0 » de l'Ademe.

Production scientifique et valorisation

Barth D., et al. (2022) Distributed Reinforcement Learning for the Management of a Smart Grid Interconnecting Independent Prosumers, *Energies*, 15, 1440.

Watel D., et al. (2023) Configuring an heterogeneous Smartgrid network: complexity and approximations for tree topologies, *Journal of Global Optimization*.

Buot Q., et al. (2022) Apprentissage par renforcement distribué et valeurs de Shapley pour la gestion d'une Smartgrid de prosummateurs, rapport de stage de Master 2.

(2021) Qualification des opportunités interactions entre réseaux urbains à Grand Paris Sud, étude réalisée pour HYPHES par Majesca Conseil.

Début du projet : 2021 | Durée : 54 mois

Financement : 362 963 €

Partenaires

Entreprise DCBrain | Grand Paris Sud

Coordination

Dominique Barth – Université de Versailles-Saint-Quentin-En-Yvelines
dominique.barth@uvsq.fr

Contraintes et objectifs d'une logistique urbaine écoresponsable.

© A. de Moissac, D. Barth, LabCom HYPHES.

Cible : -23%
de t eq CO₂

Un réel impact sur le CO₂

Logistique Urbaine
Eco-responsable
(Green Mode First)

Une réelle aide au pilotage vert

Des flux optimisés et massifiés

Un modèle de supplychain repensé pour la l'adaptativité et la décarbonation



Une prise en compte des sources d'énergies

IMPETUS

Démarche d'intégration urbanisme/bâti et transport/mobilité pour mieux considérer les projets d'aménagements urbains dans la dynamique de transformation de la ville durable

Rappel des objectifs

L'ambition du projet IMPETUS a été de proposer des méthodes et outils d'aide innovants permettant aux décideurs territoriaux et aux maîtrises d'ouvrage de : (i) concevoir et mettre en œuvre des projets d'aménagements urbains cohérents avec les stratégies de développement durable ; (ii) mieux comprendre et appréhender l'articulation urbanisme / transport.

Il s'agissait notamment de construire des méthodes d'évaluation, de conduite de projets et des outils d'aide à la décision pour : (i) intégrer une opération d'aménagement dans son contexte territorial et de trouver une articulation entre le projet et la stratégie de développement durable de la ville déclinée dans les documents et politiques de planification (Schéma de cohérence territoriale [SCoT], Plan local d'urbanisme [PLU], Plan de déplacements urbains [PDU] et Programme local de l'habitat [PLH]) de la ville ; (ii) concevoir et évaluer de façon dynamique des propositions d'actions ; (iii) objectiver le dialogue entre maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre et établir des règles claires pour leur permettre de percevoir les impacts globaux des choix qu'ils peuvent faire tant en urbanisme qu'en organisation des déplacements ; (iv) comprendre les interactions de l'un sur l'autre et les contraintes de chaque acteur d'un projet d'aménagement urbain ; (v) prendre des décisions reposant sur des simulations et des comparaisons et garantir ainsi la mise en œuvre de stratégies urbaines plus cohérentes.

Résultats majeurs

Les deux leviers principaux pour concevoir des projets urbains faiblement consommateurs d'énergie sont la performance énergétique des bâtiments et l'offre de mobilité alternative à la voiture individuelle. Il est néanmoins compliqué de mettre en regard les surcoûts d'investissement et les bénéfices attendus, car cela dépend des territoires étudiés et doit être examiné au cas par cas, et que ce ne sont pas les mêmes acteurs qui supportent les investissements.

Un projet urbain peut mobiliser une diversité d'acteurs de cultures et d'intérêts multiples : collectivités locales, aménageurs, promoteurs, bailleurs sociaux, autorité organisatrice des transports, associations d'usagers, etc. Le projet IMPETUS a donc dégagé deux axes d'action principaux : concevoir une méthode d'évaluation collective et de mise au point d'un pré-projet urbain, et proposer un outil d'évaluation de différents scénarios utilisé dans le cadre de la méthode.

La méthode IMPETUS consiste à réunir les différentes parties prenantes d'un projet urbain. En échangeant sur les objectifs, attentes et contraintes des différents acteurs, vont émerger des situations où la création de valeur est maximale pour chacun des acteurs, ce qui nécessite de révéler cette valeur, de la quantifier et que chaque participant ait le même niveau d'information (rentabilité économique du projet, consommations d'énergie dues au logement, consommation d'énergie due à la mobilité, connaissance des pratiques de mobilité dans le quartier, etc.).

L'outil IMPETUS, alimenté par des données disponibles gratuitement en France métropolitaine, est un tableur présentant des tableaux et graphiques résumés, et les feuilles de calcul complètes mettant en évidence l'ensemble des hypothèses et paramètres utilisés dans les calculs, tout en étant modifiable lors des tours de table.

Production scientifique et valorisation

Tardieu C., *et al.* (2014) Analysis of the prescriptions for energy quality buildings in three Parisian urban development projects. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 3, 2, pp 118-130.

Tardieu C. (2014) L'énergie dans les projets urbains : analyse des pratiques, *Urbia Urbanisme et aménagement des territoires un aperçu de la jeune recherche francophone*, hors-série n°2.

Bonin O., Gessalin A. (2014) Evaluating the potential for energy consumption reduction through urban renewal: quantitative modelling from the French Census, *Semestrare di studi e ricerche di Geografia*.

Début du projet : 2010 | Durée : 42 mois

Financement ANR : 713 038 €

Partenaires

Ville de Paris | ICADE | ENPCI | EIVP | CSTB

Coordination

Benoît Juster – EGIS
benoit.juster@egis.fr



Les différentes étapes de la méthode IMPETUS.

© Consortium du projet IMPETUS.

MERUBBI

Méthodes d'exploitation des ressources utiles du bâtiment bioclimatique dans son îlot

Rappel des objectifs

Améliorer la performance énergétique des bâtiments et densifier l'urbain sont deux objectifs pour diminuer l'empreinte énergétique et environnementale du bâtiment. Mais ces deux objectifs peuvent parfois se révéler contradictoires : un bâtiment très performant exploite les ressources de son environnement qui sont de moins en moins accessibles lorsque la densité s'accroît. Il y a donc un enjeu à concilier la performance énergétique d'un bâtiment neuf et celle de l'îlot après son implantation en tenant compte du microclimat local. L'objectif du projet est d'assembler des briques de modélisation et d'optimisation dans une plateforme de recherche ouverte pour concevoir un bâtiment neuf bioclimatique intégré dans son îlot sous contraintes économique et réglementaire.

Ce travail est mené pour trois bâtiments neufs (maison individuelle, immeuble collectif, bâtiment de bureaux) à implanter dans trois types d'îlots (îlot nu, moyennement dense, et très dense) dans des climats différents (Paris, Strasbourg et Nantes). La plateforme, après la construction de la scène en 3D et le calcul du microclimat, peut optimiser la conception architecturale du bâtiment neuf en tenant compte des coûts et des contraintes réglementaires.

Résultats majeurs

Pour chaque cas d'étude, une architecture du bâtiment neuf et une maquette 3D de l'îlot ont été construites. Une démarche automatisée, permettant de passer de la maquette 3D à la simulation énergétique dynamique détaillée et intégrant les flux solaires réels, a été développée. L'évaluation réglementaire est elle aussi réalisée automatiquement. L'évaluation économique des différents cas est réalisée par l'intermédiaire d'un logiciel métier intégrant cette fonctionnalité. La plateforme MERUBBI se compose de toutes ces briques logicielles rendues interopérables. Le calage du contenu de la plateforme a été affiné par le suivi et l'accompagnement d'un semestre de projet des étudiants en Master de l'ENSAV qui ont eu à mettre en œuvre ses principales fonctionnalités.

La solution mise en place pour faire le lien entre maquette 3D et simulation dynamique OD des bâtiments, dans un esprit « BIM » de travail

collaboratif entre métiers, exploite des formats standards ou usuels (maquette 3D *SketchUp*, fichier d'échange XML). L'intégration du microclimat local à la simulation énergétique est un pas en avant pour la modélisation à l'échelle de l'îlot. Les différentes présentations de ces résultats ont permis de partager cette expérience et de montrer qu'avec des outils adaptés, des élèves architectes peuvent s'approprier des problématiques complexes de conception énergétique.

Production scientifique et valorisation

Plessis G., *et al.* (2015) Urban microclimate and building energy: a coupled simulation approach, *ICUC International Conference on Urban Climatology*.

Leduc T., *et al.* (2017) Limiting the Buildings' Envelopes in Order to Prevent the Surrounding Mask Effect: Towards an Efficient Implementation in the Context of *SketchUp*, *33rd PLEA Conf*, pp. 2077-2083.

Schumann M., *et al.* (2017) Interdisciplinarity around design tools for new buildings and districts: the ANR MERUBBI project, *33rd PLEA Conf*, pp. 2148-2155.

Ribault C., *et al.* (2017) Assessing tools relevance for energy simulation at the urban scale: towards decision-support tools for urban design and densification, *Energy Procedia*, 122, pp. 871-876.

Début du projet : 2014 | Durée : 52 mois

Financement : 905 659 €

Partenaires

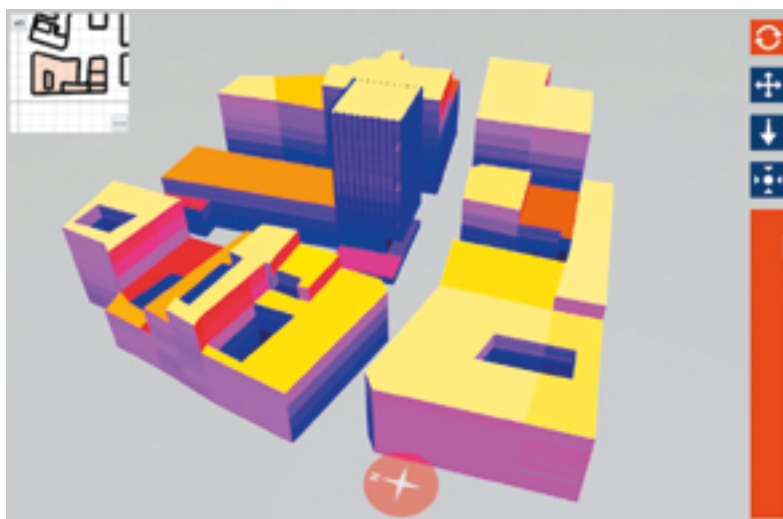
CNRS | ENSA Versailles | ENSA Strasbourg | INSA Lyon | ICEA | High Performance Computing - Simulation Acceleration | BETEM | ENERBIM

Coordination

Mathieu Schumann – EDF
mathieu.schumann@edf.fr

Visualisation dans la plateforme MERUBBI des calculs solaires réalisés sur la maquette 3D du cas Strasbourg Dense avec implantation d'une tour de bureaux neuve dans l'îlot existant.

© EDF, projet MERUBBI.



PLUPATRIMONIAL

Le « PLU patrimonial » : quels nouveaux outils réglementaires pour concilier pérennité du patrimoine bâti et développement urbain durable ?

Rappel des objectifs

Mise en lumière par le ministère de la Culture dans le cadre de la loi LCAP du 7 juillet 2016, la notion de PLU patrimonial (Plan local d'urbanisme patrimonial) n'avait pourtant aucun statut. Le programme PLUPATRIMONIAL a cherché à établir les contours théoriques et techniques de cet outil.

L'équipe s'est ainsi intéressée aux stratégies patrimoniales des collectivités, en complémentarité ou en concurrence avec l'État. Elle a observé que la mobilisation du PLU en faveur des patrimoines crée un nouveau régime de patrimonialité ancré sur une typologie des patrimoines différente de celle retenue par l'État, à l'origine de la plupart des protections patrimoniales. S'est ajouté à cette approche l'enjeu de l'intercommunalité et du PLUi (Plan local d'urbanisme intercommunal) avec lequel il a fallu composer.

En plus de l'analyse de la littérature scientifique et d'un séminaire international, le projet a reposé sur l'examen technique (grilles d'analyses des documents et entretiens avec les acteurs) de plusieurs dizaines de communes, dont les 20 plus grandes villes de France ainsi que des communes de plus petite taille. Le projet s'est aussi nourri d'échanges réguliers avec la société civile : comité technique et participations à des ateliers (Club PLUi, G8 Patrimoine, Cerema).

Résultats majeurs

Le projet a permis d'approfondir les connaissances sur :

- L'expansion du volet patrimonial au sein des PLU : bien que n'ayant pas de statut législatif spécifique, le PLU patrimonial confirme son potentiel technique et politique : les collectivités intègrent de plus en plus souvent les patrimoines dans le PLU, mais dans le cadre d'une grande liberté méthodologique, qui se lit tant dans la désignation des patrimoines que dans l'ajustement du niveau de protection réglementaire.
- La variété - et l'inégalité - territoriales des PLU en matière patrimoniale : d'un territoire à un autre, d'un temps donné à un autre, le PLU est un outil versatile qui change de couleur patrimoniale, en particulier selon la taille de la commune et les moyens qu'elle mobilise (finances, ingénierie, partenariats). S'ajoute à cela le portage politique - ou non - par les élus. Il résulte de cette diversité de PLU des effets inégalitaires pour les habitants face à la protection de leurs patrimoines.

- Le positionnement du PLU patrimonial en complémentarité avec les outils dédiés de protection : le PLU patrimonial fait désormais partie de l'offre juridique en matière de protection des patrimoines, mais selon des schémas différents en fonction des jeux d'acteurs. Nous les avons classés en trois catégories : le PLU « zone tampon » d'un site patrimonial remarquable (SPR) ; le PLU « anticipateur » d'un SPR ; le PLU « décodeur » des outils de protection dépourvus de règlement (site classé, périmètre monuments historiques), mais aussi parfois concurrent de ces derniers.

Production scientifique et valorisation

Gigot M., *et al.* (2023) Le Plan Local d'Urbanisme : un champ d'extension de la protection patrimoniale ? *Territoire en mouvement*, n°56.

De Lajarte A., Gigot M. (2021) La protection du patrimoine culturel par un outil réglementaire de proximité : le PLU patrimonial, in Aubin E. (coord.) *Droit, protection, proximité : mélanges en l'honneur du Professeur Hervé Rihal*, Presses Universitaires Juridiques de Poitiers, pp. 589-604.

Gigot M. (2020) Les formes du droit dans les centres anciens : territorialisation et effectivité de la règle patrimoniale, *Annales de géographie*, 733-734, pp. 112-137.

Gigot M., De Lajarte A. (2018) Le Plan Local d'Urbanisme français : un instrument orienté de pédagogie citoyenne du paysage, *Projets de paysage*, n°18.

De Lajarte A., Gigot M. (2021) 1er j en France en droits du patrimoine et de l'urbanisme, (+ capsules) : <https://www.canal-u.tv/chaines/plu-patrimonial>.

Début du projet : 2015 | Durée : 48 mois
Financement ANR : 272 979 €

Partenaires

ENSA Lyon | Université de Tours | Université Lumière - Lyon 2

Coordination

Arnaud de Lajarte – Université d'Angers
arnaud.bernarddelajarte@univ-angers.fr



Les outils à disposition au sein du PLU patrimonial permettent de protéger des patrimoines culturels matériels variés et présentant un intérêt local, en complément des patrimoines nationaux protégés par l'État. Chalets de Gruissan (Aude).

© A. de Lajarte, projet PLUPATRIMONIAL.

RECUPERTE

Les énergies de récupération, une ressource territoriale : optimiser la valorisation urbaine de la chaleur fatale

Rappel des objectifs

Les usines de traitement des déchets, les centrales nucléaires, les centres de données, les zones industrielles... génèrent de la chaleur dite « fatale ». Produite non intentionnellement, cette chaleur est souvent perdue et rejetée dans les milieux naturels. Récupérée et distribuée par des réseaux de chauffage urbains, elle présente un intérêt pour les territoires engagés dans des trajectoires de transition énergétique.

Le projet RECUPERTE porte sur la valorisation territoriale de la chaleur issue de divers secteurs industriels, des services urbains et des centrales nucléaires. Le constat de départ est que cette chaleur fatale représente un potentiel énergétique important, reconnu et encouragé par les politiques publiques en France et en Europe, dont la récupération et la distribution sont techniquement réalisables, mais pourtant très peu développées. L'hypothèse est que la rencontre entre ces ressources et leurs territoires se heurte à des difficultés sociotechniques. En effet, la valorisation de la chaleur nécessite le rapprochement organisationnel et cognitif de multiples acteurs, tels que les opérateurs de réseau, les collectivités locales et leurs services, les diverses industries et les utilisateurs concernés par la production et/ou la consommation.

L'enquête a porté sur les processus de mise en politique de la chaleur fatale en France et en Europe ainsi que sur des études de terrains dans les Hauts-de-France, en Auvergne-Rhône-Alpes et à Rotterdam.

Résultats majeurs

La chaleur fatale est l'objet d'une problématisation sélective constatée tant au niveau des politiques publiques que des pratiques locales. La chaleur issue de l'incinération des déchets est la plus systématiquement valorisée, tandis que les gisements industriels sont largement sous-exploités, et que les volumes importants générés par les sites nucléaires ne sont que très marginalement utilisés. Des instruments cognitifs consistent à rendre visible cette ressource et les instruments incitatifs (fonds chaleur) visant à soutenir économiquement la récupération.

La valorisation de la chaleur fatale, qui bénéficie de la montée en puissance des collectivités locales, et des métropoles en particulier, sur les

questions énergétiques, procède de trajectoires territoriales spécifiques. La spatialité inhérente à cette ressource, qui repose sur la mise en relation des gisements et des usages, se pose en termes de proximité, mais aussi d'échelle. En effet, les volumes perdus dépassent parfois de loin les besoins des territoires à même de porter des projets et des politiques de récupération. Les enquêtes de terrain ont mis en évidence que l'interdépendance recherchée entre la chaleur industrielle et celle issue des déchets forme des nexus urbains singuliers. En outre, l'engagement des différentes parties prenantes dans les projets est généralement dissymétrique. Parce qu'elle résulte de systèmes productifs et émissifs non décarbonés et non sobres, la valorisation de la chaleur fatale doit être envisagée comme une ressource transitionnelle.

Production scientifique et valorisation

Fontaine A., Rocher L. (2023) Cities looking for waste heat: The dilemmas of energy and industry nexuses in French metropolitan areas, *Urban Studies*. [En ligne].

Fontaine A., Rocher L. (2023) De l'or noir à l'or vert : le gaz de mine, une ressource de transition dans le Nord-Pas-de-Calais ? *Développement durable et territoires* 14.

Fontaine A., Rocher L. (2021) Géographies de la chaleur. L'énergie de récupération comme ressource territoriale, *Espaces et sociétés*, 182 (1), pp. 113-129.

Fontaine A., Rocher L. (2020) Energy recovery on the agenda. Waste heat: a matter of public policy and social science concern, *Journal of environmental planning and management*, 64/8, pp. 1392-1407.

Début du projet : 2019 | Durée : 36 mois

Financement : 244 220 €

Coordination

Laurence Rocher – Université Lumière Lyon 2

laurence.rocher@univ-lyon2.fr

Travaux d'extension du réseau de chaleur de Béthune, 2021.

© L. Rocher, projet RECUPERTE.



REHA-PARCS

Aide à la décision interactive pour la réhabilitation de parcs de bâtiments

CHAPITRE 9 | FORME ET PROJETS URBAINS

Rappel des objectifs

L'enjeu de la réhabilitation est essentiel pour atteindre les objectifs de lutte contre le changement climatique. Le projet REHA-PARCS s'est concentré sur l'élaboration d'un outil d'aide à la décision interactive, pour la planification pluriannuelle de la réhabilitation énergétique de parcs de bâtiments, à destination des gestionnaires de parcs publics et privés.

La complexité des projets de rénovation de parcs de bâtiments est de nature multiple de par l'hétérogénéité des bâtiments d'un parc avec des contraintes techniques, économiques, réglementaires mais aussi, sociales. À cela s'ajoute l'objectif de planification pluriannuelle. L'enjeu était donc de mettre en œuvre des procédés, des méthodes d'analyse et d'actions pour rendre attractive, crédible, plus facile et efficace l'approche de rénovation des parcs de bâtiments existants. REHA-PARCS s'est appuyé sur une classification automatique des bâtiments du parc, l'élaboration de stratégies de rénovation par optimisation multicritère et une aide à la décision pour faciliter le choix de la stratégie à mettre en œuvre.

Résultats majeurs

Un *clustering* a été réalisé afin de trouver des similarités entre les bâtiments d'un même parc. L'approche a permis d'identifier des clusters dans l'espace de décision (scénarios de rénovation) et l'espace des objectifs (coût des travaux, réduction de la consommation d'énergie, etc.). Ainsi, une base de 10 000 bâtiments peut être décrite avec seulement quelques centaines d'individus.

La méthodologie, développée pour élaborer les stratégies optimales, a été appliquée à un parc virtuel de sept bâtiments représentatifs d'un parc de logements sociaux. Le résultat principal est la capacité à faire émerger des scénarios optimaux parmi un ensemble extrêmement élevé de possibilités. L'utilisateur peut ainsi voir évoluer les propositions selon les contraintes temporelles et financières qu'il a fournies. Ce travail a permis de montrer que la prise en compte du phasage des opérations unitaires de rénovation a une grande influence sur les solutions proposées.

L'étape d'aide à la décision a permis d'élaborer un modèle appelé AIPA (*Argumentation Interface for Participative Approach*) qui permet de formaliser les arguments dans un débat pour évaluer leur acceptabilité et identifier les points de blocage pour aboutir à un consensus.

Ce modèle permet de faire émerger les préférences des décideurs et classer les scénarios proposés.

L'étude de cas menée sur une partie du parc de bâtiments montreuil-lois a permis de mettre en lumière le potentiel des méthodes développées. Par contre, la qualité des données recueillies sur le terrain est très hétérogène et complexifie la mise en œuvre. Bien que réalisable en pratique, la détermination des scénarios optimaux de rénovation demande un effort de calcul important lorsqu'il s'agit de traiter un grand nombre de bâtiments. Enfin, le projet n'a pas encore permis de confronter l'étude à la réalité d'un processus de décision impliquant les acteurs du terrain.

Production scientifique et valorisation

Rivallain M., *et al.* (2019) Clustering as a simplification tool for the decision-making process on building stock renovation, *Building Simulation Conference Proceedings*, 5, pp. 3618-3627.

Pannier M.-L., *et al.* (2021) Identifying optimal renovation schedules for building portfolios: Application in a social housing context under multi-year funding constraints, *Energy and Buildings*, 250, article number 111290.

Merlet Y., *et al.* (2022) Integration of phasing on multi-objective optimization of building stock energy retrofit, *Energy and Buildings*, 257, article number 111776.

Delhomme B., *et al.* (2022) An interface between natural language and abstract argumentation frameworks for real-time debate analysis, *Decision Support Systems*, 154, article number 113694.

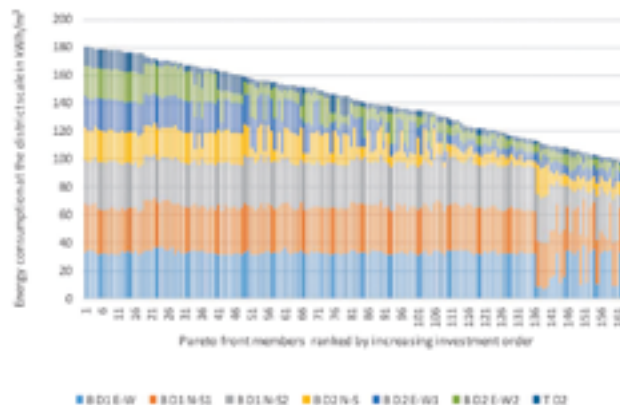
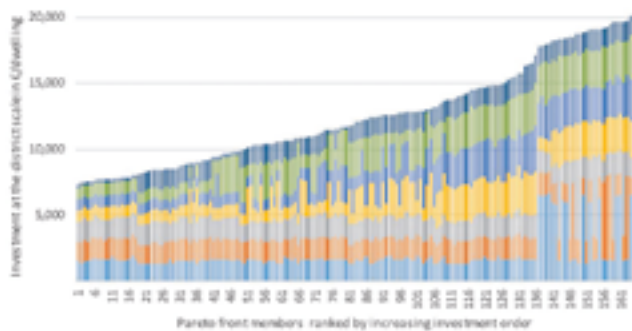
Début du projet : 2015 | Durée : 63 mois
Financement ANR : 941 867 €

Partenaires

ARMINES | CEA Grenoble | CSTB | IITF | OTEIS | Université Savoie Mont Blanc | CSTB

Coordination

Laurent Mora – Université de Bordeaux
 laurent.mora@u-bordeaux.fr



Classement selon l'énergie annuelle consommée pour le chauffage, des 164 scénarios optimaux de rénovation des sept bâtiments types représentatifs de l'ensemble du parc étudié (Pannier *et al.*, 2021). © M.-L. Pannier, projet REHA-PARCS.

SMARTECO

Smart eco-cities for a green economy a comparative study of Europe and China

Rappel des objectifs

Les initiatives *smart cities* se développent dans les grandes cités européennes et chinoises, mais à ce jour, aucun travail d'analyse systématique comparé n'a été réalisé. Notre objectif est de fournir un premier bilan des opérations les plus significatives menées en Europe et en Chine, de façon à identifier : (i) l'intérêt des initiatives engagées en matière de transition énergétique, écologique et urbaine, (ii) les mécanismes de changement à l'œuvre dans ces transitions et les obstacles rencontrés, (iii) les meilleures pratiques observables au moment de l'étude.

L'approche proposée s'appuie sur la théorie des transitions sociotechniques. Celle-ci postule que les changements de paradigme dans les modèles de développement économiques proviennent d'innovations sociétales qui s'élaborent dans un premier temps dans des configurations locales (des niches) puis se disséminent à l'ensemble de la société. (i) Nous nous sommes intéressés à l'identification de niches écologiques dans lesquelles s'élaborent des expérimentations et où se produisent des innovations sociétales susceptibles de se généraliser à partir d'initiatives locales. (ii) Nous avons cherché à caractériser les mécanismes d'innovation en jeu. (iii) Nous nous sommes penchés sur les mécanismes de généralisation et de diffusion des innovations. La recherche s'est appuyée sur une étude de cas comparés pris dans différents pays européens et en Chine (quatre villes européennes, quatre villes chinoises). Chaque cas a été étudié à travers une vingtaine d'entretiens avec différents acteurs, complétés par une documentation solide et des visites in situ. L'approche a été transdisciplinaire (économie, sociologie, urbanisme, géographie, sciences politiques) afin de prendre en considération les différentes dimensions à l'œuvre.

Résultats majeurs

Notre étude montre que les projets les plus aboutis ont réussi à coaliser différentes parties prenantes, à faire collaborer des entreprises privées (technologiques, de promotion), des associations citoyennes (de riverains, écologiques, d'usagers), des représentants locaux et nationaux politiques et administratifs autour d'une vision commune. Le rôle des villes et leurs stratégies sont essentiels pour orchestrer ces assemblages hybrides. Un second résultat concerne l'environnement complexe et souvent concurrentiel dans lequel les villes déploient des stratégies. Une différence assez nette a été observée sur ce point entre les villes chinoises, actrices de la mise en œuvre d'un plan général largement coordonné centralement, et les villes européennes, susceptibles de se différencier par l'exercice d'une stratégie plus autonome,

mais agissant dans un contexte de rivalité plus forte pour obtenir des ressources clés : budgets d'investissement nationaux à Manchester, Bordeaux et à Lyon ; implantation et investissements de grandes firmes technologiques à Hambourg. Le projet a permis de faire le constat d'une certaine latence entre les discours prometteurs, les attentes, et l'avancée des réalisations, encore largement expérimentales et souvent tâtonnantes observées sur le terrain. Deux tendances ont été observées dans les méthodes de généralisation des initiatives : (i) l'une, *top-down*, consiste à déployer des plateformes standardisées à grande échelle portées par des groupes mondialisés, que les métropoles s'efforcent d'adapter à leurs besoins locaux ; (ii) la seconde, *bottom-up*, partant de dynamiques locales, constituées d'initiatives et de *start up* en prise avec les réseaux locaux, cherchant à passer à l'échelle et à s'industrialiser.

Production scientifique et valorisation

Caprotti F., Liu D. (2019) Emerging platform urbanism in China: Reconfigurations of data, citizenship and materialities, *Technological Forecasting and Social Change*, 151.

Den Hartog H., et al. (2018) Low-carbon promises and realities: Lessons from three socio-technical experiments in Shanghai, *Journal of Cleaner Production*, 181, pp 692-702.

Cheshmehzangi A., et al. (2018) The role of international actors in low-carbon transitions of Shenzhen's International Low Carbon City in China, *Cities*.

Cowley R., et al. (2018) What Can Urban Sustainability Experiments Do? *Communication at the United Nations-Habitat World Urban Forum*, Kuala Lumpur, Malaysia, Feb 2018.

Début du projet : 2014 | Durée : 48 mois

Financement : 86 140 €

Partenaires

TU-Delft (Pays-Bas) | Uni Freiburg (Allemagne) | King's College London (Royaume-Uni) | Renmin University of China (Chine)

Coordination

Éric Jolivet – CNRS
eric.jolivet@iae-toulouse.fr

Transformation du quartier des Bassins à Flot à Bordeaux menée en dix ans après la tenue d'une centaine de réunions de concertation.
© É. Jolivet, projet SMARTECO.



SUBURBIN

Urbanisation Subalterne en Inde

Rappel des objectifs

L'urbanisation de la planète est aujourd'hui un fait largement connu mais peu de personnes ont conscience qu'un citoyen sur dix dans le monde vit en Inde. L'Inde est un contributeur majeur d'une transition urbaine qui n'a pas seulement lieu dans les très grandes métropoles que sont Delhi, Mumbai, ou encore Bengaluru. En effet, 90 % des villes du sous-continent comptent moins de 100 000 habitants et accueillent plus de 40 % de la population urbaine. Autrement dit, les petites villes constituent le cadre ordinaire de vie de quelque 135 millions de personnes.

Le projet SUBURBIN invite à prendre en compte le système de villes indien dans son entièreté, en incluant aussi l'échelon constitué d'une myriade de gros villages en transition. Il s'agit de construire une vision élargie du processus mondial d'urbanisation qui va au-delà de l'attention massive accordée à ses plus grandes métropoles. En outre, l'étude des dynamiques des petites villes qui ne cessent de se développer s'impose pour appréhender le monde urbain de demain en Inde, mais aussi au-delà. Nous chercherons à montrer que ces petites villes sont animées par des logiques propres et des capacités d'adaptation aux incertitudes croissantes de nos environnements interconnectés et fragilisés.

L'engagement de l'Inde dans un processus de libéralisation de son économie et d'intégration dans les réseaux marchands et productifs asiatiques et mondiaux a été en partie porté par ses grands centres urbains. Pourtant, la prise en compte des petites villes apporte des connaissances nouvelles sur les modalités d'urbanisation et sur la diversité des processus d'insertion dans l'économie mondiale. SUBURBIN a pour objectif de dévoiler des facettes moins connues des mutations en cours. Il s'appuie sur un ensemble de données empiriques originales mais il a l'ambition de contribuer à nourrir les enjeux théoriques contemporains.

Résultats majeurs

La combinaison d'approches quantitatives et d'enquêtes de terrain dans une quarantaine de localités a produit des résultats qui invitent à nuancer les notions de convergence urbaine et d'urbanisation planétaire. De prime abord, on pourrait penser que cette multiplication des localités en voie d'urbanisation s'explique par l'expansion des aires urbaines et des grandes régions métropolitaines, ou par les investissements dans les grands corridors de développement. Mais ce n'est pas le cas et guère plus de la moitié des petites villes sont situées dans la périphérie des métropoles. Les autres participent d'une urbanisation diffuse : deux tiers d'entre elles sont regroupées en grappes, quand le dernier tiers est constitué de localités davantage isolées. Leur localisation est aussi en partie corrélée à la proximité d'une route nationale. L'urbanisation de l'Inde est donc caractérisée en grande partie par une transformation des établissements humains sur eux-mêmes, ou « un morphing » des lieux qui brouille les frontières entre l'urbain et le rural. La diversification des sources de revenus, le multi-emploi et la diversité croissante de la population et de ses aspirations produisent des configurations variées que l'on peut regrouper en quatre grands types : (i) des localités « sous influence » incorporées à la métropole et à la

grande ville ; (ii) des « micropolis », petites villes entrepreneuriales, résilientes et innovantes ; (iii) des petits bourgs marchands ou administratifs ; et (iv) des sites urbains émergents, grands et gros villages qui s'étendent et se développent en s'éloignant des activités agricoles.

La croissance urbaine est de plus en plus la résultante du glissement global des activités productives en milieu rural. Elles alimentent l'expansion de l'urbanisation dispersée. Des investisseurs de différentes origines, locaux, régionaux et étrangers, se rencontrent dans les petites villes où les travailleurs acceptent de bas salaires, où se renouvellent des réserves de compétences et où le capital agraire peut être mobilisé. Les petites villes constituent des lieux où les terres sont moins onéreuses, et leur usage moins maîtrisé en pratique. Ces conditions sous-tendent les interconnexions horizontales entre les sites de production et la redistribution des activités à forte intensité de main-d'œuvre le long de telle ou telle chaîne de valeurs à l'échelle d'une région, de l'Inde ou de l'Asie. C'est principalement parce que ces localités restent des villages, qu'elles attirent les investissements industriels : les verrous réglementaires y sont facilement contournés et les assemblages de terrains y sont aisément négociés. Dans une certaine mesure, leur invisibilité dans les politiques territoriales sert le développement économique de nombreuses petites villes – un essor qui s'appuie sur de fortes inégalités.

Production scientifique et valorisation

De Bercegol R., Cowda S. (2017) Dynamisme et fragilité du développement non-métropolitain en Inde. L'exemple de Kartarpur, une petite ville-cluster d'artisans-menuisiers, *Espaces et sociétés*, 168-169(1), pp. 147-170.

Denis E., Zerah M.-H. (eds.) (2017) *Subaltern Urbanisation in India: An Introduction to the Dynamics of Ordinary Towns*, Berlin, Springer, 614 p.

Mukhopadhyay P., et al. (2020) Subaltern Urbanization: Indian Insights for Urban Theory. *International Journal of Urban and Regional Research*, 44(4), pp. 582-598.

Mukhopadhyay P., et al. (2016) *Understanding India's Urban Frontier: What Is behind the Emergence of Census Towns in India?* The World Bank, 35 p.

Roy S. N., Pradhan K. C. (2018) Predicting the future of census towns, *Economic & Political Weekly*, 53(49), 71.

Début du projet : 2010 | Durée : 36 mois

Financement ANR : 231 199 €

Partenaires

Centre for Policy Research (Inde) | Burdwan University (Inde)
School of Planning and Architecture (Inde)

Coordination

Marie-Hélène Zerah – IRD

Éric Denis – CNRS

eric.denis@parisgeo.cnrs.fr

TRANS-ENERGY

Les stratégies d'adaptation des ménages et des entreprises face à la transition énergétique : une comparaison entre les métropoles de Lille et de Lyon

Rappel des objectifs

Le projet TRANS-ENERGY est né du constat d'un besoin de connaissance dans le contexte de la transition énergétique en cours, lié d'une part, à la crise écologique et d'autre part, à la hausse des prix de l'énergie et au besoin de réduire drastiquement l'usage des énergies fossiles. Alors que le poids des nécessaires changements pèse essentiellement sur les ménages, il est apparu important d'investiguer aussi la façon dont les entreprises intégraient cette question.

TRANS-ENERGY a développé une approche pluridisciplinaire et systémique afin d'analyser conjointement différentes dimensions de la transition énergétique, en s'intéressant à la fois aux questions de logement, de transport, d'activités économiques et de territoires. Son objectif était ainsi d'apporter des éléments de connaissance sur les stratégies d'adaptation des ménages et des entreprises à la transition énergétique en comparant les choix de localisation des uns et des autres dans deux contextes spatiaux et métropolitains différents : Lille et Lyon. Il s'agissait d'une part, d'étudier les politiques de gestion de la mobilité et les stratégies de localisation des entreprises, et d'autre part, d'analyser les arbitrages en matière de pratiques de mobilités et d'usages du logement de ménages accédant à la propriété et de salariés des entreprises étudiées.

Résultats majeurs

La mobilité quotidienne ne pourra être durable que si sa mise en œuvre s'accompagne d'une réflexion sur les rythmes de vie et de travail comme sur les choix de localisation des entreprises. En effet, les entreprises les plus émettrices sont localisées en périurbain. Une prise de conscience de l'enjeu présenté par le coût des déplacements de leurs salariés existait dans les entreprises enquêtées notamment en raison d'un fort *turn over* et de difficultés de recrutement.

La cartographie des consommations énergétiques des ménages rend compte d'une précarisation en périurbain. Malgré des coûts croissants de l'énergie, l'enquête rend toutefois compte d'une faible remise en question de la localisation en raison de l'instabilité du marché du travail et des fréquents déménagements des entreprises rendant les projections à long terme impossibles. Les surcoûts sont compensés par une attention aux autres secteurs de consommations notamment les loisirs, l'alimentation et le chauffage.

Le colloque international de clôture « La transition énergétique : vrais enjeux, faux départs ? » puis l'ouvrage *L'énergie et ses usages domestiques* ont poursuivi la réflexion sur les usages de l'énergie et les conséquences de la croissance d'une vulnérabilité énergétique au sein de la population. Des réflexions elles-mêmes prolongées au sein du LAET par les différents projets portés par Jean-Pierre Nicolas et Nathalie Ortar.

Production scientifique et valorisation

Bouzouina L., et al. (2013) Émissions de CO2 liées à la mobilité domicile-travail : une double lecture par le lieu de résidence et le lieu de travail des actifs à Lyon et à Lille. *Développement durable et territoires*, 4, 3.

Lejoux P., Ortar N. (2014) *Energy transition: real issues, false starts? SHS Web of Conferences*, 9, mai 2014.

Lejoux P., Ortar N. (2015) Les pratiques de mobilité des ménages et des entreprises à l'épreuve de la transition énergétique : quelles dynamiques de changement ? Le cas des territoires périurbains de l'agglomération lyonnaise, in Scarwell H.-J., Leducq D., Groux A. *Transitions énergétiques : quelles dynamiques de changement ?* Paris, L'Harmattan, pp. 107-119.

Ortar N., Subrémon H. (dir.) (2018) *L'énergie et ses usages domestiques. Anthropologie d'une transition en cours*, Paris, Pétra, 250 p.

Début du projet : 2011 | Durée : 40 mois
Financement : 298 307 €

Partenaires

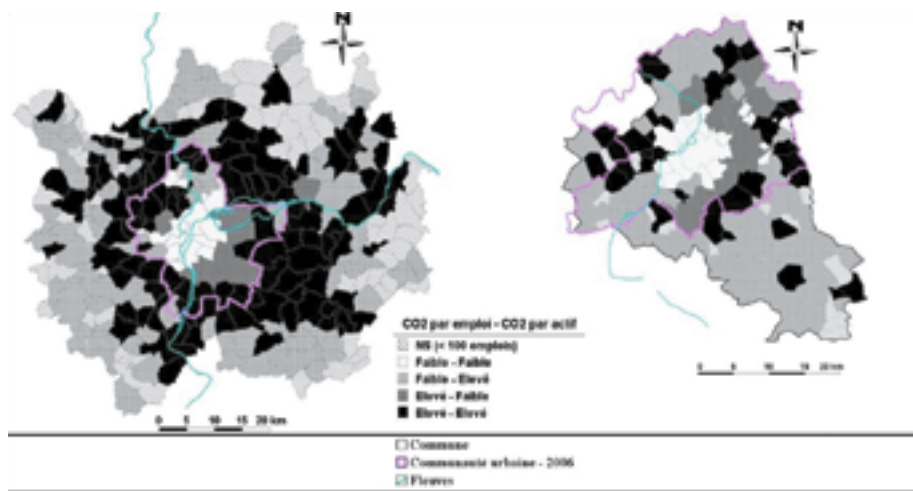
CNRS | Cerema | Université Gustave Eiffel | Métropole de Lyon | Métropole européenne de Lille | Centre d'Études Techniques de l'Équipement Nord Picardie | Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité

Coordination

Nathalie Ortar – ENTPE
 Nathalie.ortar@entpe.fr

Émission moyenne de CO₂ dans la commune de travail et dans la commune de résidence.

© L. Bouzouina, B. Quetelard, F. Toillier, projet TRANS-ENERGY.



UrbaTime

Les temps de l'urbanisme durable

Rappel des objectifs

Le projet UrbaTime étudie la façon dont la question du temps est intégrée en urbanisme, en opérant une analyse transversale de différentes conceptions urbanistiques contemporaines proposant de penser autrement le rapport de l'aménagement au temps. Cette étude est essentielle pour construire un urbanisme durable car (i) l'étude de la ville durable est rarement envisagée sous l'angle du temps, alors que la notion de durabilité appelle à une réflexion sur celui-ci ; (ii) la recherche d'un développement durable urbain va de pair avec la montée en puissance de certaines conceptions telles que l'urbanisme temporaire, transitoire, tactique ou éphémère, fondées sur des temporalités courtes ou reconsidérant les phases traditionnelles des projets urbains.

Ce programme de recherche entend mettre en avant combien le temps constitue une ressource stratégique dans la production de la ville durable et combien les conceptions urbanistiques étudiées renouvellent la pensée sur le temps en urbanisme.

Au niveau méthodologique, le programme propose un dispositif original centré sur les mécanismes de construction des temps par les acteurs ainsi que leurs arbitrages, autour de trois entrées : (i) l'élaboration et circulation des savoirs, (ii) la fabrique des temps du projet par les jeux d'acteurs, (iii) les effets sociospatiaux dans la durée. L'étude porte sur quatre terrains : Bordeaux, Lille, Lyon et Montréal, avec des analyses croisant les échelles locales, nationales et internationales.

Résultats majeurs

Le programme UrbaTime apporte une contribution théorique, méthodologique et empirique à la question du temps en urbanisme. L'étude des mécanismes d'élaboration et d'application de nouvelles démarches en urbanisme montre que celles-ci peuvent déstabiliser les temporalités des pratiques traditionnelles. Les occupations transitoires, l'urbanisme tactique ou les aménagements temporaires ont en commun de regrouper des initiatives de faible coût, de taille modeste, au montage rapide, en étant initialement envisagés sur une courte période – même s'ils peuvent se poursuivre par la suite. Cependant, le programme montre combien ces initiatives peuvent posséder des trajectoires et des rapports différenciés aux temporalités urbanistiques traditionnelles. Les projets peuvent s'inscrire dans des

démarches incrémentales et mobilisatrices pour œuvrer à la construction des territoires sur le long terme, pour constituer une simple parenthèse temporelle au sein d'un territoire urbain, ou encore, pour entrer en conflit avec une fabrique urbaine plus classique.

Le programme s'est fortement constitué en lien avec des formations de l'enseignement supérieur et a opéré un transfert des connaissances auprès des acteurs de l'urbanisme et du grand public. Le programme *TransUrba. L'urbanisme transitoire au service de la transition économique, écologique et sociale des territoires* financé par l'Ademe (2022-2025) permet d'approfondir les réflexions et les analyses conduites sur la question de l'urbanisme transitoire.

Production scientifique et valorisation

Mallet S., *et al.* (2024) Le temporaire comme instrument de la fabrique urbaine. Émergence et ancrage dans la métropole de Bordeaux, *Revue Internationale d'Urbanisme*, n°14.

Mallet S., Mège, A. (2022) Une analyse des discours sur le rôle d'une expérimentation dans la production urbaine : le projet Darwin à Bordeaux, *Développement durable et territoires*, vol. 13, n° 2.

Mège A., Mallet S. (2022) Les tiers-lieux, entre militantisme, logiques marchandes et stratégies d'aménagement », *Métropolitiques*.

Mallet S. (2020) Les rythmes de la production urbaine au prisme de l'accélération sociale, *EspacesTemps.net*, Travaux, février 2020.

Les différentes activités du projet sont présentées au sein d'un carnet Hypothèses : <https://urbatime.hypotheses.org/>.

Début du projet : 2018 | Durée : 145 mois

Financement ANR : 224 532 €

Partenaires

Université de Lille | Université de Lyon III | CNRS | INRS
Cultures et Sociétés (Canada)

Coordination

Sandra Mallet – Université de Reims Champagne-Ardenne
sandra.mallet@univ-reims.fr

L'écosystème Darwin et la ZAC Bastide-Niel, à Bordeaux.

© A. Mège, laboratoire Habiter, URCA, projet UrbaTime.



VITE !

Villes et transitions énergétiques : enjeux, leviers, processus et évaluation prospective pluridisciplinaire. Application à la région Île-de-France

Rappel des objectifs

La réduction des émissions de gaz à effet de serre, la diminution de la consommation énergétique et le développement des énergies renouvelables font l'objet de stratégies publiques ambitieuses. Néanmoins, en Île-de-France, comme au plan national, les évolutions observées ne sont pas à la hauteur des objectifs affichés. Le projet VITE ! visait à expliquer cet écart et à explorer les voies par lesquelles il pourrait être comblé. L'approche adoptée a combiné des enquêtes auprès des parties prenantes (à l'échelle régionale et sur des territoires locaux) avec une démarche de modélisation et de simulation des effets potentiels des actions existantes ou envisagées, notamment dans les domaines de l'aménagement du territoire et des déplacements. Les simulations ont reposé sur une combinaison inédite de modèles déjà validés pour l'étude de la région Île-de-France. Les résultats des simulations ont été confrontés aux enseignements des enquêtes menées sur les politiques publiques (logement, énergie, déplacements, logistique, etc.), les pratiques dans le secteur de la construction et les initiatives citoyennes visant le développement de pratiques écologiques.

Résultats majeurs

Ce projet de recherche a permis d'éclairer l'écart entre les objectifs affichés des pouvoirs publics et la trajectoire énergétique régionale observée. La recherche confirme d'abord que la question énergétique peine à devenir un objet de politique publique à part entière et à mobiliser les ressources humaines et financières nécessaires. Elle pointe ensuite les faibles compétences (en général) des acteurs publics locaux en matière énergétique, tant au plan juridique et réglementaire qu'au plan technique, les rendant ainsi tributaires d'une expertise externe souvent peu imaginative et peu sensible aux spécificités du territoire concerné. De manière novatrice, la recherche souligne en outre les effets paradoxaux de la surenchère réglementaire : la succession rapide de réglementations de plus en plus exigeantes empêche un réel retour d'expérience et restreint les capacités d'innovation des acteurs. Elle interroge également l'efficacité – du point de vue des impacts énergético-climatiques, mais aussi de l'exposition à la pollution atmosphérique et des dynamiques sociospatiales de peuplement – de la stratégie développée dans le SDRIF de densification-intensification de l'urbanisation autour des infrastructures de transports collectifs en

site propre. Elle met en évidence, enfin, les difficultés des pouvoirs publics à appréhender les pratiques sociales – mis à part, dans une certaine mesure, les pratiques de mobilité – et *a fortiori* à les infléchir dans un sens moins intensif en énergie, tout en maîtrisant les effets rebonds. D'un point de vue prospectif, ces résultats invitent à davantage *politiser* (par le débat public), *banaliser* (dans l'ensemble des politiques publiques) et *territorialiser* (à travers la prise en compte des spécificités sociospatiales locales) les stratégies locales de transition énergétique.

Production scientifique et valorisation

Gallez C., Coutard O. (dir.) (2023) Vers une France post-carbone ? *Freins et leviers d'une transition énergétique régionale*, Éditions L'Œil d'or, coll. Critiques et Cités, 460 p.

Coulombel N., et al. (2019) Substantial rebound effects in urban ridesharing: Simulating travel decisions in Paris, France, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 71, pp. 110-126.

Coulombel N., et al. (2018) The environmental social cost of urban road freight: Evidence from the Paris region, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, pp. 514-532.

Prud'homme J., et al. (2017) Coupling spatialized models to evaluate the effects of urban densification on air quality in the Paris metropolitan area", *International Journal of Spatial, Temporal and Multimedia Information Systems*, 1 (2), pp. 134-150.

Début du projet : 2014 | Durée : 63 mois

Financement ANR : 803 173 €

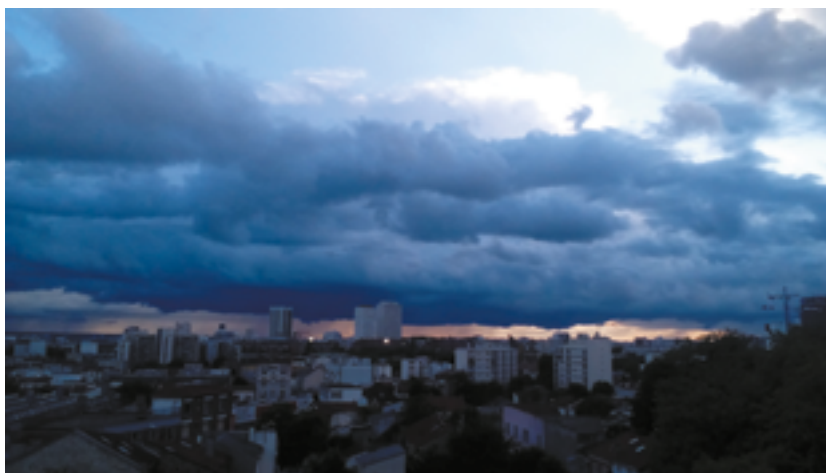
Partenaires

ENSA Belleville | CIRED | LISA – CNRS | Université Gustave Eiffel | ENPC

Coordination

Olivier Coutard – Université Gustave Eiffel
olivier.coutard@enpc.fr

Caroline Gallez – Université Gustave Eiffel
caroline.gallez@univ-eiffel.fr



Chapitre 10

France 2030

Fiches projets

| | | |
|--------|-------|-----------------|
| p. 218 | _____ | Efficacity |
| p. 219 | _____ | Dynamite |
| p. 220 | _____ | FUTURBAINS |
| p. 221 | _____ | IMU |
| p. 222 | _____ | RISQUES (iRiMA) |
| p. 223 | _____ | LABEXMED |
| p. 224 | _____ | LUS |
| p. 225 | _____ | ONEWATER |
| p. 226 | _____ | SOLU-BIOD |
| p. 227 | _____ | Sense-City |
| p. 228 | _____ | VDBI |



Efficacity

Institut de Recherche et Développement pour la Transition énergétique & bas carbone de la Ville

Rappel des objectifs

Premier institut de R&D public-privé dédié à la transition énergétique et bas carbone des villes, Efficacity vise à faire travailler en synergie les trois piliers de l'innovation urbaine, à savoir la recherche publique, les entreprises et les territoires.

L'objectif prioritaire d'Efficacity est de développer, d'expérimenter, puis de déployer à grande échelle des outils d'aide à la décision de nouvelle génération, capables d'accélérer la décarbonation des villes. L'enjeu est crucial puisque les villes sont responsables des deux tiers des émissions de gaz à effet de serre (GES) en France. Les objectifs de la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) à savoir, réduire les émissions de GES en France de 5 % par an jusqu'en 2050, s'y appliquent particulièrement, ce qui nécessite d'outiller et de faire monter en compétence l'ensemble de la filière : collectivités, aménageurs, promoteurs, ingénieries, industriels de l'énergie et des services urbains, etc.

L'activité d'Efficacity est organisée selon trois pôles : (i) un premier pôle « Quartiers bas carbone » est dédié au développement de logiciels d'aide à la conception de projets d'aménagement bas carbone ; (ii) un second pôle « Stratégies urbaines bas carbone » est consacré au développement d'une boîte à outils d'élaboration des plans climat à l'échelle des villes et des établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) ; (iii) un troisième pôle est axé sur la réplication des innovations et la mobilisation des acteurs, avec notamment le dispositif « ASSETT » de mobilisation des entreprises d'un territoire en faveur de sa transition écologique, et le label *Ville durable et innovante* (VDI).

Pour répondre à ces ambitions, l'approche est fondée sur quatre grands principes : (i) la mesure de la performance énergétique et carbone comme aide à la décision ; (ii) une approche systémique des quartiers et des villes en tenant compte de toutes les composantes et des interactions entre elles (énergie, eau, déchets, cadre bâti, mobilité, urbanisme, etc.) ; (iii) une prise en compte des usagers : les usages réels du quartier et de la ville dans son fonctionnement actuel et dans ses évolutions futures ; (iv) une réflexion sur les jeux d'acteurs : trouver de nouvelles synergies, explorer de nouveaux modèles économiques et cadres contractuels, afin de limiter ou de partager les risques, et

de faire émerger à terme une garantie de performances à l'échelle urbaine et ainsi d'accélérer les investissements.

Résultats majeurs

L'institut Efficacity a réussi à rendre opérationnelle la suite complète d'outils d'aide à la conception de quartier bas carbone. Elle inclut en particulier l'outil *UrbanPrint* qui effectue le bilan carbone des projets d'aménagement selon la méthode de référence *Quartier Energie Carbone* promue par l'Ademe. *UrbanPrint* a déjà été utilisé sur une centaine de projets, dont le plus emblématique est le Village Olympique. *UrbanPrint* est en outre à l'origine de l'Observatoire national de la performance carbone de l'aménagement, qui sera mis en place en 2024-2025 et qui permettra de piloter la décarbonation de l'aménagement au niveau national, mais aussi de mettre en valeur les projets les moins carbonés et les leviers d'action les plus efficaces pour y parvenir.

Production scientifique et valorisation

Méthodes et logiciels d'optimisation énergétique et d'évaluation carbone.

Début du projet : 2013 | Durée : 15 ans

Financement France 2030 : 33 400 000 €

Partenaires

EDF | ENGIE | Veolia | Vinci | Eiffage aménagement | Bouygues/LinkCity | Setec | Ingerop | Suez Consulting | AMBI | TPF | CSTB | Cerema | Université Gustave Eiffel | ENPC | École des Mines

Coordination

Michel Salem-Sermanet – Institut Efficacity
m.salem-sermanet@efficacity.com

Le village des athlètes a été évalué par le logiciel *UrbanPrint* et a atteint un « score carbone » d'environ -50 %, c'est-à-dire un impact carbone réduit de moitié par rapport au minimum réglementaire.
 © Efficacity.



DynamiTe

Dynamiques Territoriales et Spatiales

Rappel des objectifs

Le LabEx DynamiTe regroupe 20 laboratoires de recherche dans les domaines de la géographie, de l'aménagement, de l'urbanisme, de l'histoire, de l'archéologie, de la sociologie, de l'anthropologie, de l'économie, du droit et de la philosophie. Ces laboratoires relèvent de 12 établissements d'enseignement supérieur et de recherche de Île-de-France et du CNRS, ainsi que du ministère de la Culture.

Les activités de recherche se structurent sur la base d'initiatives émanant directement des membres du LabEx issus des laboratoires partenaires, qui sont répartis en 16 groupes de travail.

Ces groupes sont organisés autour de quatre enjeux sociétaux :

- enjeu 1 – Héritage et mutation des territoires ;
- enjeu 2 – Changements environnementaux et risques : impacts sur la biodiversité et les sociétés ;
- enjeu 3 – Mobilités, échanges et migrations ;
- enjeu 4 – Innovations méthodologiques et outils du numérique.

Le territoire, thème d'intérêt transversal, occupe une place centrale dans les enjeux scientifiques du LabEx, compte tenu de sa pertinence dans la mise en œuvre des politiques publiques et dans les récentes avancées scientifiques.

L'ambition d'innovation scientifique de DynamiTe se réalise également à travers des coopérations de recherche entre mondes socio-économique et académique en lien avec les territoires.

Résultats majeurs

Depuis son lancement, le LabEx a favorisé l'émergence de projets novateurs, inter- et pluridisciplinaires. Son appel à projets *Soutien aux Actions de Recherche collectives du LabEx DynamiTe* (SAR-Dyn) a notamment permis de financer 41 projets entre 2016 et 2023, dont 11 sur le thème de la ville. Citons par exemple le projet *Cueillir en ville. Populations migrantes et plantes dans les marges urbaines* (F. Paddeu et F. Roussel, EA 7338 Pléiade, 2022-2024, université Sorbonne Paris Nord), ou bien encore le projet *FIRMINFRA : L'activité foncière et immobilière des gestionnaires d'infrastructure de transport : enjeux, processus et effets sur la production urbaine en Île-de-France* (N. Aveline et J. Maulat, UMR 8504 Géographie-cités, 2018-2020, université Paris 1 Panthéon-Sorbonne).

Par le biais de 24 contrats doctoraux (dont huit liés au thème de la ville) et 33 contrats post-doctoraux (dont sept sont en lien avec la ville), le LabEx a également soutenu la formation et la professionnalisation des jeunes chercheurs et chercheuses. Citons par exemple la thèse *Accueillir les mammifères sauvages en ville : jonctions et injonctions dans la métropole du Grand Paris* (M. Capon, soutenue en 2022, UMR 7533 LADYSS, université Paris 1 Panthéon-Sorbonne), ou bien encore le contrat post-doctoral *Comment approvisionner une ville antique en plein désert ? Recherches archéobotaniques* (V. Dabrowski, 2024, UMR 8591 LGP, université Paris Est Créteil).

Production scientifique et valorisation

Clerval A., *et al.* (2015) Espace et rapports de domination, Presses universitaires de Rennes, 400 p.

Le Goix R., Vesselinov E. (2015), Inequality Shaping Processes and Gated Communities in US Western Metropolitan Areas, *Urban Studies*, 52(4), pp. 619-638.

Berger M., Chaléard J.-L. (dir) (2017) Villes et campagnes en relations, *Regards croisés Nords-Suds*. Paris, Karthala, 304 p.

N'Diaye O., *et al.* (2018) L'adoption du *smart grid* par les promoteurs japonais : une perspective immobilière sur la *smart city*, *L'Espace géographique*, 47, 4, pp. 289-304.

Début du projet : 2012 | Durée : 13 ans

Financement France 2030 : 10 361 810 €

Partenaires

CNRS | Ministère de la Culture | Université Paris Cité | Université Paris Nanterre | Université Sorbonne Paris Nord | IRD | Université Paris 8 Vincennes Saint-Denis | Université Paris-Est Créteil | EPHE | CNAM | EHESS | Inalco

Coordination

Franck Lavigne – Université Paris 1 Panthéon Sorbonne
franck.lavigne@univ-paris1.fr

Mission de terrain en Seine-et-Marne.

© LabEx DynamiTe.



FUTURBAINS

Futurs urbains

Rappel des objectifs

Le LabEx Futurs urbains a été créé en 2011. Il réunit à l'origine l'ENPC, les universités Paris-Est Créteil et Paris-Est Marne-la-Vallée, l'IFSTTAR, les écoles d'architecture de Marne-la-Vallée, de Paris-Belleville et de Paris-Malaquais ainsi que le CNRS. Depuis la fusion entre eux de plusieurs de ces établissements, le LabEx Futurs urbains a été placé sous la tutelle de l'université Gustave Eiffel. Il achèvera ses travaux en décembre 2024.

Il est dédié aux études urbaines, entendues dans un sens pluridisciplinaire très large : sciences humaines et sociales, sciences de l'urbanisme, de l'architecture, de l'ingénieur et de l'environnement. Il s'appuie sur la dynamique de la Cité Descartes, fondée dans les années 1980 comme cluster dédié à l'urbain (via l'EQUIPEX *Sense City* notamment).

Soutenu par 14 laboratoires de recherche (UMR ou EA), le LabEx Futurs urbains a joué un rôle essentiel dans la structuration d'une large communauté scientifique. 300 chercheuses et chercheurs, organisés en 14 groupes thématiques interdisciplinaires, ont développé sur une durée de quinze ans des recherches de longue haleine portant sur des sujets aussi divers que la place de l'énergie ou de la nature en ville, les risques, l'économie circulaire, les transports mais aussi les inégalités liées au changement urbain, les usages de l'histoire dans les devenirs urbains, l'histoire croisée et mondiale des métropoles, la marche en ville, les métiers du métabolisme urbain, etc.

Résultats majeurs

Le LabEx a contribué fortement à la structuration des études urbaines sur le site de la Cité Descartes et plus largement en région parisienne (association des écoles d'architecture et d'un laboratoire de Paris 1). Il a permis l'émergence de collectifs pluridisciplinaires de recherche durable sur des questions clés liées au devenir des villes qu'on peut regrouper en cinq grands champs de recherche : Les mobilités (transport, tourisme, piétonnisation), l'inclusivité (*smart city*, inégalités, justice spatiale, place et rôle des femmes), le métabolisme urbain (énergie, économie circulaire, natures urbaines, métiers), les héritages urbains (patrimoine, récits de ville, histoire croisée des métropoles). Le travail épistémologique constitue l'ADN de ces groupes et a permis l'émergence d'approches interdisciplinaires nouvelles (penser l'urbain

par l'image, réseau international de recherche sur les villes diffuses, métiers de la ville, désescalade énergétique, etc.).

La plupart des recherches ont été conduites dans une perspective internationale, appuyées sur des séminaires réguliers (en Allemagne, Autriche, Belgique, Espagne, Italie, Suisse, Mexique, Canada...).

Les 14 groupes transversaux ont été réunis à de nombreuses reprises pour des événements scientifiques à l'échelle du LabEx (*LabEx Weeks* de 2015 et 2017, *Dix ans du LabEx* en 2021, *Deux jours du LabEx* en 2022, colloque final en 2024).

Les groupes transversaux ont accueilli de manière régulière et tournante des contrats doctoraux, des post-doctorants et ingénieurs d'études ou de recherches voire des écoles doctorales. Ils ont ainsi contribué au soutien à la jeune recherche et à la construction des curriculum vitae, permettant à plusieurs anciens jeunes chercheurs de s'insérer dans l'enseignement supérieur et la recherche.

Production scientifique et valorisation

Clerval A., *et al.* (2023) *Inégalités et rapports de pouvoir en ville*. Actualité de la critique urbaine, L'œil d'Or, 424 p.

Coutard P., Gallez C. (2023) *Vers une Ile-de-France postcarbone. Freins et leviers d'une transition énergétique régionale*, L'œil d'Or, 462 p.

Demailly K-E., *et al.* (2021) *Dictionnaire pluriel de la Marche en Ville*, L'œil d'Or, 448 p.

Cuny C., *et al.* (2020) *L'urbain par l'image*, Créaphis, 254 p.

Site internet : <https://www.futurs-urbains.fr/>

Début du projet : 2011 | Durée : 13 ans

Financement France 2030 : 5 300 000 €

Partenaires

ENPC | École Nationale Supérieure d'Architecture Paris Belleville et Paris Malaquais | Université de Paris-Est Créteil | Université Gustave Eiffel

Coordination

Loïc Vadelorge – Université Gustave Eiffel
loic.vadelorge@univ-eiffel.fr

Visite de l'écoquartier LaVallée de Châtenay-Malabry par le groupe Usages de l'histoire et devenirs urbains du LabEx Futurs urbains, mars 2021.
 © D. Roussel, laboratoire ACP, LabEx Futurs urbains.



IMU

Urban Worlds Intelligences

Rappel des objectifs

Le LabEx IMU est une structure pluridisciplinaire de recherche et d'expérimentation sur la ville, les enjeux urbains, la métropolisation et l'urbanisation. Sa vocation est de structurer, stimuler, capitaliser et valoriser une expertise scientifique et technique sur les mondes urbains d'hier, d'aujourd'hui et demain, tout en contribuant à l'action des pouvoirs publics et des acteurs privés.

Depuis sa création, IMU s'attache à développer l'exercice de la pluralité scientifique radicale en interface avec la société. C'est pourquoi les acteurs « praticiens » issus des collectivités, des institutions territoriales, des entreprises et des centres d'excellence compétitifs participent activement au dispositif. Après un travail de structuration sur les thématiques suivantes – Nature en ville et santé, formes urbaines – densité, risques urbains et environnement, bâtir et habiter vert, villes numériques, mobilité et données, métropolisation urbanisation technique et société, la mise en place de studios – incubateurs de recherche et lieux d'interface, IMU poursuit son objectif en explorant les mutations à l'œuvre et à faire advenir face aux défis écologiques, environnementaux et sociétaux. Ce faisant, il continue à structurer les recherches et projets du site Lyon Saint-Étienne sur les mondes urbains et participe à son rayonnement et son insertion dans des dispositifs nationaux (Programmes et équipements prioritaires de recherche – PEPR) et internationaux.

Résultats majeurs

IMU réunit aujourd'hui 550 chercheurs, 39 laboratoires, dans un large spectre disciplinaire (sciences humaines et sociales, sciences pour l'ingénieur, sciences du vivant...) autour des mondes urbains comme objet d'étude commun, d'une approche holistique des phénomènes urbains et d'un principe, la circulation des points de vue pour aborder les enjeux de l'urbain généralisé de manière plurielle et pour créer de nouveaux paradigmes.

C'est dans ce cadre qu'IMU a entre 2011 et 2023 :

- mis en œuvre 57 projets scientifiques (avec le financement de 23 thèses) conduits dans la pluralité scientifique en collaboration avec des acteurs du monde socio-économique ;
- permis le financement de 241 sujets de master en lien avec les projets, studios, chaires ;
- délivré 157 labellisations pour des publications, des soutiens à des événements scientifiques ;
- financé six projets de formation innovantes ;
- créé deux Chaires partenariales cofinancées, la Chaire *Habiter Ensemble la Ville de Demain* qui rassemble quatre laboratoires, deux industriels, trois bailleurs sociaux et la métropole de Lyon, et la Chaire *Data et Service pour une Ville Durable* en partenariat avec Renault Group ;

- soutenu 20 studios, espaces de collaboration et incubateurs qui rassemblent chercheurs et praticiens autour d'un objet collectif de recherche ;
- noué des partenariats avec la métropole de Lyon et la Ville de Lyon sur des projets dont le TIGA *Think and do tank Sciences, Sociétés et Industries* et le studio *Métropole Durable en Transition(s) : travail, être en santé et prospective*.

Production scientifique et valorisation

Maghakian C., *et al.* (2023) Drowning incidents in urban rivers: an underestimated issue with future challenges in need of an interdisciplinary database to characterize its epidemiology, *Environmental Challenges*, p. 100822.

Colin C., *et al.* (2023) *UD-SV : Plateforme d'exploration de données urbaines à n-dimensions* – Espace, Temps, Thématiques, Mappemonde, n°135, 13 p.

Bouchali R., *et al.* (2022) Bacterial assemblages of urban microbiomes mobilized by runoff waters match land use typologies and harbor core species involved in pollutant degradation and opportunistic human infections, *Science of the Total Environment*, Elsevier, p. 152662.

Gippet JMW., *et al.* (2022) The observed link between urbanization and invasion can depend on how invasion is measured – Diversity and Distributions, 28, pp. 1171-1179.

Chareyron S. *et al.* (2022), Externalities from urban renewal: Evidence from a French program, *Regional Science and Urban Economics*, vol. 95, p. 103789.

Début du projet : 2011 | Durée : 15 ans

Financement France 2030 : 13 378 378 €

Partenaires

INSA Lyon | CNRS | Université Claude Bernard Lyon 1 | Université Lumière Lyon 2 | Université Jean Moulin Lyon 3 | Université Jean Monnet | ENTPE | École Centrale de Lyon | ENS de Lyon | Esadse | IIEP Lyon | ENSAL | ENSASE | VetAgro Sup | École des Mines de Saint-Étienne | INRAE | Université Gustave Eiffel | Centre Léon Bérard | INRIA | Partenaires auxquels s'ajoutent les partenaires institutionnels publics, privés, associatifs.

Coordination

Lionel Soulhac – Université de Lyon
lionel.soulhac@insa-lyon.fr



LABEX
IMU
UNIVERSITÉ DE LYON

Risques (IRiMa)

Gestion intégrée des Risques pour des sociétés plus résilientes à l'ère des changements globaux

Rappel des objectifs

Les changements globaux en cours exposent les sociétés humaines à une augmentation sans précédent des risques et des catastrophes (glissements de terrain, inondations, avalanches, extrêmes climatiques, incendies, séismes...) liés à la combinaison des impacts du changement climatique et des activités humaines. Cette nouvelle nature du risque peut également conduire à des catastrophes technologiques graves et à de fortes menaces environnementales comme l'ont révélées des polycrises ces dernières années, telles que l'accident nucléaire de Fukushima, l'ouragan Katrina, ou encore les feux de forêt en Californie.

Dans ce contexte, le PEPR Risques (IRiMa - *Integrated Risks Management for more resilient societies at the global changes era*) vise à :

- fédérer et à intégrer les savoirs produits par différentes communautés de recherche, en particulier les géosciences, l'ingénierie, les sciences du numérique et les sciences humaines et sociales, qui sont fortement impliquées sur la thématique des risques mais travaillent souvent en silos ;
- produire des connaissances sur les types d'aléas, la superposition et l'intrication de différents risques sur un même territoire ;
- analyser les logiques qui structurent la gestion des risques ;
- développer des outils innovants pour mieux détecter, comprendre, quantifier, anticiper et gérer les risques et les catastrophes ;
- contribuer à l'élaboration d'une nouvelle stratégie de gestion des risques et des catastrophes.

Le PEPR s'articule autour de six axes de recherche dont le quatrième est plus particulièrement consacré aux risques en zones urbanisées et industrielles/zones densément peuplées. Celui-ci aborde de manière interdisciplinaire et intégrée les enjeux scientifiques soulevés par les crises survenant en zones où plusieurs vulnérabilités naturelles, sociales et infrastructurelles se conjuguent.

Un des projets ciblés du PEPR Risques se concentre notamment sur les risques « NaTech », terme utilisé pour désigner l'impact d'une catastrophe naturelle sur tout ou partie d'une installation industrielle, impact susceptible de provoquer un accident au-delà du site

industriel et d'affecter des personnes, des biens ou l'environnement. Dans le contexte du changement climatique, la fréquence et/ou l'intensité des phénomènes naturels extrêmes pourrait croître encore, justifiant la nécessité de mieux caractériser et anticiper les risques NaTech. Associant huit partenaires, le projet *Risques NaTech* vise à élaborer des scénarios NaTech avec les acteurs du territoire, à développer des approches méthodologiques et des outils permettant d'évaluer et de quantifier ces risques et les incertitudes associées, et à concevoir des outils d'aide à la décision et de gestion de crise. Il porte sur des territoires urbains et périurbains généralement associés à une densité de population et d'installations industrielles : la basse vallée de la Seine (de Rouen au Havre), l'estuaire de la Gironde et la vallée du Rhône.

Production scientifique et valorisation

Site internet : <https://www.pepr-risques.fr/>

Début du projet : 2023 | Durée : 8 ans
Financement France 2030 : 51 900 000 €

Partenaires

INRAE | IPGP | INERIS | IRSN | IRD | Université de Bordeaux | Université Côte d'Azur | La Rochelle Université | ENS de Lyon | Grenoble INP

Coordination

Gilles Grand-Jean – BRGM –
g.grandjean@brgm.fr

Soraya Boudia – CNRS –
soraya.boudia@cnrs.fr

Didier Georges – Université de Grenoble Alpes
didier.georges@univ-grenoble-alpes.fr

Effondrement lié à une poche de matériaux argilo-sableux au sein d'une falaise de craie entre Dieppe et Pourville menaçant une route, des habitations et un stade (Seine-Maritime, 2014).
 © BRGM, T. Dewez, PEPR Risques.



LABEXMED

Social Sciences and Humanities at the Heart of the Multidisciplinary for the Study of the Mediterranean

Rappel des objectifs

Alors que la Méditerranée connaissait une actualité croissante dans les domaines politiques et culturels, que sa situation la plaçait au centre de problématiques liées aux enjeux globaux, l'université d'Aix-Marseille (AMU) a proposé, dans un partenariat équilibré avec le CNRS, de rassembler les forces les plus significatives dans le domaine. À cette fin, autour de la Maison méditerranéenne des sciences de l'Homme (MMSH), a été défini un périmètre d'excellence qui regroupait 16 UMR, toutes sous tutelle d'AMU : les 11 laboratoires de la MMSH et cinq autres laboratoires SHS pour un élargissement disciplinaire, de nouvelles synergies et le renforcement des liens inter-institutionnels entre AMU et les autres tutelles de ces unités.

Le projet de recherche défini dans la convention comprenait trois volets d'action : (i) le développement des réseaux de recherche euro-méditerranéens et la consolidation du rôle fédérateur de la MMSH sur le site ; (ii) la mise en place d'appels à projets internes, dans le cadre des cinq Ateliers Thématiques de Recherches Interdisciplinaires (ATRI) pour développer les collaborations interlaboratoires et interdisciplinaires, dans les sciences humaines et sociales et à l'interface avec d'autres domaines de connaissance (systèmes productifs, circulations, interdépendances ; dynamiques socio-environnementales ; savoirs, techniques, langages ; patrimoines : enjeux, pratiques, représentations ; états, droits, appartenances) ; (iii) une politique de développement des Humanités numériques favorisant de nouvelles pratiques collaboratives à l'échelle de la Méditerranée.

Résultats majeurs

Au terme des neuf années d'activité de LABEXMED, le panorama des études méditerranéennes sur le site d'Aix-Marseille a changé : réunion des forces SHS pour l'étude de la Méditerranée ; ouverture à de nouveaux partenariats disciplinaires, internationaux et non académiques ; accroissement de la mobilité internationale.

Le LabEx a permis la structuration d'une communauté scientifique méditerranéenne élargie en développant des collaborations avec 17 partenaires internationaux, en soutenant l'organisation de 34 colloques internationaux et assurant le recrutement de jeunes chercheurs internationaux (79 post-doctorants et dix doctorants), l'invitation de 44 chercheurs étrangers et la mobilité internationale de neuf jeunes docteurs. LABEXMED a investi sur l'émergence et la consolidation d'équipes interdisciplinaires en son sein avec 41 projets amorcés et sept projets

scientifiques structurants. L'interdisciplinarité était aussi au centre de 21 ateliers de formation doctorale, de la Chaire d'excellence Aristote et des travaux de l'Observatoire des pratiques interdisciplinaires.

Il a également favorisé l'adoption de bonnes pratiques numériques avec la création d'ateliers de formation, l'accompagnement de projets de recherche sur leur volet digital et le développement de plateformes variées.

Enfin, LABEXMED a favorisé le développement des activités Arts-Sciences au-delà de la sphère académique (Mucem, Fondation Camargo). La dynamique collective d'entraînement ainsi créée a conféré aux laboratoires une attractivité internationale et une capacité accrue à lever des fonds.

Production scientifique et valorisation

Boissevain K., Le Pape L. (2014) Les conversions religieuses en Méditerranée, *Cahiers d'études du religieux. Recherches interdisciplinaires*, numéro spécial, 1760-5776.

Cerutti S., et al. (2017) *Appartenance locale et propriété au nord et au sud de la Méditerranée*, IREMAM, 247 p.

Bouffier S., et al. (2019) *Gérer l'eau en Méditerranée au premier millénaire avant J.-C.*, Presses universitaires de Provence.

Paradis-Grenouillet S., et al. (2018) *Into the woods. Overlapping perspectives on the history of ancient forest*, Editions Quae, Update Sciences & technologies, 978-2-7592-2907-9.

Début du projet : 2011 | Durée : 8 ans
Financement France 2030 : 10 000 000 €

Partenaires

CNRS Provence Corse IIRD Marseille | EHESS | Université d'Avignon et Pays du Vaucluse | Université Paris | Panthéon-Sorbonne

Coordination

Brigitte Marin – Aix-Marseille Université, 2011-2019
 brigitte.marin@univ-amu.fr

Sophie Bouffier – Aix-Marseille Université, 2019
 sophie.bouffier@univ-amu.fr

Visite du site archéologique de Cumés (Italie), Atelier de la Méditerranée « Ports et zones portuaires de la Méditerranée antique », 17-18 juin 2019.

© Dars et Papillaud, CC BY NC ND, LABEXMED.



LUS

Lyon Urban School

CHAPITRE 10 | FRANCE 2030

Rappel des objectifs

L'Institut de convergence École urbaine de Lyon (2017-2023) a été conçu comme une plateforme d'expérimentation et de soutien aux projets innovants centrée sur une « science frontière » émergente, résolument interdisciplinaire : l'urbain anthropocène, c'est-à-dire l'étude de l'urbanisation planétaire comme vecteur du changement global. Volontairement, l'École urbaine de Lyon (EUL) n'a pas privilégié le développement des activités académiques mais la mise en débat public des enjeux sociétaux liés au changement global, en organisant la rencontre entre les chercheurs venus de tous les champs de savoirs (sciences humaines et sociales, sciences expérimentales, sciences de l'environnement et du système terre, sciences de l'ingénieur) et les acteurs et actrices de la société civile.

Ce programme expérimental et atypique a poursuivi trois objectifs complémentaires : (i) créer une *graduate school* en études urbaines anthropocènes par la mise en place des activités de master et le recrutement de 21 doctorants de 2018 à 2022. Cet accueil de doctorants, pour lesquels une formation innovante a été organisée, fut le cœur du fonctionnement du programme ; (ii) consolider et spécifier une « école scientifique lyonnaise ». Le potentiel de recherche du site universitaire de Lyon-Saint-Étienne est tourné depuis longtemps vers la recherche interdisciplinaire sur les environnements anthropisés. L'objectif de l'EUL fut d'ajouter une dimension spécifique nouvelle à cette recherche en soutenant l'hypothèse que l'urbanisation vectorise le changement global. Ce sont les impacts des activités liées à la mise en place du système urbain mondial qui provoquent les « forçages » des systèmes biophysiques planétaires à toutes les échelles en même temps. L'École urbaine a donc servi d'incubateur pour des approches pionnières, en complément des actions des laboratoires ; (iii) proposer une École universitaire ouverte à tous, développée dans l'esprit de ce qu'on appelle en France « l'éducation populaire ». Les enjeux sociétaux liés à l'anthropocène sont majeurs et la science, dans toute la variété de ses expressions, doit contribuer pleinement à la formation des citoyens-acteurs et des parties prenantes des réorientations écologiques indispensables à engager.

Résultats majeurs

Au-delà des productions scientifiques proprement dites (thèses de doctorat, articles, colloques, séminaires de recherche) qui furent nombreuses, l'activité la plus emblématique de l'École urbaine de Lyon fut sans aucun doute, à côté de la programmation chaque mercredi d'un débat entre un scientifique et un expert de la société civile (« Les mercredis de l'anthropocène »), la création d'un festival unique en son genre, rendez-vous récurrent d'une semaine : « À l'école de l'anthropocène », le plus important événement d'échanges scientifiques et de débats publics sur l'anthropocène organisé en Europe. Ce festival a permis de faire converger en un « lieu totem » les activités de recherche, de formation, de débat et de création. « À l'école de l'anthropocène », se poursuit après la fin du programme « Instituts Convergences » (la sixième édition s'est tenue à la fin du mois de mars 2024 et a rencontré un grand succès), preuve de son importance et de son intérêt.

Autre production importante, des ressources numériques sur l'anthropocène (cours publics, podcasts de la *Radio Anthropocène*, créée par l'EUL et qui poursuit son activité, veille scientifique, reprise aujourd'hui par l'UMR 5600 CNRS Environnement, ville, société, chaîne YouTube spécifique) qui restent accessibles en ligne.

Début du projet : 2017 | Durée : 8 ans

Financement France 2030 : 9 000 000 €

Partenaires

INSA Lyon | CNRS | Université Claude Bernard Lyon 1 | Université Lumière Lyon 2 | Université Jean Moulin Lyon 3 | Université Jean Monnet | ENS de Lyon | ENTPE | École Centrale de Lyon | ENSAL | CNRS Rhône Auvergne | INRIA | IEP Lyon | ENSSIB | VetAgro Sup | École des Mines de Saint-Étienne | ISARA | Université Grenoble Alpes | Université Gustave Eiffel

Coordination

Michel Lussault – Université de Lyon
michel.lussault@ens-lyon.fr



Festival « À l'école de l'anthropocène »,
© A. Pinon, IC LUS.

ONEWATER

Eau Bien Commun

Rappel des objectifs

L'amplification des extrêmes hydrologiques, du fait du changement global, est un défi majeur de nos sociétés au XXI^e siècle qui nécessite d'agir à tous les niveaux. L'eau est un bien commun indispensable à la vie et au développement socio-économique. Elle est une ressource, un milieu vivant, un élément vital tant pour la régulation du climat, le fonctionnement des écosystèmes et le développement humain. La France a été pionnière dans le monde pour la mise en place d'une gouvernance par bassin hydrographique, mais le postulat que tout pouvait être résolu à l'échelle du bassin s'érode. Le global rattrape le local et de nouveaux questionnements apparaissent. Ces défis doivent être pris en charge par des approches plus intégrées, systémiques, multi-acteurs pour coconstruire des solutions adaptées à des réalités contrastées. Sur une période de dix ans, ce programme vise à changer de paradigme en replaçant l'eau comme bien commun, élément central des socio-écosystèmes soumis à des forçages climatiques et anthropiques.

Il s'organise en six grands défis scientifiques et techniques pour lesquels il est nécessaire de lever des verrous de connaissance et assurer un transfert effectif vers les acteurs.

- défi 1 : anticiper l'évolution de la ressource en eau pour permettre l'adaptation ;
- défi 2 : développer une « empreinte eau » des processus environnementaux et des activités humaines ;
- défi 3 : développer l'eau comme sentinelle de la santé de l'environnement et des sociétés humaines le long du continuum terre-mer ;
- défi 4 : proposer des solutions pour promouvoir l'adaptabilité et la résilience des socio-hydrosystèmes ;
- défi 5 (transverse) : accompagner la transition vers une nouvelle gouvernance des ressources pour une société durable et résiliente ;
- défi 6 (transverse) : partager les données sur l'eau pour la connaissance et l'action.

Résultats majeurs

Transformant, ce programme aura des impacts directs et significatifs sur le développement des sociétés et des territoires :

- socio-économiques (accompagnement des acteurs dans la transformation de leurs pratiques avec des solutions innovantes, déploiement de l'économie circulaire) ;

- environnementaux (solutions d'adaptation, alerte sur les pollutions et les risques tout en préservant la biodiversité nécessaire au bon fonctionnement des socio-hydrosystèmes ;
- sanitaires et sociaux (amélioration de la qualité de vie et de la santé des populations, accès à une eau de qualité et à l'assainissement) ;
- socioculturels (évolution des pratiques via l'intégration des valeurs de l'eau, le développement d'outils intégrés pour la gestion des données et des traitements pour une approche holistique, priorité des politiques sectorielles à court, moyen et long termes) ;
- scientifiques (reconnaissance internationale, support aux secteurs socio-économiques et aux actions européennes, émergence d'une plateforme virtuelle de l'eau).

Production scientifique et valorisation

Webinaire *Le programme ONEWATER, enjeux et perspectives*, 20 janvier 2023.

Webinaire *Dépassement de la limite planétaire en eau douce : quels enjeux ?* 22 novembre 2023.

Pilote *Wall-Free Lab*, 27-29 mars 2023.

Journées scientifiques ONEWATER, 10-12 juillet 2023.

Site internet : <https://www.onewater.fr/fr>

Début du projet : 2021 | Durée : 10 ans
Financement France 2030 : 53 000 000 €

Partenaires

IFREMER | IIRD | Météo France | Université de Bordeaux |
 Université Grenoble Alpes | Université Claude Bernard Lyon
 1 | Université de Montpellier | Université de Rennes 1 |
 Université de Strasbourg | Université Fédérale Toulouse
 Midi-Pyrénées

Coordination

Agathe Euzen – CNRS
agathe.euzen@cnrs-dir.fr

Alain Dupuy, Thibault Datry – BRGM, INRAE
programme@onewater.fr

Écoulement d'un ruisseau sur un lit caillouteux.
 © Unsplash.



SOLU-BIOD

Solutions fondées sur la Nature

Rappel des objectifs

La crise climatique et le déclin de la biodiversité obligent nos sociétés à se réinventer. Prévenir les effets de ces crises jumelées tout en relevant de multiples défis sociétaux doit être une priorité pour la France. Les Solutions fondées sur la Nature (SfN) sont des approches de protection, restauration ou gestion des écosystèmes permettant de relever efficacement différents défis sociétaux et ayant des impacts positifs à la fois sur le plan social, environnemental, économique et sur la biodiversité.

La France accueille des recherches de haut niveau sur la biodiversité, mais manque d'une communauté de recherche bien structurée pour relever les défis des SfN. Le PEPR Solutions fondées sur la Nature souhaite ainsi favoriser le développement d'une recherche innovante et ambitieuse sur les SfN.

Copiloté par le CNRS et l'INRAE, le programme vise à promouvoir des approches scientifiques qui accompagnent la conception, la mise en œuvre et l'évaluation des SfN. Il souhaite également favoriser l'émergence d'un nouveau secteur économique avec de fortes retombées sociales et environnementales.

Le programme national de recherche est financé dans le cadre du plan d'investissement France 2030 à hauteur de 44,2 millions d'euros sur une période de neuf ans (2023-2032). Il est mené en étroite collaboration avec les communautés de la recherche publique et un grand nombre d'acteurs de la société.

Résultats majeurs

Dans le cadre du PEPR Solutions fondées sur la Nature, un réseau de onze *living labs* sur les Solutions fondées sur la Nature a été créé dans l'hexagone et en outre-mer.

Un *living lab* est une structure de recherche collaborative qui regroupe des acteurs publics, privés, des entreprises, des associations et des acteurs individuels. C'est une méthode où citoyens, habitants, usagers sont considérés comme des acteurs clés des processus de recherche et d'innovation. Le *living lab* a pour objectif de tester des services, des outils ou des usages nouveaux « grandeur nature ».

Trois *living labs* du réseau concernent les territoires urbains :

- le *living lab* Antharès étudie les Solutions fondées sur la Nature (SfN) appliquées au territoire urbain de la métropole lyonnaise et sa frange rurale et périurbaine ;
- le *living lab* LLUNAM étudie, lui, les SfN dans la zone métropolitaine de Montpellier, allant du cœur de ville aux zones périurbaines, ainsi que dans les milieux agricoles et naturels environnants ;
- le *living lab* Paris Île-de-France concerne les zones urbaines de la région Île-de-France, de leurs franges suburbaines à leurs noyaux urbains denses.

Production scientifique et valorisation

Site internet : www.pepr-solubiod.fr

Début du projet : 2023 | Durée : 9 ans

Financement France 2030 : 44 200 000 €

Partenaires

IFREMER | IIRD | Muséum national d'Histoire naturelle | Aix-Marseille Université | Sorbonne Université | Université Claude Bernard Lyon 1 | Université de Montpellier | Université Grenoble Alpes | Agences de l'eau | ARB Île-de-France | CDC Biodiversité | Conservatoire du littoral | Les Eco Maires | EGIS | EpE | LPO | Métropole de Lyon | Ville de Montpellier | OFBI Fédération des Parcs naturels régionaux de France | UICN France | Union nationale des CPIE | UJPE

Coordination

Martine Hossaert – CNRS
martine.hossaert@cnrs-dir.fr

Philip Roche – INRAE
philip.roche@inrae.fr



Photographie aérienne de bâtiments végétalisés.
© Wang, Unsplash.

Sense-City

Nano-capteurs pour la ville : conception, prototypage et validation à grande échelle

Rappel des objectifs

Rendre la ville moins énergivore, moins polluée, plus verte, capable de s'adapter aux circonstances, aux usages tout le monde en rêve. Mais pour lui donner au mieux ces capacités il faut la rendre sensible à son état. C'est l'objectif du projet Sense-City qui vise à développer un environnement permettant de pouvoir faire des expériences en milieu quasi réaliste équipé de capteurs pour mieux connaître les composantes physiques de la ville. En particulier Sense-City accueille de nouveaux capteurs, micro et nano, avant leur industrialisation pour calculer la performance énergétique des matériaux, la production de polluants divers ainsi que l'efficacité de certains matériaux ou aménagements (tels que les arbres de pluie) pour améliorer la qualité de vie en limitant les dépenses énergétiques. L'équipement est donc un outil permettant d'avancer scientifiquement et techniquement sur les capteurs, les modèles (thermique et de pollution) et les connaissances des propriétés de nouveaux matériaux, tels que les matériaux biosourcés comme la terre crue. Sense-City est composé de deux petits quartiers et d'un hall climatique sur rail de 400 m² sol reposant sur l'un ou l'autre quartier. Les petits quartiers, appelés minivilles, sont de taille 1/1 et reproduisent des composants urbains : des bâtiments, des portions de rues, des réseaux de distributions et des aménagements urbains. L'équipement est situé au cœur de la Cité Descartes à Marne-la-Vallée et est utilisable par une grande diversité de chercheurs et d'entreprises.

Résultats majeurs

La chambre climatique étant un objet unique et innovant, la démarche a été longue pour écrire le cahier des charges et avoir des réponses adaptées au besoin et au budget. La procédure de marché a débuté en 2013, la chambre a été construite en 2016/2017 et validée en 2018. Les minivilles sont conçues pour diversifier les expérimentations scientifiques et sont contraintes par la taille de la chambre et les budgets. La première miniville a été conçue et construite entre 2016 et 2018, sa réalisation a permis de finaliser les tests thermiques de la chambre climatique. L'année 2018 a été consacrée au début de fonctionnement de la chambre, à l'installation dans la miniville d'un des 77 capteurs et de 239 voies de mesures reliées à un système d'information (SI), à la construction d'une maison biosourcée et à la conception de la miniville 2. L'année 2019 a été consacrée à la construction de la miniville 2, puis à son équipement en capteurs adaptés aux expérimentations prévues. Le SI permettant l'accès aux mesures des capteurs a été régulièrement amélioré pour répondre aux besoins émergents. Entre 2018 et 2019, 19 expérimentations ont été faites, totalisant 322 jours. Ces

expérimentations concernent entre autres la conception de capteurs de qualité de l'eau dans la boucle d'eau, l'étude thermique des bâtiments, la conception de matériaux dépolluants ou encore l'étude comparative de solutions rafraîchissantes.

Production scientifique et valorisation

Djatouti Z., *et al.* (2020) Goal-oriented sensor placement and model updating strategies applied to a real building in the Sense-City equipment under controlled winter and heat wave scenarios, *Energy and Buildings*, 231.

Le Pivert M., *et al.* (2019) Direct Growth of ZnO Nanowires on Civil Engineering Materials: Smart Materials for Supported Photodegradation of water pollutants, *Microsystems & Nanoengineering*, 5, 57.

Wang X., *et al.* (2019) Optical chemosensors for metal ions in aqueous medium with polyfluorene derivatives: Sensitivity, selectivity and regeneration, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 286, pp. 521-532.

Ruas A., *et al.* (2024) Comparison of cooling grey solutions in the sense-city urban demonstrator for adapting cities to heat waves, *Urban Climate*, 55.

Brevets

Leprince Y., *et al.* (2018) *ZnO Nanowires intended for photocatalysis for water and/or air depollution*, European patent number: 18306376.7 – 1103 (2018).

Villette C., *et al.* (2019) *Dispositif d'acquisition et un système de mesure comprenant un tel dispositif d'acquisition, servant à déterminer les valeurs de grandeurs susceptibles d'être déterminées à partir de mouvements d'un corps, ou substrat, déformable*, FR 19 05652, 2019.

Début du projet : 2011 | Durée : 8 ans
Financement France 2030 : 8 997 121 €

Partenaires

Université Gustave Eiffel | ESIEE Paris | CSTB | Université Paris-Est Créteil | Université Paris-Saclay | CNRS | École Polytechnique | INRS | Université Paris-Est Marne La Vallée

Coordination

Béregère Lebental (2011-2016)

Anne Ruas (2017-2019) – Université Gustave Eiffel
anne.ruas@univ-eiffel.fr

Vue sur la miniville 2 de Sense-City avec sa rue canyon et équipée de capteurs. La chambre climatique couvrant la miniville 1 est à droite.
© A. Ruas, 2024, EQUIPEX Sense-City.



VDBI

Ville Durable

Rappel des objectifs

La notion de développement durable émerge dans les débats internationaux en 1988 avec le rapport Brundtland (*Notre avenir à tous*). Elle apparaît rapidement sous la forme d'un schéma qui situe le développement durable à la croisée de trois sphères représentant l'environnement, l'économie, le social. En 1994, avec la Charte d'Aalborg, la notion s'étend à la ville, les villes européennes s'entendant pour opérer les mutations nécessaires pour devenir des villes durables. À partir des années 2000, les questions environnementales deviennent de plus en plus prégnantes dans le débat public. Depuis, une multitude d'actions et d'initiatives ont eu lieu – labels, conférences internationales, réglementations, etc. – et pourtant, la mise en œuvre de ville durable reste toujours et encore à ce jour à l'agenda des urgences. Aujourd'hui, les résultats n'apparaissent pas à la hauteur des enjeux. Parmi les obstacles qui se dressent devant la mise en œuvre de la ville durable, quatre d'entre eux apparaissent majeurs : (i) un grand nombre d'initiatives sont menées de par le monde, mais de manière dispersée et faiblement coordonnée ; (ii) le fait urbain et surtout sa généralisation restent un fait minoré et scientifiquement insuffisamment documenté ; (iii) une production de solutions à l'échelle locale à des problèmes qui se posent à l'échelle planétaire ; (iv) des communautés scientifiques et techniques fragmentées autour du problème des villes durables et des bâtiments innovants.

Piloté par le CNRS et l'université Gustave Eiffel, le PEPR VDBI a pour vocation d'accélérer le mouvement en contribuant à la constitution d'une communauté capable de prendre en charge scientifiquement et techniquement les problèmes de mise en œuvre de la ville durable et des bâtiments innovants. Il s'agit de construire une recherche sur la trajectoire de l'urbanisation et ses modalités et capable d'orienter celle-ci. L'urgence appelle à la mobilisation de toutes les parties

prenantes : praticiens et industriels, autorités locales, citoyens, chercheurs. Pour ce faire, deux stratégies croisées ont été définies : développer une recherche tirée par l'aval conditionnée par la capacité à mobiliser l'ensemble des champs de la connaissance scientifique et technique (disciplines, pratiques).

L'objectif est de favoriser les échanges de faire circuler les connaissances entre les communautés scientifiques et les acteurs territoriaux. Pour ce faire trois dispositifs sont mis en œuvre :

- un mécanisme d'appel à projet visant une mobilisation nationale des communautés scientifiques et techniques et l'implication des parties prenantes ;
- un dispositif d'animation assurant la prise en compte des problèmes de mise en œuvre de villes et bâtiments durables ;
- trois centres opérationnels permettant à la fois de mobiliser les connaissances immédiatement disponibles, d'assurer une véritable veille et la capitalisation des connaissances produites.

Début du projet : 2023 | Durée : 8 ans

Financement France 2030 : 40 000 000 €

Coordination

Gilles Gesquière – CNRS –
gilles.gesquiere@univ-lyon2.fr

Dominique Mignot – Université Gustave Eiffel –
dominique.mignot@univ-eiffel.fr

Jean-Yves Toussaint – CNRS
jean-yves.toussaint@insa-lyon.fr



Quels leviers d'actions pour aller vers une ville plus durable ?
© J. Y. Toussaint, PEPR VDBI.

INDEX DES FICHES PROJETS

| | | | | | |
|--------|---------------------|--------|------------------------|--------|---------------|
| p. 194 | 3S RECIPE | p. 220 | FUTURBAINS | p. 227 | Sense-City |
| p. 158 | ACACIA | p. 125 | GEDEAH | p. 168 | SENSIBILIA |
| p. 86 | ACROSS-AO | p. 203 | GELULE | p. 211 | SMARTECO |
| p. 78 | ACTEUR | p. 204 | GeRTrUD | p. 188 | SMART-U-GREEN |
| p. 112 | ACV Quartiers | p. 92 | GreenLand | p. 189 | SOCOCITY |
| p. 195 | AETIC | p. 143 | GREENVELOPES | p. 226 | SOLU-BIOD |
| p. 196 | AFRICOOLING | p. 144 | H2C | p. 149 | STEWARd |
| p. 197 | Altergrowth | p. 145 | H ³ Sensing | p. 169 | sTREEt |
| p. 87 | APIMAMA | p. 183 | HIGHRISE | p. 212 | SUBURBIN |
| p. 138 | ARICO | p. 126 | HUNIWERS | p. 96 | SYMEXPO |
| p. 159 | ARMAGUEDON | p. 80 | HYP | p. 115 | SYRACUSE |
| p. 198 | ASPECT-2050 | p. 205 | HYPHES | p. 134 | TANGO |
| p. 199 | BIMBY | p. 127 | IDOUM | p. 190 | TerrHab |
| p. 160 | BISES | p. 206 | IMPETUS | p. 150 | THERMOCOAT |
| p. 200 | CAPACITY | p. 221 | IMU | p. 151 | TIR4sTREEt |
| p. 178 | CARAVANE | p. 128 | INCERDD | p. 97 | TRAFIPOLLU |
| p. 201 | CARE | p. 93 | INFILTRON | p. 170 | TrameVerte |
| p. 179 | CITIZENBENCH | p. 129 | INOGEV | p. 213 | TRANS-ENERGY |
| p. 202 | ClimAir | p. 81 | iSpace&Time | p. 171 | TRANSENVIR |
| p. 88 | COoL-AMmetropolis | p. 166 | JASSUR | p. 152 | UMat4CC |
| p. 139 | COOLSCAPES | p. 223 | LABEXMED | p. 116 | URBALIM |
| p. 140 | COOLSCHOOLS | p. 184 | LISOHASIF | p. 82 | URBANIA |
| p. 141 | COOLTREES | p. 94 | LUNNE | p. 135 | URBANWAT |
| p. 180 | CoPolis | p. 224 | LUS | p. 191 | UrbASanté |
| p. 113 | CREATE | p. 146 | MApUCE | p. 172 | URBASTRESS |
| p. 120 | CROQUIS | p. 95 | MEGAPOLI-PARIS | p. 214 | UrbaTime |
| p. 100 | CYCLOPE | p. 207 | MERUBBI | p. 105 | URFE |
| p. 121 | DESIGN | p. 101 | MOBIKIDS | p. 228 | VDBI |
| p. 122 | DEUFI | p. 102 | MoDe | p. 153 | VegDUD |
| p. 142 | DIAMS | p. 147 | MUFDD | p. 106 | VEL'INNOV |
| p. 219 | DynamITe | p. 148 | MUSCADE | p. 107 | Velotactique |
| p. 123 | EAU&3E | p. 185 | NETURB | p. 173 | VeSPA |
| p. 79 | ECOCIM | p. 103 | NewMob | p. 215 | VITE ! |
| p. 161 | ECOPOLIS | p. 130 | OMEGA | p. 108 | VQM |
| p. 162 | ECOVILLE | p. 225 | ONEWATER | p. 154 | VURCA |
| p. 218 | Efficacity | p. 186 | PAGODE | p. 174 | WAQATALI |
| p. 124 | EGOUT | p. 208 | PLUPATRIMONIAL | | |
| p. 181 | ELITISME | p. 167 | PROOF | | |
| p. 163 | ELOCANTH | p. 187 | PROSECO | | |
| p. 89 | ERASEd | p. 209 | RECUPERTE | | |
| p. 182 | EUREQUA | p. 104 | RED | | |
| p. 90 | Eval-PDU | p. 210 | REHA-PARCS | | |
| p. 164 | EVNATURB | p. 131 | RER | | |
| p. 165 | FEW-meter | p. 132 | RESILIS | | |
| p. 91 | Financing Clean Air | p. 133 | RGC4 | | |
| p. 114 | FURET | p. 222 | RISQUES (iRiMA) | | |

LISTE DES ABRÉVIATIONS

| Actions, appels à projets et programmes | |
|---|--|
| 3IA | Instituts interdisciplinaires de recherche en intelligence artificielle |
| AIRT | Instituts de recherche technologique |
| EQUIPEX | Équipements d'excellence |
| EURE | Écoles universitaires de recherche |
| EXES | Écosystèmes Recherche et innovation / Excellence sous toutes ses formes |
| IC | Instituts Convergences |
| IdEx | Initiatives d'excellence |
| IEED | Instituts d'excellence en Énergie Décarbonnée |
| INBS | Infrastructures Nationales en Biologie et Santé |
| I-SITE/IdEx | Initiatives d'excellence |
| ITE | Instituts pour la transition énergétique |
| LabEx | Laboratoires d'excellence |
| MOPGA | Make Our Planet Great Again |
| PEPR | Programme prioritaire de recherche |
| SFRI | Structuration de la formation par la recherche dans les initiatives d'excellence |
| AAPG | Appel à projets générique |
| JCJC | Jeunes chercheurs et jeunes chercheuses |
| JPI UE | Joint Program Initiative Urban Europe |
| ITE | Institut pour la Transition Énergétique |
| PPR | Programme prioritaire de recherche (France 2030) |
| LabCom | Laboratoires Communs |
| PPR | Plan de Prévention des Risques |
| PRC | Projet de recherche collaborative entre entités publiques ou assimilées dans un contexte national |
| PRCE | Projet de recherche collaborative entre entités publiques ou assimilées et privées |
| PRCI | Projet de recherche collaborative entre entités publiques ou assimilées et un partenaire étranger ayant demandé un financement à sa propre agence de financement et dont un accord de collaboration a été établi entre cette agence et l'ANR |
| Partenaires | |
| EIVP | École des Ingénieurs de la Ville de Paris |
| ENPC | École nationale des Ponts et Chaussées / École des Ponts ParisTech |

| Autres | |
|-----------|--|
| ACV | Analyse de cycle de vie |
| AOS | Aérosol organique secondaire |
| CFD | Computational Fluid Dynamic |
| CSTB | Centre Scientifique et Technique du Bâtiment |
| DOI | Digital Object Identifier |
| DUT | Driving Urban Transitions |
| ERC | European Research Council |
| FNAU | Fédération nationale des agences d'urbanisme |
| GES | Gaz à effet de serre |
| HAL | Hyper Article en Ligne (Archive ouverte permettant de déposer et de consulter des documents scientifiques de toutes disciplines) |
| IRT | Infrarouge thermique |
| ITI / ITE | Isolation thermique par l'intérieur / l'extérieur |
| LS | Life Science |
| ODD | Objectifs du développement durable |
| PCET | Plan Climat Energie Territoriaux |
| PDU | Plan de Déplacements Urbains |
| PE | Mathematics, physical sciences, information and communication, engineering, universe and earth sciences |
| PLH | Programme local de l'habitat |
| PLU | Plan local d'urbanisme |
| RVB | Rouge, Vert, Bleu |
| SER | Surface Equivalente Radar |
| SFN | Solutions fondées sur la nature |
| SH | Social sciences and Humanities |
| TBS | Toiture biosolaire |
| TLM | Transmission Line Modelling |
| TRL | Technology readiness level |
| ULB | Ultra Large Bande |
| VAE | Vélo à assistance électrique |
| VLS | Vélos en libre service |
| WOS | Web of science |

ANNEXE

Annexe I Liste des 132 projets financés dans le cadre du Plan d'action de l'ANR

| Acronyme | Titre | Programme | Édition | Aide allouée (€) |
|--------------------------------|---|----------------------------------|---------|------------------|
| 3S RECIPE | Smart Shrinkage Solutions - Fostering Resilient Cities in Inner Peripheries of Europe | ENSUF – ERA NET | 2016 | 232 692 |
| ACACIA | Adaptation aux effets interactifs de l'urbanisation et des changements climatiques | AAPG | 2022 | 685 301 |
| ACROSS-AO | Chimie atmosphérique des forêts suburbaines - Observations aéroportées | AAPG | 2020 | 717 860 |
| ACTEUR | Agents Cognitifs Territorialisés pour l'Étude des dynamiques Urbaines et des Risques | AAPG | 2014 | 236 942 |
| ACV Quartiers | Aide à l'éco-conception des quartiers par l'analyse de cycle de vie | Villes Durables | 2008 | 377 758 |
| AETIC | Approche Économique Territoriale Intégrée pour le Climat | Villes Durables | 2009 | 599 320 |
| AFRICOOLING | Trajectoires soutenables pour la climatisation en Afrique | AAPG | 2021 | 333 742 |
| AIRQ¹ | Amélioration et mise en œuvre d'un système de prévision de la qualité de l'air en milieu urbain | Blanc International | 2011 | 258 244 |
| Altergrowth | Politiques urbaines alternatives pour les villes en déclin | AAPG | 2014 | 198 501 |
| APIMAMA | Stratégies d'atténuation de la pollution de l'air dans les mégapoles africaines : Abidjan, ville laboratoire. | AAPG | 2021 | 662 916 |
| ARICO | Co-construction de scénarios d'Adaptation des territoires maritimes aux Risques COtiers dans un contexte de changements climatiques en France et au Québec | Appel à projets franco-québécois | 2019 | 359 435 |
| ARMAGUEDON | Approche interdisciplinaire en génomique, écologie urbaine et éco-épidémiologie pour une meilleure gestion des rats à Paris | AAPG | 2020 | 362 816 |
| ASPECT-2050 | Approche systémique pour les Plans Climat Energie Territoriaux : mise en perspective 2050 | Villes Durables | 2009 | 655 203 |
| BigSTEP² | Données massives sémantiques et spatio-temporelles pour les processus liés à l'environnement bâti | MRSEI | 2016 | 30 000 |
| BIMBY | Stratégie de densification, de diversification et de régénération des tissus pavillonnaires | Villes Durables | 2009 | 865 240 |
| BIOMASPplus³ | Émissions biogéniques, évolution et impact dans la mégapole de São Paulo | AAPG | 2020 | 616 706 |
| BIOVEINS⁴ | Connectivity of green and blue infrastructures: living veins for biodiverse and healthy cities | BiodivERSA | 2016 | 449 765 |
| BISES | Biodiversité des sols urbains et villes durables : état des lieux, interactions entre les systèmes productifs et non productifs et importance pour la fourniture de services écosystémiques | AAPG | 2019 | 710 556 |
| CAPA.CITY | Building Capacity to transform existing residential subdivisions into smart and robust urban ecosystems | ENSUF – ERA NET | 2016 | 114 500 |
| CARAVANE | Lire la ville : co-conception d'un habitat innovant pour personnes âgées vulnérables | AAPG | 2022 | 240 125 |
| CARE | Commoning et transformation spatiale dans le contexte de l'urbanisme d'austérité. | AAPG | 2022 | 240 026 |
| CITIZENBENCH | Des bancs pour les aînés ? Territoires, Vieillissements et Pratiques citoyennes | AAPG | 2019 | 235 094 |
| ClimAir | Changement climatique et pollution atmosphérique en site urbanisé : impact sanitaire et socio-économique de scénarios d'atténuation | AAPG | 2022 | 575 447 |
| CONFLUENT⁵ | CONnaissances des FLux Urbains, Empreintes environnementales et gouvernance durable | Villes Durables | 2008 | 489 777 |

1. <https://anr.fr/Projet-ANR-11-IS56-0001>
2. <https://anr.fr/Projet-ANR-16-MRSE-0024>
3. <https://anr.fr/Projet-ANR-20-CE01-0019>
4. <https://anr.fr/Project-ANR-16-EBI3-0012>
5. <https://anr.fr/Projet-ANR-08-VILL-0008>

| Acronyme | Titre | Programme | Édition | Aide allouée (€) |
|-------------------------|--|------------------------------|---------|------------------|
| COoL-AMmetropolis | Vers une réduction des émissions de CO2 et de l'ilot de chaleur urbain de la métropole d'Aix-Marseille | AAPG | 2019 | 748 949 |
| COOLSCAPES | L'espace urbain climatisé : perspectives techniques, spatiales et culturelles | AAPG | 2018 | 189 403 |
| COOLSCHOOLS | Realizing potentials of nature-based climate shelters in school environments for urban transformation | EN-UTC – ERA-NET Cofund | 2022 | 243 628 |
| COOLTREES | Le rafraîchissement des villes par les arbres – Quantification et modélisation pour le développement de villes durables. | AAPG | 2017 | 349 931 |
| CoPolis | Co-production sociale de la ville et recherche citoyenne. Regards croisés sur les quartiers populaires et précaires en France et au Brésil | AAPG | 2019 | 410 772 |
| CREATE | Embedding advanced urban material stock methods within governance processes to enable circular economy and cities resilience | EN-UTC – ERA-NET Cofund | 2022 | 212 717 |
| CROQUIS | Collecte, représentation, complétion, fusion et interrogation de données de réseaux d'eau urbains hétérogènes et incertaines | AAPG | 2021 | 445 728 |
| CYCLOPE | CYCLO Protection Electronique | AAPG | 2014 | 698 590 |
| D2SOU ⁶ | Développement Durable et Sols Urbains | Villes Durables | 2009 | 777 014 |
| DeepCity3D ⁷ | Integrated 3D visualisation for urban surface and underground data | CARN | 2009 | 255 880 |
| DESIGN | Développement et Evaluation de Scénarios Urbains Innovants de Gestion Séparative des effluents | AAPG | 2017 | 596 031 |
| DEUFI | Détails de l'impact des inondations urbaines | AAPG | 2018 | 628 995 |
| DIAMS | Diagnostic, conception & Gestion de la Surchauffe urbaine en période de canicule : apports croisés des outils de simulation Microclimatique et de l'imagerie IRT | AAPG | 2021 | 613 096 |
| EAU&3E | La durabilité des services d'eau dans les grandes villes | Villes Durables | 2008 | 921 496 |
| ECOCIM | Maquettes CIM pour l'éco-conception des quartiers | AAPG | 2022 | 359 029 |
| ECOPOLIS | Conversion d'une friche urbaine en un laboratoire vivant durable et éducatif, basé sur une approche de gestion par le phytomanagement reproductible. | AAPG | 2020 | 495 938 |
| ECOVILLE | La végétalisation des murs et des rues comme outil de résilience urbaine ? | AAPG | 2014 | 639 638 |
| EGOUT | Observations Géochimiques des Trajectoires Urbaines | AAPG | 2021 | 582 830 |
| ELITISME | Emploi, Logement, Infrastructures de Transports : Incidences Sociales, Mobilité et Environnement | AAPG | 2014 | 385 564 |
| ELOCANTH | Évolution de l'adaptation locale en environnement anthropisé | JCJC | 2012 | 289 999 |
| ERASEd | Évaluer le Risque Amiante à Sibate | AAPG | 2019 | 91 347 |
| EUREQUA | Évaluation mUltidisciplinaire et Requalification Environnementale des QUArtiers | Villes et Bâtiments Durables | 2011 | 1 072 190 |
| Eval-PDU | Évaluation des impacts environnementaux d'un PDU et de leurs conséquences socio-économiques : développements méthodologiques et tests sur le PDU de Nantes Métropole | Villes Durables | 2008 | 1 078 482 |
| EVNATURB | Évaluation des performances éco-systémiques d'une re-naturation du milieu urbain | AAPG | 2017 | 305 640 |
| FEW-meter | An integrative model to measure and improve urban agriculture, shifting it towards circular urban metabolism | EN-UTC – ERA-NET Cofund | 2017 | 171 434 |
| Financing clean air | Financing tomorrow's clean urban air: the potential of land value capture to secure sustainable urban development supporting air quality enhancement | JPI UE-NSFC | 2018 | 244 800 |
| FURET | Chantiersfurtifs urbains | Villes Durables | 2008 | 823 450 |
| GEDEAH | Gestion décentralisée et intégrée des déchets et de l'assainissement en zones urbaines et périurbaines haïtiennes | Flash Haïti | 2010 | 256 346 |
| GELULE | Géopolitique de la lutte contre l'étalement urbain | AAPG | 2016 | 313 999 |

6. <https://anr.fr/Project-ANR-09-VILL-0005>

7. <https://anr.fr/Project-ANR-09-CARN-0004>

Liste des 132 projets financés dans le cadre du Plan d'action de l'ANR

| Acronyme | Titre | Programme | Édition | Aide allouée (€) |
|---|--|------------------------------|---------|------------------|
| GeoStab | Amélioration de sol pour une gestion durable des sols problématiques | AAPG | 2014 | 48 360 |
| GeRTrUD | Gestion et Régulation Transfrontalière de l'Urbanisation Diffuse | AAPG | 2019 | 268 920 |
| GreenLand | Usages verts du sol dans les régions urbaines | AAPG | 2021 | 364 384 |
| GREENVELOPES | Enveloppes végétales des bâtiments: quantifier les échanges de carbone et d'eau par l'observation, la modélisation physique basée sur les processus et son application à l'échelle urbaine | AAPG | 2022 | 143 600 |
| H2C | Chaleur et Santé en Ville | AAPG | 2020 | 850 737 |
| H3Sensing | Vagues de chaleur, îlots de chaleur urbains, et bien-être et santé : une approche par capteurs embarqués | AAPG | 2021 | 696 535 |
| HIGHRISE | Vivre en hauteur dans la ville intégrative | AAPG | 2016 | 193 507 |
| HUNIWERS | Impact historique de l'urbanisation sur la qualité de l'eau: étude diachronique en région parisienne | AAPG | 2018 | 320 727 |
| HYEP | Imagerie hyperspectrale pour la planification urbaine environnementale | AAPG | 2014 | 505 484 |
| HYPHES | IA & RO pour une approche systémique de la gestion et la résilience des réseaux d'infrastructures urbaines : énergie, mobilité, logistique | LabCom | 2021 | 362 963 |
| IDOUM | Systèmes de traitement innovants à bas coût et décentralisés pour une gestion optimale des eaux usées urbaines | IC4WATER | 2018 | 297 000 |
| IMPETUS | Démarche d'intégration urbanisme/bâti et transport/mobilité pour mieux considérer les projets d'aménagements urbains dans la dynamique de transformation de la ville durable | Villes Durables | 2010 | 713 038 |
| INCERDD | Prise en compte des incertitudes pour des décisions durables | Villes Durables | 2010 | 445 111 |
| INFILTRON | Dispositif INFILTRON pour une évaluation des fonctions infiltration & filtration des sols urbains dans un contexte de gestion des eaux pluviales | AAPG | 2017 | 624 812 |
| INFRAPATRI ⁸ | Savoirs et attachements au végétal urbain en Afrique subsaharienne (Bénin, Cameroun, Nigeria, Sénégal) : identification et production d'un infra-patrimoine | AAPG | 2020 | 299 087 |
| INOGEV | Innovations pour la gestion durables de l'eau en ville - connaissance et maîtrise de la contamination des eaux pluviales urbaines. | Villes Durables | 2009 | 880 000 |
| iSpace&Time | iSpace&Time: le SIG 4D web de la ville Vers une convergence des technologies de cartographie, grille de capteurs, réalité immersive, d'animation et de simulation | CONTINT | 2010 | 1 099 727 |
| JASSUR | JArDins ASSociatifs URbains et villes durables : pratiques, fonctions et risques | Villes et Bâtiments Durables | 2012 | 984 879 |
| K-City-E-Space ⁹ | Analyse et Perspective des Espaces Urbains | LabCom | 2021 | 363 000 |
| LISOHASIF 2030 : « lien social, habitat, situation de fragilité » | La place des personnes âgées en situation de fragilité dans la ville créative en 2030 : comment l'habitat peut réduire les situations de fragilité et renforcer le lien social ? | INOV | 2012 | 165 830 |
| LUNNE | la Lumière la Nuit Nuit à l'Environnement | AAPG | 2022 | 463 848 |
| MApuCE | Modélisation Appliquée et droit de l'Urbanisme : Climat urbain et Énergie | Villes et Bâtiments Durables | 2013 | 899 846 |
| MEDEA ¹⁰ | Cartographier les débats environnementaux sur l'adaptation | CEP&S | 2011 | 402 930 |
| MEGAPOLI-PARIS | MEGAPOLI - PARIS : Pollution des Aérosols: Impact sur la qualité de l'air et quantification des Sources | Blanc | 2009 | 500 000 |
| MERUBBI | Méthodes d'exploitation des ressources utiles du bâtiment bioclimatique dans son îlot | Villes et Bâtiments Durables | 2013 | 905 659 |

8. <https://anr.fr/Project-ANR-20-CE27-0011>

9. https://anr.fr/fr/projets-finances-et-impact/projets-finances/projet/funded/project/anr-21-lcv3-0005/?tx_anrprojects_funded%5Bcontroller%5D=Funded&cHash=73d5e189e28fd778f7883b43be0c698e

10. <https://anr.fr/Projet-ANR-11-CEPL-0004>

| Acronyme | Titre | Programme | Édition | Aide allouée (€) |
|-----------------------|--|-----------------|---------|------------------|
| MOBIKIDS | Le rôle des cultures éducatives urbaines (CEU) dans l'évolution des mobilités quotidiennes et des contextes de vie des enfants. Collecte et analyse de traces géolocalisées et enrichies sémantiquement | AAPG | 2016 | 510 473 |
| MoDe | Motifs de démotorisation dans les aires urbaines françaises | AAPG | 2016 | 375 611 |
| MUFDD | Modélisation des écoulements en canopée urbaine par des approches guidées par les données | AAPG | 2022 | 543 661 |
| MUSCADE | Modélisation Urbaine et Stratégies d'adaptation au Changement climatique pour Anticiper la Demande et la production Énergétique | Villes Durables | 2009 | 650 405 |
| NETURB | Numérique En Transition et Transformations URbaines | AAPG | 2022 | 217 525 |
| NEWMOB | Etude des nouvelles situations de mobilité urbaine et des comportements des usagers | AAPG | 2021 | 830 148 |
| OMEGA | Outil Méthodologique d'aide à la Gestion intégrée d'un système d'Assainissement | Villes Durables | 2009 | 471 525 |
| PAGODE | Participation Animation GOuvernance et Durabilité dans les Ecoquartiers | Villes Durables | 2010 | 339 974 |
| PLUPATRIMONIAL | Le « PLU patrimonial » : quels nouveaux outils réglementaires pour concilier pérennité du patrimoine bâti et développement urbain durable ? | AAPG | 2015 | 272 979 |
| PROOF | Apport énergétique d'une toiture végétalisée sur le rendement électrique d'un panneau photovoltaïque – critères d'évaluations énergétique et environnementale de l'échelle du bâtiment à celle de l'îlot | AAPG | 2019 | 503 235 |
| PROSECO | PRoduction SEnsible des projets urbains COntemporains. De la conception à l'expérience : enjeux environnementaux et politiques du sensible | AAPG | 2020 | 241 339 |
| PULSE ¹¹ | Lacs périurbains, société et environnement | CEP&S | 2010 | 950 000 |
| PUMDP ¹² | Partages, usages et modélisation de la donnée publique. Le vélo et la marche comme cas d'étude | Villes Durables | 2010 | 140 606 |
| RECUPERTE | Les énergies de récupération, une ressource territoriale : optimiser la valorisation urbaine de la chaleur fatale | AAPG | 2018 | 244 220 |
| RED | Les Risques Émergents de la mobilité Durable | AAPG | 2014 | 295 467 |
| REHA-PARCS | Aide à la décision interactive pour la réhabilitation de parcs de bâtiments | AAPG | 2015 | 941 867 |
| RER | Risques – Évacuations – Résilience | AAPG | 2020 | 262 384 |
| RESILIS | Gouvernance des systèmes urbains pour une ville résiliente | Villes Durables | 2009 | 788 852 |
| RGC ⁴ | Résilience urbaine et gestion de crise dans un contexte de crue à cinétique lente. Développement d'outils pour l'aide à la gestion des réseaux techniques critiques : application au Grand Paris | AAPG | 2015 | 300 067 |
| SEGTEUP ¹³ | Systèmes extensifs pour la gestion et le traitement des eaux urbaines de temps de pluie. | PRECODD | 2008 | 843 886 |
| SENSIBILIA | Sensibilités à l'épreuve de l'Anthropocène | AAPG | 2020 | 390 882 |
| SMARTECO | Smart eco-cities for a green economy a comparative study of Europe and China | ORA-Chine | 2014 | 86 140 |
| SMART-U-GREEN | Smart Urban Green: Governing conflicting perspectives on transformations in the urban rural continuum | ERA-NET ENSUF | 2016 | 175 157 |
| SOCOCITY | Ville et cohésion sociale : Infrastructures et aménités urbaines pour une société durable | AAPG | 2018 | 165 064 |
| STEWARd | Systèmes d'alerte précoces statistiques des risques liés aux événements météorologiques intenses issus de systèmes probabilistes, sur les villes en Afrique de l'Ouest | AAPG | 2019 | 469 980 |
| sSTREET | Impact du stress des arbres urbains sur la qualité de l'air | AAPG | 2019 | 587 287 |
| SUBURBIN | Urbanisation Subalterne en Inde | SUDS | 2010 | 231 199 |

11. <https://anr.fr/Projet-ANR-10-CEPL-0010>12. <https://anr.fr/Projet-ANR-10-VILL-0007>13. <https://anr.fr/Projet-ANR-08-ECOT-0013>

Liste des 132 projets financés dans le cadre du Plan d'action de l'ANR

| Acronyme | Titre | Programme | Édition | Aide allouée (€) |
|-------------------------|---|------------------------------|---------|------------------|
| SYMEXPO | Approche systémique pour l'évaluation de l'impact de la mobilité urbaine sur les expositions aux pollutions environnementales | AAPG | 2021 | 601 877 |
| SYRACUSE | Symbioses réticulaires adaptées à des contextes urbains soutenables | Villes et Bâtiments Durables | 2011 | 737 846 |
| TANGO | Transition de l'assainissement urbain vers une nouvelle gestion de la matière organique | AAPG | 2022 | 474 412 |
| TerrHab | De l'habitabilité à la territorialité (et retour) : à propos de périurbanités, d'individus et de collectifs en interaction | ESPACE ET TERRITOIRE | 2010 | 277 964 |
| THERMOCOAT | Revêtements thermoactifs pour la réduction de la consommation énergétique des villes | AAPG | 2016 | 239 760 |
| TIR4sTREEt | Modélisation des arbres de rue pour la micro-climatologie urbaine | AAPG | 2021 | 514 325 |
| TRAFIPOLLU | Modélisation Multi-échelles de la pollution due au trafic dans un environnement urbain | Villes et bâtiments durables | 2012 | 999 996 |
| TrameVerte | Évaluation des trames vertes urbaines et élaboration de référentiels : une infrastructure entre esthétique et écologie pour une nouvelle urbanité | Villes Durables | 2008 | 988 395 |
| TRANS-ENERGY | Stratégies d'adaptation des ménages et des entreprises face à la transition énergétique : une comparaison entre les métropoles de Lille et de Lyon | Villes Durables | 2010 | 298 307 |
| TRANSENVIR | Approche historique de la « TRANSition ENVIRonnementale » : innovations politiques et sociales face aux risques environnementaux en milieu urbain (années 1950-années 2000) | AAPG | 2016 | 216 238 |
| UMat4CC | Matériaux urbains pour le rafraîchissement des villes | AAPG | 2018 | 343 398 |
| URBALIM | Évaluer la durabilité environnementale de l'approvisionnement alimentaire des villes selon une perspective cycle de vie | AAPG | 2020 | 166 803 |
| Urbania | Valorisation numérique des maquettes historiques de villes dédiées à des usages adaptatifs et innovants | AAPG | 2015 | 344 588 |
| URBANWAT | Outils et critères pour la gestion des eaux souterraines urbaines | Water JPI Joint Call | 2018 | 240 931 |
| UrbASanté | Changements urbains, expositions environnementales, comportements et santé | AAPG | 2021 | 485 055 |
| URBASTRESS | Influence de l'urbanisation sur les populations de vertébrés: une approche éco-physiologique | AAPG | 2016 | 286 200 |
| UrbaTime | Les temps de l'urbanisme durable | AAPG | 2018 | 224 532 |
| URFE | Aménagement de l'espace urbain et mobilités à faible impact environnemental | AAPG | 2020 | 410 238 |
| VegDUD | Rôle du végétal dans le développement urbain durable , une approche par les enjeux liés à la climatologie, l'hydrologie, la maîtrise de l'énergie et les ambiances | Villes Durables | 2009 | 1 550 000 |
| VEL'INNOV | Les vélos en libre-service automatisé. Un système socio-technique innovant et ses appropriations sociales | INOV | 2012 | 293 675 |
| Velotactique | De l'urbanisme tactique cyclable au changement durable : une comparaison internationale des politiques publiques et des pratiques en contexte de pandémie | RA-COVID-19 | 2020 | 149 593 |
| VeSPA | Impact des espaces végétalisés sur les niveaux de Polluants Secondaires des Territoires Urbains | AAPG | 2022 | 320 920 |
| VIC¹⁴ | VI(LL)E CYCLE | VTT | 2008 | 797 559 |
| VITE ! | Villes et transitions énergétiques : enjeux, leviers, processus et évaluation prospective pluridisciplinaire. Application à la région Île-de-France | AAPG | 2014 | 803 173 |
| VqM | Des villes qui marchent : Tendances durables en santé, mobilité et urbanisme | SEST | 2005 | 200 000 |
| VURCA | Vulnérabilité Urbaine aux épisodes Caniculaires et stratégies d'Adaptation | Vulnérabilité | 2008 | 476 481 |
| WAQATALI | WATER & AIR QuALITY monitoring for Smart VegETAL Infrastructures in cities | LabCom | 2021 | 363 000 |

14. <https://anr.fr/Projet-ANR-08-VPTT-0006>

Direction de la publication : Claire Giry, Présidente-directrice générale

Direction de la rédaction : Fabrice Impériali

Conception et coordination scientifique : Anne Ruas et Liz Pons

Rédaction : ANR : Pascal Bain, Daniela Floriani, Gabrielle Lacombe, Laure Mirman, Nicolas Paulien, Liz Pons, Anne Ruas, Stéphanie Thiébault ; externes : Nadège Blond, Sonia Chardonnel, Bernard De Gouvello, Marc Dumont, Gilles Gesquière, Joël Idt, Malika Madelin, Séverine Planchais, Magali Talandier

Analyse des données : Direction de la stratégie numérique et des données, pôle études, bilans, impact ; Paulo Reimberg, Patrick Éparvier

Relecture scientifique : Ariane Pinto

Coordination éditoriale : Nathalie Mamosa - **Relecture et correction :** Béatrice Obergfell

Conception graphique : Laurent Wachoru - **Impression :** Reprotechnique

Photo de couverture : © Adobe Stock

anr®

Agence nationale de la recherche
86 rue Regnault – 75013 Paris
www.anr.fr
www.appelsprojetsrecherche.fr

Suivre notre actualité sur les réseaux sociaux :  @agencerecherche  ANR  ANR
S'inscrire à la newsletter : anr.fr/sr/newsletter