



Édition 2025

Recherche



Édition 2025

Recherche

Sommaire

Édito	4
La recherche chez AREP	6
Crédit Impôt Recherche	8
Inventer un futur post-carbone	10
Écosystème de la recherche	11
Organisation de la recherche	12
Réseau scientifique et partenaires	14
Diffusion et valorisation de la recherche	16
Événements	17
Colloques	18
Publications	19
Doctorats en cours	20
Thèses soutenues en 2025	21
Une recherche pluridisciplinaire et diversifiée	22
Panorama 2025	24
Perspectives 2026	25

Recherche & développement	27
Biodiversité en milieu ferroviaire	28
Prédire et améliorer la Qualité de l'Air Intérieur dans les gares souterraines (QAI)	29
Sobriété et confort	30
Cartographier l'intermodalité en gare	31
Études prospectives sur le SERM	32
Gabarits ferroviaires	33
Patrimoine et biodiversité	34
Principes de l'écocomaintenance ferroviaire	35
Stratégies de réduction des consommations des bâtiments	36
Façades et enveloppes	37
RÉAP: réemploi du bois	38
RÉAP: réemploi en contexte ferroviaire	40
Développement d'une passerelle ferroviaire à grande portée	42
Sobriété et pérennité des technicentres	43
Modélisation multicritères des flux de personnes	44
Structures bas carbone	45
Abris vélos pensés par et pour les usagers	47
Indicateurs environnementaux	48
Confort dans les espaces semi-ouverts (CESO)	49
Intermodalité et informalité	50
Mixité verticale	51
Optimisation architecturale en milieu fortement contraint	52
Modélisation des déplacements à échelle territoriale (Mobility)	53
Imaginaires post-carbone	54
Patrimoine sériel	55
Développement des outils BIM	56
Formes ludiques	57
Prototypes	58
Aperçu des publications scientifiques 2025	60

Édito

Chers lecteurs, partenaires,
clients, collaborateurs, amis,

AREP est devenu un écosystème où se rencontrent des mondes souvent séparés : ceux des techniques, des usages, des matériaux, des sciences et des territoires. La recherche y joue un rôle d'interprète : elle capte, relie, met en forme et replace chaque question dans un horizon plus large. Dans un moment où les urbanités exigent de nouvelles synergies entre architecture, socio-écologie et savoirs situés, cette fonction de pont devient essentielle. Elle permet à AREP de se transformer au rythme des défis contemporains, sans perdre le contact avec le réel.

Chez AREP, nous mesurons pour réduire, nous dessinons pour rendre intelligible, nous observons pour rendre compte du réel, nous analysons pour expliquer et nous modélisons pour anticiper. Le vivant nous importe tout autant que les héritages infrastructurels de l'ère anthropocène. Nous transformons des villes pour toutes et tous, et la recherche nous accompagne dans ces ambitions, sans censure ni tabou.

L'année 2025 a été marquante. Deux thèses ont été soutenues avec succès : celles de Pierre Navaro-Auburtin et d'Alexandrina Striffling. Elles portent sur des enjeux décisifs : l'impact écologique des structures dans le bâti et les enseignements de l'histoire de la construction standardisée des gares. Cette année a également vu la publication anglaise de La nouvelle nature des gares (TU Delft Editions) et la finalisation du projet Frugacité, avec son rapport de recherche, son site web et sa valorisation à la Biennale d'Architecture et Paysage de Versailles 2025.

En 2025, de nouveaux chantiers s'ouvrent, portés notamment par deux thèses émergentes : une géohistoire de la construction en paille et une recherche sur les arbres de pluie en milieux contraints. Plusieurs projets de recherche se sont affirmés : construction en bambou, végétalisation des villes, inclusivité en gare, représentation de la chronicité des émissions de GES, modélisation frugale des points d'arrêt pour les SERM, et poursuite du CORIFER « mobil-quai »... Le nombre croissant d'écoles et d'universités sollicitant AREP pour co-construire des projets le confirme : nos démarches inspirent, par leur engagement écologique comme par leur capacité à articuler pratiques professionnelles et exigences scientifiques.

Assumer une recherche critique, c'est reconnaître que la transition des infrastructures ne viendra pas d'un surcroît de sophistication technique, mais d'une transformation de nos référentiels. C'est le chemin qu'AREP poursuit : produire une connaissance située, utile, partageable, capable d'orienter concrètement les décisions. Faire de la recherche non une vitrine, mais une force de transformation.

Bonne lecture !

Raphaël Ménard, Philippe Bihoux et Nils Le Bot,
décembre 2025



Raphaël Ménard,
président du directoire
du groupe AREP.



Philippe Bihoux,
directeur général
du groupe AREP.



Nils Le Bot,
directeur de recherches
du groupe AREP.

© AREP - photographies
Maxime Huriez

La recherche chez AREP

Chez AREP, nous revendiquons le caractère exploratoire et incertain de nos démarches de projet. Pour inventer un futur post-carbone, nous réinterrogeons nos certitudes, nous renouvelons nos savoirs, nous ouvrons de nouvelles perspectives pratiques et conceptuelles.

La recherche pour nous est une exigence éthique ; un « effort de délicatesse, de raffinement » face aux nécessités du monde. Indépendante et critique, notre recherche participe des débats qui font l'avenir des territoires en transition.

Qu'elle soit fondamentale ou appliquée, elle vise à définir, élaborer, et tester des hypothèses pratiques et théoriques. Son bénéfice n'est pas directement financier, mais sert plutôt l'excellence et les valeurs de notre collectif.

Nous cultivons l'innovation de manière transverse, en croisant les expertises et les créativité d'où qu'elles viennent. Agile et réactif, notre désir d'innovation est l'une des conditions premières de notre résilience et de celle de nos projets.



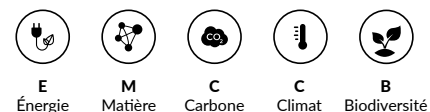
Nous agissons pour bâtir la transition écologique. Pour rendre cette ambition concrète, nous avons imaginé une démarche unique, EMC2B, grâce à laquelle nous concevons et analysons nos projets.

Cette démarche permet tout d'abord de se fixer une série d'objectifs ambitieux autour des 5 piliers Énergie, Matière, Carbone, Climat et Biodiversité.

Elle permet ensuite de mesurer les réponses apportées aux projets, d'évaluer et de comparer la performance des projets à partir d'une quarantaine d'indicateurs éprouvés.

C'est finalement une démarche de pédagogie et de dialogue avec tous les partenaires de projet (maîtres d'ouvrage, exploitants, usagers...) et les parties prenantes (collectivités locales, associations...).

« La démarche EMC2B traduit une volonté en indicateurs, en actions et en outils et requiert d'interroger leur efficacité. »



Énergie

Rechercher en permanence l'équilibre entre la diminution de la demande énergétique et la production d'énergies renouvelables.

Matière

Économiser et améliorer le cycle de la matière par l'emploi de matières renouvelables, biosourcées, ou le réemploi de produits existants avec pour objectifs de réduire les consommations et rejets d'eau et la production de déchets d'activité.

Carbone

La métrique carbone devient un critère d'aide à la décision tout au long du cheminement de la conception pour contribuer à l'objectif de neutralité carbone à l'échelle planétaire.

Climat

Participer à la résilience territoriale en créant des îlots de fraîcheur et des refuges climatiques afin d'améliorer le confort sensoriel et la qualité de l'air.

Biodiversité

Augmenter les services rendus, sensibiliser les usagers, créer de la valeur écologique et maintenir au mieux une place pour toutes les échelles du vivant (végétaux, insectes, animaux, humains) au sein des projets.

Crédit Impôt Recherche

De quoi s'agit-il ?

Le crédit d'impôt en faveur de la recherche (CIR) se traduit, en France, par une réduction d'impôt calculée sur la base des dépenses de recherche et développement (R&D) engagées par les entreprises. Il est déductible de l'impôt sur le revenu ou sur les sociétés dû par les entreprises au titre de l'année où les dépenses ont été engagées.

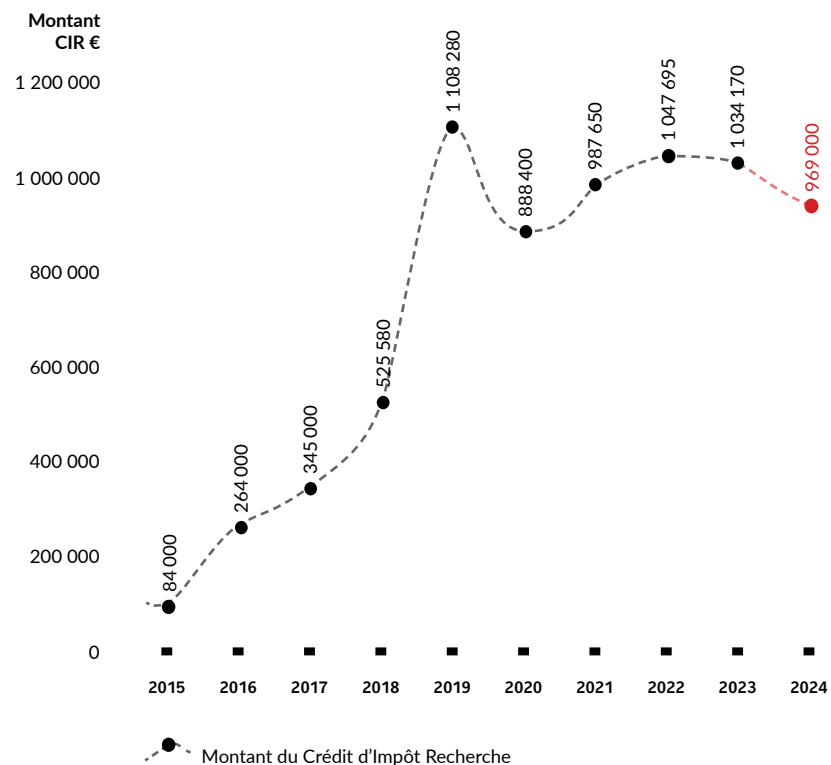
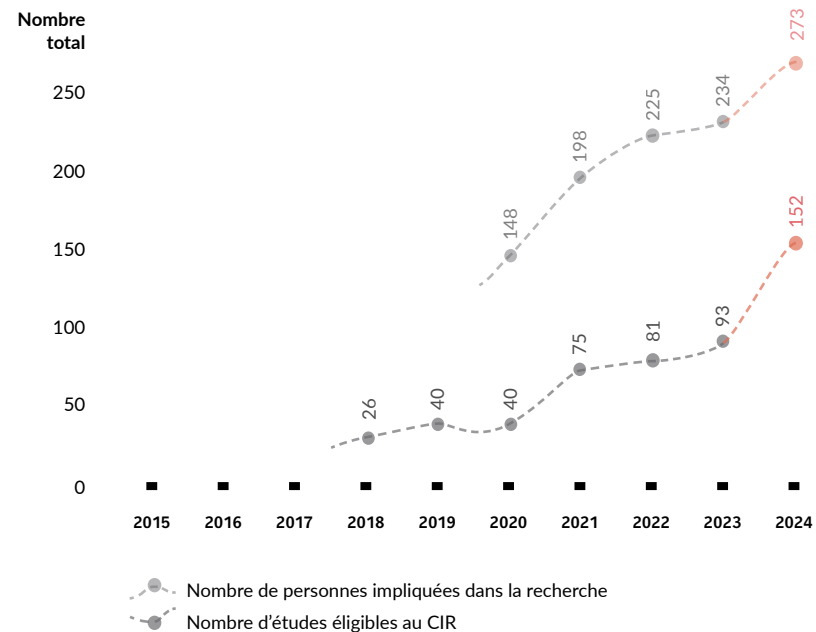
Le taux du CIR est de 30 % pour les dépenses de recherche jusqu'à 100 millions d'euros et de 5 % au-delà. Les subventions publiques reçues pour les projets de recherche ouvrant droit au CIR sont déduites des bases de calcul du crédit.

Un investissement continu

La recherche chez AREP s'inscrit dans notre engagement pour un monde post-carbone. Nous faisons avancer les méthodes, les outils et les solutions en contribuant à explorer les savoirs fondamentaux qui alimentent les projets opérationnels. Grâce à l'implication d'un nombre croissant de personnes et au haut niveau d'investissement, le nombre d'études éligibles continue de progresser. Malgré l'évolution des modalités de calcul des investissements éligibles au CIR, l'année 2024 démontre la qualité et la pertinence des investissements avec 150 études éligibles structurées en 18 thématiques ; 273 personnes ont été directement impliquées dans les études et participent à bâtir une recherche vivante en prise avec les enjeux opérationnels.

Depuis 2019, AREP consolide un niveau d'investissement significatif, dépassant le nombre symbolique du million d'euros de subvention publique accordée au titre du crédit d'impôt recherche dès 2019. L'année 2025 garde la même dynamique dans le contexte de l'évolution des modalités de calcul des investissements éligibles débutée en 2024.

Notre engagement pour la recherche poursuit son objectif d'« inventer un futur post-carbone ».



Thèmes de recherche

Afin de poursuivre les efforts et structurer notre approche, nous avons bâti notre programme autour de six thèmes fédérateurs. Ils font écho aux cinq angles de la démarche EMC2B, mais aussi à l'importance des usages, à la question de l'obsolescence, aux enjeux typologiques, ou encore à l'ensemble des réflexions relatives au projet et aux nouvelles façons de l'aborder.

6 axes principaux

Les 6 thèmes déclinent les sujets sur lesquels nous souhaitons porter un effort supplémentaire, être proactifs. Ils affirment le positionnement d'AREP et l'importance de la recherche dans sa pratique et incarnent le « R » d'AREP.

L'ensemble des thèmes structure notre travail collectif pour concrétiser notre mission commune : « inventer un futur post-carbone ».

1. **Ressources et matières**
2. **Modes d'occupation des sols et biodiversité**
3. **Énergie et convivialité**
4. **Imaginaires et représentations**
5. **Conception et adaptation**
6. **Architectures et mobilités**

Écosystème de la recherche

Organiser et coordonner

La coordination de la recherche vise à structurer l'ensemble des activités liées à la recherche :

- Le comité de pilotage est chargé d'orienter et de valider la dynamique de la recherche et les investissements ;
- Six animateur·rice·s recherche sont désigné·e·s pour fédérer des équipes et développer des projets de recherche autour de chaque thématique ;
- Le réseau des référent·e·s CIR mène une veille sur les actions de recherche en cours dans son périmètre afin de garantir leur valorisation ;
- Le réseau des doc' rassemble les docteur·e·s et doctorants pour échanger sur les méthodes et les sujets de recherche et diffuser une éthique scientifique.

L'organisation de la recherche assure la cohérence, le dynamisme, la coopération et la valorisation des recherches et des actions de R&D.

> Consulter la liste des personnes-clé page suivante

Chercheur·e·s, docteur·e·s et expert·e·s

L'écosystème de la recherche repose sur plus de 200 personnes chez AREP. Évaluant au fil des ans en fonction des thématiques abordées, chaque professionnel·le peut jouer un rôle dans une recherche appliquée, un programme de recherche multipartenarial ou une recherche exploratoire dans son domaine d'expertise.

Organisation de la recherche

Coordination recherche

Directeur de recherches Nils Le Bot

Adjointe Louise Jammet

Orienter et valider

Fédérer et développer

Capter et valoriser

Échanger et diffuser

Comité de pilotage de la recherche

Membres permanents

Raphaël Ménard
Philippe Bihouix

Membres tournants

Direction métier impliquée
Chercheur·e·s et docteur·e·s

Sponsors

Élise Dageons
Hiba Debouk
Donatien Frobert
Léonard Hamburger
Émilie Hergott
Céline David
Luc Néouze

Animateur·ice·s recherche

Ressources et matières

Nils Le Bot (intérim)

Mode d'occupation des sols et biodiversité

Maya Rivera

Énergie et convivialité

Nils Le Bot (intérim)

Imaginaires et représentations

Grégoire Robida

Conception et adaptation

Romaric Quentin

Architecture et mobilités

Matthieu Goudeau

Référent·e·s CIR

Conception & réalisation

Émilie Hergott

Patrimoine

Véronique Veston

Bâtiments indus.

Léonard
Hamburger

Design

Rémi Guers

Territoires

Hiba Debouk

Flux

Matthieu Goudeau

MP AMO

Sabine Thomas

Programmation

Mélanie Barey

Environnement

Jean-Baptiste
Lefeuvre

SIG

Thomas
Lannelongue

Structure

Jean-Luc Martin

L'Hypercube

Anne Mesureur

BIM

Marie Chaumaz

DATA / Numérique

Félix Pouchain

Innovation projets

Alistair Lenczner

International

Fabien Clavier

Réseau des doc'

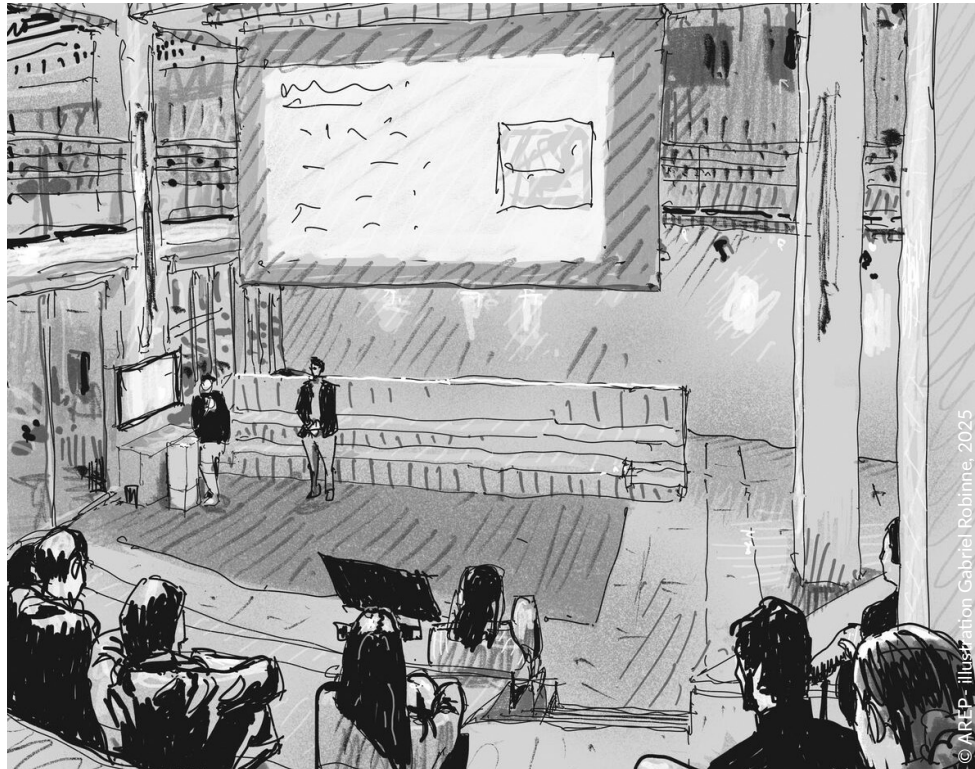
Docteur·e·s

Alexandre Auvray
Mateusz Bogdan
Julien Dallot
Arnaud Delamarre
Morgane Delarc
Capucine-Marin Dubroca-Voisin
Antoine Hubert
Louise Jammet
Nils Le Bot
Aya Mansouri
Raphaël Ménard
Alexis Sauvageon
Khaled Serrai
Alexandrina Striffling
Fatima Zreik

Doctorants

Paul Le Bot
Lukas Madl
Martin Paquot

Diffusion et valorisation de la recherche



© AREP - illustration Gabriel Robinne, 2025

Événements



© AREP - photographie Julien Lelièvre, illustration Gaëtan Amossé

Conférence « Grenoble 2040 » - septembre 2025

Comment vivra-t-on à Grenoble en 2040 ? Face aux défis climatiques, sociaux et urbains, quels choix devons-nous faire aujourd'hui pour construire une ville plus résiliente, inclusive et désirable demain ?

Présentation de la démarche prospective menée par Hiba Debouk, directrice Territoires d'AREP, et Nicolas Tixier, architecte et professeur à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, ainsi que Erwan Mahé, responsable du service Études Urbaines et Patrimoine auprès de la ville de Grenoble et une représentante de l'Agence d'Urbanisme de la Région Grenobloise (AURG).



© AREP - photographie L. Tchernatinskiy, 2025

Forum Matières #2 - novembre 2025

Construire et rénover en paille
Organisé par Loïc Tchernatinski et Sophie Untersinger (AREP MP AMO) avec Cécile Michel, Cloé Chretiennot et le Collect'IF Paille, le deuxième Forum Matières accompagne les concepteur·ice·s et prescripteur·ice·s pour partager les expériences, transformer les pratiques et construire autrement.

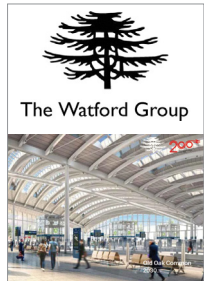
Colloques



Colloque de Cerisy

« *Le rail des villes et le rail des champs : attachement populaire, ambivalences contemporaines, urgence écologique* »
Véronique Veston, Alexandrina Striffling et Nils Le Bot sont intervenus pour présenter une « archéologie ferroviaire », discuter des gares et quartiers de gare, et débattre sur le sujet de la mise en spectacle du rail urbain en septembre 2025 à Cerisy-la-Salle.

> Retrouvez les publications scientifiques récentes en fin de document



Watford Conference

« *Legacy: The Past - The Present - The Future* »
Raphaël Ménard et Nils Le Bot ont participé à la conférence Watford en septembre 2025 à Londres. Raphaël Ménard a présenté le travail *United Station of Europe* réalisé par les équipes d'AREP et Nils Le Bot a partagé ses travaux sur l'avenir résolument frugal des gares face aux enjeux écologiques.



RFTM 2025

Lors des Rencontres Francophones Transports et Mobilités à Dunkerque en juin 2025, Capucine-Marin Dubroca-Voisin a organisé la session Flux et présenté « Le problème pernicieux de la gestion des flux » ; Alexandre Auvray a communiqué sur « Les enjeux de traduction posés par la biodiversité lors de l'aménagement des espaces urbains de mobilité : une étude des quartiers de gare ».



ICUC 12

Mateusz Bogdan a présenté les résultats du post-doctorat qu'il a suivi sur le projet ABRICOCODA (« des abris comme des arbres ») lors de l'International Conference on Urban Climate en juillet 2025 à Rotterdam.

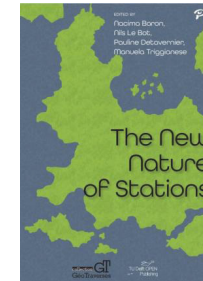
Publications



Frugacité

Le rapport présente les résultats de Frugacité : l'analyse des interactions entre les formes urbaines et la connectivité paysagère autour des gares, pour mieux intégrer les enjeux écologiques dans les pratiques des différents acteurs de la production urbaine et ferroviaire.

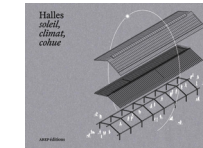
> Auvray Alexandre, Ficamos Fabienne, Gremion Karine, Le Bot Nils, Marty Pascal, Martin-Hackett Elodie, Rivera Maya, Sahraoui Yohan, Thomas Sabine. 2025. *Cahier Frugacité, formes urbaines des quartiers de gare ou à fortes contraintes et biodiversité*. éditions PUCA, 110 p.
> frugacite.arep.fr/



The New Nature of Stations

Publication en open source de la version anglaise de l'ouvrage « La nouvelle nature des gares » qui aborde les gares dans leur rapport à l'écologie et aux transitions, et aux nouvelles dimensionnalités que prennent les flux qui les traversent ainsi qu'aux nouvelles socio-environnementales qui les questionnent.

> Le Bot, Nils, Nacima Baron, et Pauline Detavernier (eds). 2025. *The New Nature of Stations*. TU Delft OPEN Publishing.



Halles, soleil, climat, cohue

Suite à la livraison de la halle à vélos de la gare du Nord, cet ouvrage propose de partir à la rencontre de cette famille d'architectures faussement banales. Les halles présentent une multitude de modes constructifs et de matériaux ; elles offrent aussi une myriade d'ambiances et une expérience polysensorielle propre à chacune ; et cette famille d'architectures abrite un incroyable panel d'usages, évoluant au fil des âges.

> Ménard, Raphaël (dir.) 2025. *Halles, soleil, climat, cohue*. Paris : AREP Éditions, 131 p.



Végétaliser les parvis de gares

Conçu pour aider à évaluer les ambitions, définir les objectifs et déterminer les possibilités de déploiement du végétal sur les parvis de gare, ce guide se veut être un outil pratique à destination de toutes celles et de tous ceux qui accompagnent la transformation des gares et de leurs parvis vers davantage de résilience.

> SNCF Gares & Connexions, AREP. 2025. *Guide Pratique : Végétaliser les parvis de gare*. AREP éditions, 200 p.

Doctorats en cours

Renaturation



Lukas Madl

Intégration des connaissances écologiques dans la pratique de la renaturation.

Université Gustave Eiffel, sous la direction de Youssef Diab (depuis janvier 2024).

Paille



Martin Paquot

Histoire socio-environnementale de la construction en paille.

EHESS, sous la direction de Geneviève Pruvost et Guillaume Habert (depuis décembre 2024).

Eaux pluviales



Paul Le Bot

Gestion des eaux pluviales intégrées en milieu contraint : concilier contraintes techniques, exigences environnementales et attentes sociales.

Université de Lille, sous la direction d'Olivier Blanpain, en partenariat avec le CEREMA (équipe TEAM) (depuis septembre 2025).

Thèses soutenues en 2025

Alexandrina Striffling

Penser la gare par la série : une approche systématique de son architecture. Étude comparative de trois lignes ferroviaires françaises, italiennes et espagnoles (1850-2025).

Université Paris-Est, sous la direction de Virginie Picon-Lefèbvre et Arnaud Passalacqua (le 29 avril 2025).



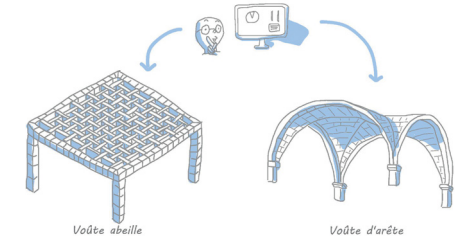
Photomontage de trois gares — A. Striffling

Alexandrina Striffling a analysé la conception des gares sérielles conçues selon un plan-type adaptable et modulable appliqué à de multiples reprises sur les réseaux européens. Elle met ainsi au jour l'ancrage territorial de la gare qui sert d'impulsion à de nouveaux projets adaptés aux besoins socio-environnementaux actuels.

Pierre Navaro-Auburtin

Analyse du cycle de vie pour la conception des structures de bâtiments : des matériaux à l'ossature.

École nationale des ponts et chaussées Marne-la-Vallée, sous la direction d'Olivier Bayerel (le 10 avril 2025).



Croquis de deux voûtes en pierre — P. Navaro-Auburtin

Pierre Navaro-Auburtin a mené une recherche couplant deux approches, la conception des structures et l'analyse en cycle de vie, afin de quantifier les impacts environnementaux des structures de bâtiment et d'identifier des leviers pour réduire ces impacts, du matériau au système constructif jusqu'à une analyse prospective des enjeux environnementaux.

Une recherche pluridisciplinaire et diversifiée

Paysage de la recherche

Les programmes de recherche, multipartenariaux, les doctorats en CIFRE, et les travaux de recherche internes conduits chez AREP forment un ensemble pluridisciplinaire très diversifié de sujets et d'approches scientifiques originales. Les sujets explorés et les méthodes mises en œuvre couvrent autant des recherches fondamentales qu'appliquées dans les domaines de connaissance allant des sciences humaines et sociales aux sciences formelles.

Recherche fondamentale

La recherche dite « fondamentale » consiste en des travaux de recherche expérimentaux ou théoriques entrepris en vue d'acquérir de nouvelles connaissances sur les fondements des phénomènes et des faits observables, sans envisager une application ou une utilisation particulière.

Recherche appliquée

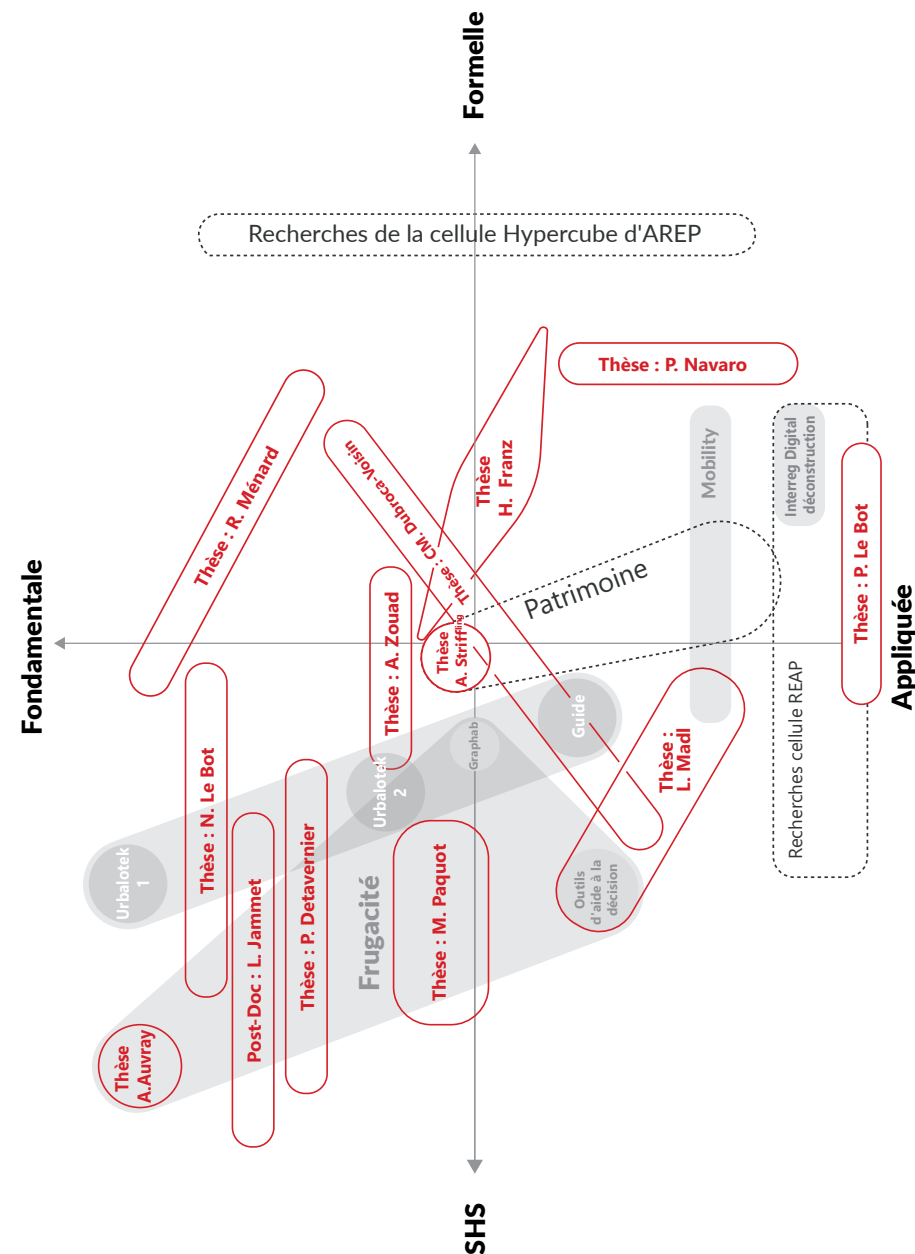
La recherche appliquée consiste en des travaux de recherche originaux entrepris en vue d'acquérir de nouvelles connaissances et dirigés principalement vers un but ou un objectif pratique déterminé.

Sciences humaines et sociales

Domaine de savoirs qui vise à la connaissance de l'homme, de la culture et de la société.

Sciences formelles

Domaine de connaissance qui s'attache à l'étude et la compréhension des phénomènes, lois et principes physiques, naturels et techniques.



Source : OCDE. (2016) *Manuel de Frascati 2015 : Lignes directrices pour le recueil et la communication des données sur la recherche et le développement expérimental, Mesurer les activités scientifiques, technologiques et d'innovation*, OECD publishing, Paris.

Panorama 2025

Ressources & matières

Matériaux biosourcés

Étude de cas d'usage de bambous français
Géohistoire de la construction en paille

Pesée

Macro-pesée des bâtiments sur une base conversationnelle

Conception

Conception de quais légers, modulaires et réversibles
Catalogue EMC2B

Imaginaires & représentations

Atlas et cartes

Carte de l'Europe des gares
Atlas des réseaux ferroviaires du Grand Paris

EMC2B

Représentation de la chronicité des émissions de gaz à effet de serre

Modes d'occupation des sols & biodiversité

Renaturation

Refonctionnalisation des sols dans les projets de renaturation
Outil de calcul du coefficient maximum de végétalisation

Biodiversité

Analyse conceptuelle croisée des notions patrimoine & biodiversité
Analyse critique du concept et portrait des « forêts urbaines » françaises

Énergie & convivialité

Inclusivité

Outils et méthodes des études sur le genre et l'inclusivité en gare

Énergie solaire

Intégration du solaire sur le foncier linéaire

Conception & adaptation

Confort

Approche cartographique des microclimats urbains en période estivale et évaluation d'un indicateur de confort
Caractérisation des leviers de mitigation des fortes chaleurs en gare

Climat

Abris couverts climatiques

Architectures & mobilités

Haltes

Atlas des lignes de desserte fine du territoire

Confort

Étude des liens entre confort, frugalité et mobilité en gare

SERM

Intermodalité et parkings des gares SERM
Modélisation des mobilités (outil Mobility)

Perspectives 2026

Ressources & matières

Conception

ACV comparative des façades types

Maintenance

Maintenance, matériaux et durabilité
Recherches sur les polluants volatiles

>> Conception de quais légers, modulaires et réversibles
>> Géohistoire de la construction en paille

Imaginaires & représentations

Représentation informée

Modes de représentation des phasages de projet et de travaux
Représentation de la conception architecturale et urbaine informée

>> Figurer les climats futurs
>> Atlas des mobilités légères

Modes d'occupation des sols & biodiversité

Transition foncière

Analyse croisée « sols, valeurs, usages »
Milieux contraints
Étude de la gestion des eaux pluviales en milieu urbain contraint
Stratégie de végétalisation en gare

Outils

Outil d'analyse automatisé des indicateurs de biodiversité des plans masse
Étude sur la valeur des sols selon leur naturalité et leurs usages

Énergie & convivialité

Micro-confort

Monitoring des ambiances bioclimatiques de proximité

>> Études sur le genre et l'inclusivité en gare

Conception & adaptation

Confort

Caractérisation de l'efficacité d'équipements de mitigation des fortes chaleurs en gare

Carbone

Analyse Scope 3 de l'activité d'AREP

>> Abris couverts climatiques

Architectures & mobilités

Gares

Dimensionner juste et anticiper les usages en gare

Mobilité

Nouveaux points d'arrêt et gares minimales
Recherche qualitative sur les mobilités périurbaines et rurales
Développement d'une brique LUTI (*Land Use and Transport Interaction*) pour Mobility

Recherche & développement

Travaux menés en 2024



Prototype SOLVEIG

(Système de solarisation réversible sur voies).

© SNCF / AREP - photographie Yann Audic,

janvier 2025

Biodiversité en milieu ferroviaire

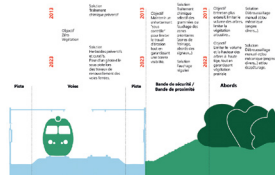
Les travaux de recherche visent à approfondir les connaissances sur les relations entre les activités humaines et la biodiversité en mettant un accent particulier sur les quartiers à fortes contraintes techniques.

Une thèse associée au programme Frugacité explore spécifiquement les échelles du bâtiment et du quartier. Conduite par Alexandre Auvray, elle met l'accent sur la connectivité paysagère des habitats naturels à partir de l'étude de plusieurs quartiers de gare situés le long d'un gradient de densité urbaine. Par son implication dans le programme de recherche Frugacité initié en 2019 dans le cadre d'un appel à projets (BAUM) du Plan Urbanisme Construction Architecture (PUCA), AREP contribue au développement d'un outil d'aide à la décision pour la programmation et la conception architecturale et urbaine pour une meilleure connectivité paysagère des quartiers de gare.

Les recherches et leurs applications dans des projets à plusieurs échelles visent à réduire drastiquement les émissions carbone et à adapter les territoires au changement climatique déjà en cours pour préparer un futur décarboné. Le réseau ferré peut s'inscrire durablement dans cette démarche et, de manière plus large, devenir un acteur clé de la transition écologique. Les futurs travaux d'AREP viseront à développer des outils pour améliorer la connectivité écologique, en s'appuyant sur la théorie des graphes et en les adaptant aux pratiques de chaque acteur. L'objectif est de créer une stratégie qui respecte les priorités des acteurs tout en orientant leurs actions en faveur de la biodiversité.

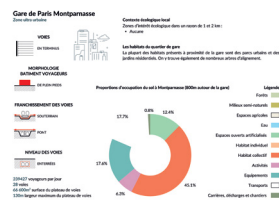
Contact

Dir. MP AMO / Pôle Environnement Recherche & Innovation : Alexandre Auvray
Recherches en cours depuis 2019



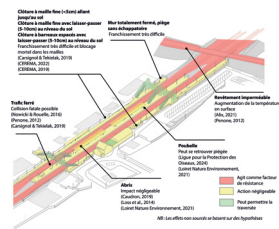
Pratiques de gestion appliquées selon les composantes de l'infrastructure ferroviaire.

© AREP - A. Auvray, 2024



Fiche analyse d'une gare.

© AREP - A. Auvray, 2024



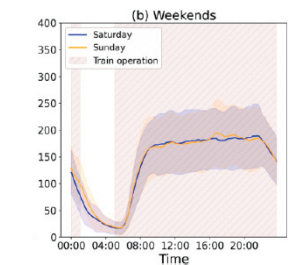
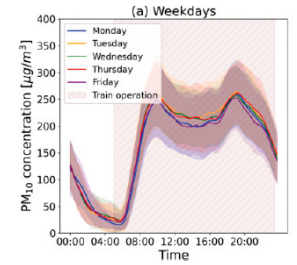
Détail des formes architecturales et leurs effets sur le mouvement potentiel de la faune à l'échelle de la gare.

© AREP, 2024

Prédire et améliorer la Qualité de l'Air Intérieur dans les gares souterraines (QAI)

La recherche développe des outils et modèles de calcul sur la qualité de l'air en mesure continue permettant de mieux appréhender ses variations dans des contextes ferroviaires.

Les travaux réalisés ont permis de développer un outil de modélisation 1D qui repose sur une discrétisation unidimensionnelle des stations de métro selon l'axe des voies, permettant une modélisation fine de la répartition des sources de filtration sur les quais. Son modèle physique permet de reproduire avec précision l'évolution des concentrations de particules fines (PM10-2.5 et PM2.5) en lien avec l'activité ferroviaire. Cet outil permet ainsi d'optimiser les dispositifs de filtration dans les stations souterraines selon différents objectifs : réduction maximale des concentrations, compromis avec la consommation énergétique, ou encore gestion de la maintenance. Il peut également simuler l'effet de filtres à efficacité variable ou de débits modulés au cours de la journée. Conçu pour être adaptable à d'autres classes granulométriques, il constitue une base robuste pour l'aide à la décision.



Profil de concentration en PM10 dans les stations étudiées en semaine et en weekend.

© AREP, 2024

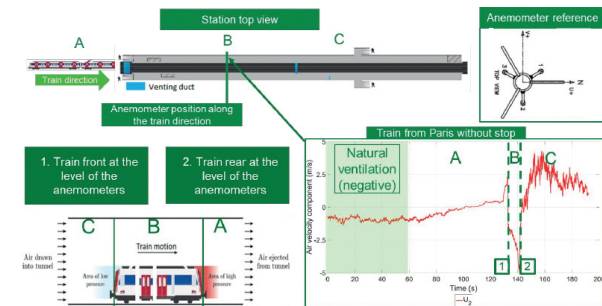


Illustration schématique de l'effet piston mesuré à Sevran-Beaudoctes montrant l'évolution de la vitesse d'air pendant le passage d'un train.

© AREP, 2024

Contacts

Dir. Ingénierie / L'Hypercube : Anne Mesureur, Mateusz Bogdan
Recherches en cours depuis 2015

Sobriété et confort

La recherche mise en œuvre vise à approfondir l'étude des outils de conception et des solutions passives destinés à l'adaptation des espaces habités existants, en intégrant de manière conjointe les dimensions techniques et sociales. L'objectif est double : comprendre l'efficacité de ces solutions sur le plan thermique, et évaluer leur adéquation aux besoins, aux usages et aux représentations des usagers.

L'objectif d'AREP est de développer et d'évaluer des méthodes d'accompagnement participatives visant à faciliter l'engagement des usagers dès les phases de conception, afin de favoriser l'acceptation sociale et l'appropriation durable des solutions passives d'adaptation thermique dans les bâtiments existants. L'objectif est de comprendre comment ces méthodes influencent la redéfinition des critères de confort thermique et d'identifier les conditions d'intégration technique et sociale optimales, en combinant approches architecturales et sciences humaines pour lever les freins sociaux à l'adoption effective de ces dispositifs.



Diagramme des relations entre individu, participation et conception.

© AREP - M. Hue, 2024

Contacts

Dir. MP AMO / Pôle environnement, recherche & innovation : Sabine Thomas

Dir. Ingénierie / Data et modélisation : Lucas Bohnenkamp

Recherches en cours depuis 2022

Cartographier l'intermodalité en gare

La recherche vise à répondre à l'absence de méthodes robustes, systématiques et reproductibles permettant soit de mesurer l'accessibilité intermodale réelle à différentes échelles spatio-temporelles autour d'un pôle ferroviaire donné, soit de reconstruire l'occupation du sol sur la base de fonds cartographiques anciens rarement adaptés à un traitement automatisé.

La méthode combine collecte de données territoriales (offre de transport, voirie, stationnement), observations terrain et entretiens, qui sont traduits en indicateurs spatiaux et fonctionnels. Les outils présentés comprennent des gabarits SIG pour la visualisation multi-couches, des matrices multicritères pour classer les gares par potentiel d'intermodalité et des scénarii d'intervention (aménagement d'espaces vélo, optimisation des parvis, création de pôles d'échanges multimodaux).

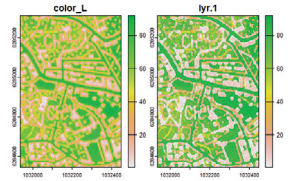
La recherche met en avant la nécessité d'un travail collaboratif avec les collectivités et exploitants pour lever les verrous fonciers et réglementaires et souligne l'importance d'indicateurs opérationnels à court terme (temps d'accès réel, taux d'intermodalité observé) et à long terme (part modale, satisfaction usager). Des exemples d'application territoriale illustrent des gains rapides obtenus par des micro-aménagements et des réordonnancements de voirie, ainsi que des projets structurants comme la création de pistes cyclables sécurisées reliant gares et quartiers. Elle permet aussi d'élaborer plusieurs recommandations : la conception inclusive (PMR), la multimodalité douce et la coordination horaire, l'emploi d'outils de monitoring en continu, et l'intégration des données au BIM / SIG.

Contacts

Dir. Territoires / Urbanisme : Grégoire Robida

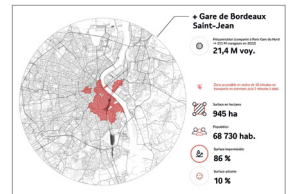
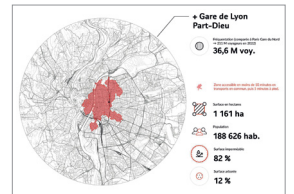
Dir. Ingénierie / Data et modélisation : Félix Pouchain

Dir. MP AMO / Pôle environnement, recherche & innovation : Louis Deloche



Prétraitement d'une carte IGN rasterisée des années 1950.

© AREP, 2024



Cartographies de l'accessibilité en transports en commun depuis deux gares SNCF.

© AREP, 2024

Études prospectives sur les SERM

La recherche menée vise à guider les décisions d'investissement et d'optimisation des gares dans le cadre du déploiement des SERM. L'enjeu est d'outiller les acteurs publics et techniques pour objectiver les priorités d'intervention, en tenant compte à la fois des profils socio-économiques locaux, des contraintes d'accessibilité, et des capacités d'accueil des gares en situation de pointe.

L'objectif global de ces travaux est ainsi de développer un référentiel d'analyse spatiale robuste, permettant de qualifier chaque gare selon un ensemble de critères techniques, territoriaux et fonctionnels, puis de modéliser les effets attendus des transformations sur la base de plusieurs scénarios d'exploitation. Ce cadre méthodologique vise à être appliqué à l'échelle nationale (plus de 250 gares analysées dès 2024), avec un premier terrain d'expérimentation sur le bassin rouennais.

L'outil RADAR permet de restituer les évaluations multicritères menées sur chaque site. L'ensemble des travaux permet de construire une lecture territoriale cohérente des capacités d'accueil des gares face à un changement de régime d'exploitation. Ils permettent également d'ouvrir la voie à d'autres usages, notamment dans le cadre de planifications intermodales, de projets de revitalisation de territoires peu desservis, ou de scénarios de croissance capacitaire à moyen terme.

Contacts

Dir. Territoires / Flux et mobilités : Guillaume Chauvet, Mina Roncière



Atelier multi-acteurs pour la construction d'une vision stratégique de l'organisation des P+R du SERM rouennais. © AREP, 2024



Exemple de restitution de résultats – Synthèse pour la gare de Sélestat. © AREP, 2024



Évaluation de l'offre de services en gare de Sélestat – Outil RADAR. © AREP, 2024

Gabarits ferroviaires

Les dimensions des gabarits sont régies par des normes nationales et internationales qui permettent d'assurer l'interopérabilité entre les réseaux ferroviaires de différents pays et de faciliter le transport international. La maîtrise des gabarits des trains est alors fondamentale pour la gestion et la sécurité des infrastructures ferroviaires. En effet, la sécurité des passagers et du personnel ferroviaire dépend directement des analyses permettant de définir et respecter les gabarits en garantissant la conception de matériels roulants et d'infrastructures assurant la circulation des trains librement et efficacement sur le réseau. En pratique, l'analyse des gabarits est utilisée pour la planification de nouvelles lignes ferroviaires, l'adaptation des trains à de nouvelles routes, et la mise à niveau des infrastructures existantes. Elle joue un rôle clé dans le développement durable du transport ferroviaire, en optimisant l'utilisation des ressources et en réduisant les coûts opérationnels.

La recherche consiste à automatiser les calculs de gabarits pour construire des coupes transversales et des objets BIM afin d'automatiser les détections d'interférences avec les ouvrages à construire et assurer une circulation sans risque de collision avec les éléments fixes du réseau ferroviaire, tels que les quais, les tunnels, les ponts, ou encore la signalisation.

Le prototype de générateur de gabarits transforme les paramètres géométriques (dévers, rayon vertical, vitesse, pente longitudinale) en formules numériques pour générer automatiquement des gabarits ferroviaires de manière reproductible dans différents environnements inter-logiciels.

Contact

Dir. Conception & réalisation / Studio 1 : Denis Malaquin
Recherches en cours depuis 2023



Nom du « champ de formidaires »	Commentaire	Illustration
Obus	Si c'est une voie principale d'obus, il n'y a pratiquement pas de dévers. S'il y a pas de dévers : rectifié > 0 -> S'il y a du dévers, renseigner la valeur en m‰.	
Vitesse maximale de circulation	Renseigner la vitesse maximale de circulation des trains sur cette voie, en km/h.	
Rayon vertical	Si c'est une voie principale d'obus, rectifié > 50 -> Si c'est une voie principale d'obus plat, rectifié > 0 -> Si c'est une voie principale d'obus plat, rectifié > 0 -> Si c'est une voie principale d'obus plat, rectifié > 0 ->	
M + forlatino	Si c'est une voie principale d'obus plat, substationner -> Non -> Si le raccordement vertical est rectifié, choisir -> Non -> Si le raccordement vertical est courbe, choisir -> Non -> et renseigner la valeur du rayon vertical dans la classe « Rayon vertical ».	

Description de certains paramètres géométriques du générateur de gabarit. © AREP, 2024

Patrimoine et biodiversité

La recherche vise à développer une approche intégrée visant à préserver le patrimoine, en considérant simultanément le patrimoine bâti (architectural) et le patrimoine vivant (faune et flore). Il s'agit, dans ce contexte, d'élaborer une nouvelle vision unifiée du patrimoine, intégrant et combinant ses composantes construites et biologiques.

Ces travaux cherchent à répondre à l'enjeu suivant : comment concilier la préservation du patrimoine bâti avec la protection du patrimoine vivant, en tenant compte des exigences parfois contradictoires de conservation architecturale et écologique ?

Ils explorent la convergence entre patrimoine et biodiversité, en montrant comment leur rapprochement redéfinit les pratiques de conservation et de projet. Les recherches développent une méthodologie fondée sur une approche renouvelée et régénérative où le patrimoine n'est pas figé, mais devient un écosystème vivant, acteur de la transition écologique et de la transmission culturelle.

Les réponses apportées couvrent à la fois l'étude des enjeux épistémologiques et le versant opérationnel partagé au travers d'échanges internationaux.



Échanges internationaux : *Seminar on Sino-French Contemporary Architecture Education.*

© AREP, 2024



Synthèse de recherche sur les enjeux épistémologiques.

© AREP - Érica Champeau, 2024

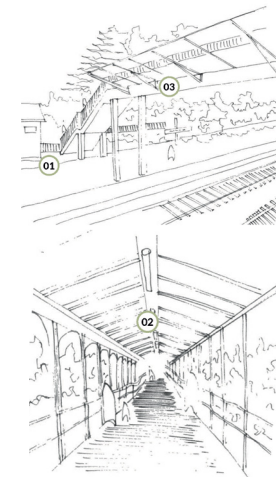
Contact

Dir. Conception et réalisation / Studio Patrimoine et élévatique : Véronique Veston

Principes de l'écomaintenance ferroviaire

Les projets d'infrastructure se situent aujourd'hui au croisement de deux exigences majeures : la nécessité d'assurer la maintenance des ouvrages existants de manière rapide et efficace, et l'impératif d'intégrer des pratiques respectueuses de l'environnement. La maintenance curative, souvent déclenchée par des impératifs de sécurité, de réponse à de hautes exigences ou d'usage, impose des interventions ponctuelles et contraintes dans le temps. Dans ce contexte, la prise en compte des enjeux de durabilité devient un défi majeur, tant ces opérations doivent conjuguer réactivité, efficacité technique et responsabilité environnementale.

L'écomaintenance propose d'intégrer des critères environnementaux dans les pratiques de maintenance ferroviaire afin de réduire l'empreinte écologique tout en préservant la fiabilité opérationnelle. Les actions ciblées incluent l'optimisation des interventions (planification prédictive), l'utilisation de lubrifiants et consommables à faible impact, la gestion circulaire des pièces (réparation, reconditionnement), et la maîtrise des déchets. Des indicateurs de performance (consommations énergétiques liées aux chantiers, émission de polluants) et des méthodes de diagnostic permettent de suivre l'application des principes et de prioriser les interventions à plus fort impact environnemental.



- 01 • **Gestion des eaux pluviales**
Récupération des eaux de pluie pour le nettoyage ou l'arrosage ; Gestion paysagère pour éviter le rejet dans le réseau.
- 02 • **Éclairage - Biomatériaux**
Aprovisionnement par la filière de réemploi
• Efficacité et Sécurité Énergétique
Éclairage LED + Détection de présence
- 03 • **Eviter les déchets**
Privilégier la conservation et la rénovation pour limiter la production de déchets (pollués ou non pollués)
• Réemployer
Caractériser les ressources (volume de béton, linéaire de garde-corps et main courantes, revêtement de sol, etc.)
Dialoguer avec les acteurs locaux de l'ESS pour évaluer le potentiel de réemploi de ces « petits » éléments
• Valoriser les déchets
Caractériser les déchets générés par son chantier et cibler des taux de valorisation. Par exemple si la structure est en acier, le taux de valorisation du chantier pourra atteindre 100%
- 05 • **Biodiversité**
Respecter les périodes de nidification dans la planification des travaux. Prendre en compte le contexte écologique du site dans la réalisation du chantier.

Critères et méthodes de diagnostic pour l'écomaintenance – Cas des passerelles.

© AREP, 2024

Contacts

Dir. MP AMO / Unité expertises : Sophie Untersinger / Unité IdF : Vanessa Nègre

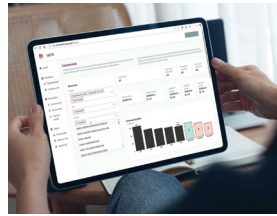
Stratégies de réduction des consommations des bâtiments

La recherche a pour but d'accompagner l'application du Décret Éco-Énergie Tertiaire (DEET) dans le cas particulier des gares et de le prolonger selon les ambitions du groupe (critères EMC2B).

Cette recherche comporte deux objectifs complémentaires :

- L'accompagnement de SNCF Gares & Connexions pour la transition énergétique et la conformité au DEET de son patrimoine ;
- Le développement, le déploiement et l'amélioration continue de la « calculatrice énergie » spécifique aux gares.

AREP propose une méthodologie intégrée pour réduire les consommations énergétiques de 277 gares par la conception de bouquets d'actions personnalisés et phasés jusqu'en 2050. Dans ce cadre, la recherche développe une méthodologie intégrant des inventaires sur site, des modèles énergétiques simplifiés et des analyses de données capitalisées à la suite des travaux déjà réalisés dans d'autres bâtiments similaires du patrimoine. Les recherches permettent de cibler les outils les plus pertinents pour assurer une interface utilisateur simple et des calculs complexes et précis. Un outil (ODETTE) et une plateforme collaborative facilitent la génération, la vérification et le transfert des bouquets multisites vers d'autres patrimoines, en assurant fiabilité, faisabilité et traçabilité des décisions.



Outil ODETTE.
© AREP, 2024

Contacts

Dir. Ingénierie / Data et modélisation : Félix Pouchain / CVC fluides : William Teyssier
Recherches en cours depuis 2021

Façades et enveloppes

Malgré les avancées technologiques et réglementaires, les systèmes de façades actuellement déployés révèlent encore certaines limites face aux standards de performance toujours plus exigeants.

Ces insuffisances concernent notamment la réduction des déperditions thermiques et l'amélioration de l'efficacité énergétique sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, deux dimensions clés pour répondre aux impératifs environnementaux.

L'objectif de cette recherche est de développer une nouvelle approche globale des façades, en théorisant un cadre de conception entre architecture et ingénierie afin d'accroître de manière significative leurs performances, en particulier leur efficacité énergétique, et de satisfaire aux nouvelles exigences de performance tout en répondant aux contraintes normatives, réglementaires, esthétiques, de sécurité et de confort, tout en s'inscrivant dans la démarche EMC2B.

Les travaux se déclinent en plusieurs volets :

- Cartographie des enjeux architecturaux, de sécurité et de confort au regard des impacts et environnementaux des façades ;
- Évaluation du niveau de maîtrise des différents sujets relatifs aux façades ;
- Développement et déploiement d'outils d'étude des façades selon différents niveaux d'échelle en cohérence avec les processus existants de conception des projets.

Contact

Dir. Ingénierie / Structures et façades : Laura Poinloup

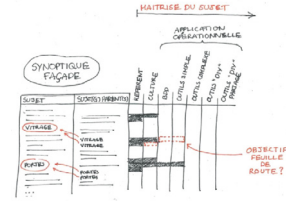


Schéma de la feuille de route.
© AREP - L. Poinloup, 2024



Carte mentale des enjeux liés aux façades et enveloppes.
© AREP, 2024

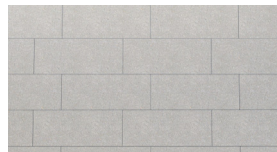
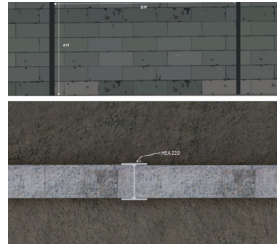
RÉAP : réemploi en contexte ferroviaire

Les recherches menées visent à structurer, expérimenter et évaluer le potentiel du réemploi du béton, et celui des équipements de sonorisation en contexte ferroviaire.

La première phase a permis d'identifier 20 matériaux à fort potentiel de réemploi grâce à une méthode fondée sur une présélection multicritère, issue d'expériences terrain et d'une analyse ciblée des projets SNCF.

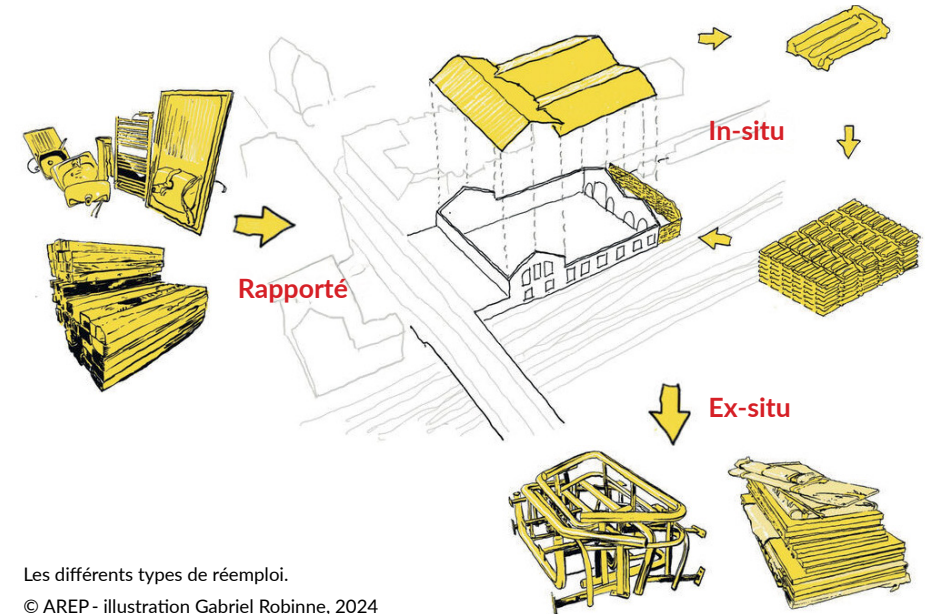
Dans un second temps, un travail a été mené sur le béton déconstruit : une méthodologie de diagnostic a été établie (non destructif et destructif), suivie du développement d'un prototype de mur maçonné à partir de blocs issus de la découpe de voiles en béton. Ce prototype, modélisé à partir de blocs standardisés (1,5 m x 0,6 m), explore plusieurs types d'assemblage (poids propre, mécanique, couturage), et fait l'objet d'une analyse environnementale démontrant un gain carbone dès certaines dimensions.

Enfin, une stratégie concrète de réemploi d'équipements de sonorisation (haut-parleurs, éléments de fin de ligne) a été mise en œuvre, s'appuyant sur un diagnostic PEMD détaillé pour identifier, tester, et remettre en œuvre les matériels existants dans plusieurs zones du projet.



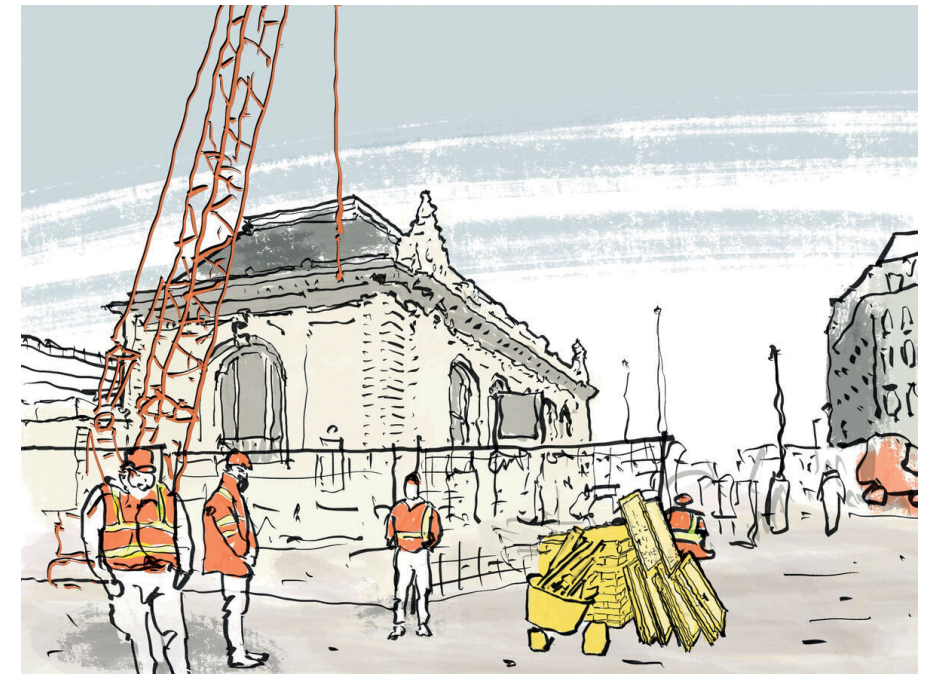
Modélisation du prototype de réemploi de voiles béton sciés.

© AREP, 2024



Les différents types de réemploi.

© AREP - illustration Gabriel Robinne, 2024



Les ressources de chantier.

© AREP - illustration Gabriel Robinne, 2024

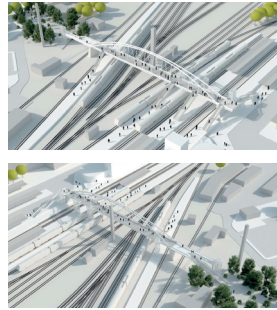
Contacts

Dir. Ingénierie/Atelier Environnement : Valérie Cousturier, Olivier James
Recherches en cours depuis 2019

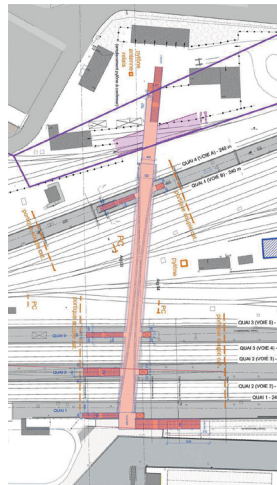
Développement d'une passerelle ferroviaire à grande portée

Ce projet s'inscrit dans le programme de mise en accessibilité des quais de la gare de Dunkerque, et vise à concevoir et réaliser une passerelle de grande portée (85 m) capable d'enjamber l'ensemble du faisceau ferroviaire sans appui intermédiaire avec une structure *bow-string*. Il s'agit, par modélisations et simulations environnementales, de déterminer si une conception à grande portée permet effectivement d'atteindre un optimum structurel et environnemental par rapport à une solution plus classique à plusieurs travées.

Au fil de ces itérations, la solution grande portée s'est consolidée, non comme une alternative théorique, mais comme une option techniquement crédible et potentiellement plus vertueuse sur le plan environnemental. Les incertitudes résiduelles, notamment celles liées aux contraintes caténaïres fines, à la mise en œuvre des protections, à l'impact des flèches en phase de service et au dimensionnement exact des massifs d'ancrage, sont documentées et feront l'objet d'investigations complémentaires en phase PRO. Ainsi, les travaux de 2024 ont permis de démontrer que le pari d'une passerelle sans appui, dans ce contexte, pouvait être tenu sans sacrifier les performances techniques ni aggraver le bilan carbone. L'approche structurée, reproductible, appuyée sur des simulations précises et une évaluation environnementale proportionnée, a ainsi permis d'objectiver un arbitrage initialement porté par l'intuition d'une simplification géométrique, en en faisant un levier concret d'optimisation au sens du cycle de vie.



Évolution des principes structurels de la passerelle.
© AREP, 2024



Implantation de la passerelle.
© AREP, 2024

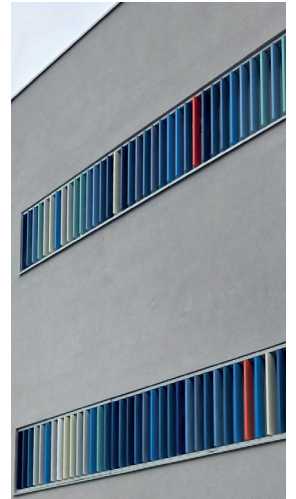
Contacts

Dir. Conception & réalisation : Julien Dallot / Studio 12 : Sébastien Geffroy

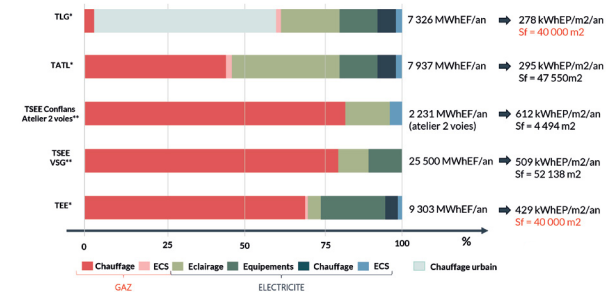
Sobriété et pérennité des technicentres

Dans le contexte de ses engagements en matière de transition énergétique, SNCF Voyageurs a initié un projet ambitieux visant à transformer la gestion énergétique de ses technicentres de maintenance TGV. Ces sites industriels, fortement consommateurs d'énergie, représentent le second poste de dépense énergétique de l'entreprise après le courant de traction. L'objectif global consiste à atteindre 45 % d'économies d'énergie d'ici 2025 par rapport à l'année de référence 2019, avec une ambition à plus long terme : disposer à l'horizon 2030 d'un technicentre à énergie positive et intégralement décarboné.

L'ensemble des travaux menés en 2024 a permis de tester, d'adapter et de documenter deux démarches de recherche appliquée complémentaires. D'un côté, l'optimisation énergétique dans des technicentres partiellement instrumentés a abouti à une méthode reproductible de régulation et de hiérarchisation des actions, transposable à l'ensemble du parc. De l'autre, l'expérimentation menée au Technicentre de Brétigny sur une solution constructive en pierre massive armée a ouvert un champ d'investigation inédit, combinant innovation structurelle et performance bas carbone, et aboutissant à des premiers modèles et protocoles en attente de validation expérimentale complète.



Technicentre Sud Est Européen
4.0 – Bâtiment (BMI) – Façade.
© AREP, 2025



Répartition des usages énergétiques annuels par technicentre (chauffage, ECS, éclairage, équipements).
© AREP, 2024

Contacts

Dir. MP AMO / Unité Paris : Thaÿs Guimaraes / Unité Sud : Adrien Beretti / Pôle environnement, recherche & innovation : Laura Pointu

Modélisation multicritères des flux de personnes

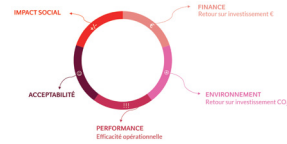
Dans un contexte de croissance des mobilités multimodales et d'augmentation des flux dans les espaces de transport, comprendre et anticiper les comportements de déplacement des usagers dans et autour des gares représente aujourd'hui un enjeu scientifique majeur. La planification d'une mobilité bas carbone réside cependant dans le compromis entre exigence environnementale et qualité d'usage. Si les dispositifs mis en place (cheminements piétons allongés, temps de correspondance augmentés, accessibilité dégradée) rendent l'expérience voyageur moins confortable, il existe un risque réel de désaffection du train, notamment au profit de la voiture.

Ces constats convergent vers une même problématique : la difficulté d'intégrer simultanément des dimensions comportementales, techniques, environnementales et psychosociales dans des modèles prédictifs robustes, adaptés à la complexité des systèmes ferroviaires intermodaux. Cela appelle à une évolution des méthodes, vers des outils plus intégrés, multicritères, sensibles au contexte local, et capables d'accompagner la transformation durable des mobilités.

La modélisation des flux de personnes vise à fournir un cadre opérationnel combinant collecte de données, modélisation multi-échelle et outils d'aide à la décision pour optimiser conception et exploitation des gares. La méthodologie repose sur l'intégration de données statiques (plans, capacités) et dynamiques (comptages, capteurs, données de validation) pour calibrer modèles de microsimulation et modèles macroscopiques de flux.

Contacts

Dir. Territoires / Flux et mobilités : Matthieu Goudeau, Capucine-Marin Dubroca-Voisin



Critères d'évaluation de la gestion des flux.
© AREP, 2024



Analyse de la configuration d'un espace d'intermodalité – Gare de Lyon Part-Dieu.
© AREP, 2024

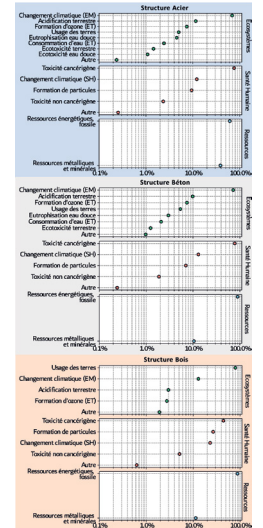
Structures bas carbone

La recherche a pour objectif d'identifier des leviers pour diminuer l'empreinte environnementale des éléments structurels du bâti par une approche multicritère. Objet d'une thèse, elle a identifié les postes les plus importants dans les structures de bâtiment sur différents indicateurs : réchauffement climatique, impacts sur la biodiversité, santé humaine, consommation de ressources, productions de déchets.

Les travaux de Pierre Navaro-Auburtin ont permis de développer une méthode d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) approfondie couplée à des calculs de structures. En ciblant différents paramètres significatifs tels que les matériaux, la portée, la trame structurelle et le nombre de niveaux, l'analyse a révélé la manière dont ils influencent l'impact environnemental global. L'étude s'est également intéressée aux leviers pour réduire ces impacts, notamment les structures en pierre de taille, et a analysé les stratégies de décarbonation des industries. Ces recherches ont mis en évidence que les planchers constituent le poste le plus impactant en matière d'émissions, ce qui en fait le levier prioritaire pour réduire l'empreinte carbone des structures. Les analyses de sensibilité ont confirmé le rôle déterminant de paramètres tels que le transport, les pertes en atelier et la consommation énergétique de découpe, tandis que l'élaboration d'un budget carbone structurel a permis de positionner les solutions étudiées par rapport aux trajectoires fixées par la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) et la RE2020.

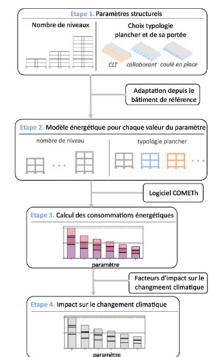
Méthodologie du calcul d'impact des consommations énergétiques selon les paramètres structurels.

© AREP - Pierre Navaro-Auburtin, 2024



Contribution des impacts intermédiaires aux dommages pour les structures béton, acier et bois ; échelle logarithmique.

Pierre Navaro-Auburtin, 2024



Contact

Dir. Ingénierie / Structures et façades : Jean-Luc Martin

Recherches en cours depuis 2022



Gare de Paris Nord – La halle à vélos solaire.
© AREP - photographie Guillaume Satre, août 2024

Abris vélos pensés par et pour les usagers

Dans un contexte de transformation des mobilités urbaines, le développement d'infrastructures adaptées à la pratique du vélo constitue un levier essentiel pour encourager les déplacements actifs. Par ces recherches, il s'agit d'identifier précisément des critères d'usage prioritaires, de mieux comprendre les défaillances perçues, souvent absentes des référentiels techniques, et de développer des abris vélos qui s'adaptent aux besoins différenciés des usagers et ainsi optimiser la sécurité, l'accessibilité et la praticité de ces structures.

Différentes missions ont été menées :

- Une étude de la mise en œuvre de l'Assistance à Maîtrise d'Usage (AMU) dans la définition et la transformation des bâtiments publics, permettant d'intégrer les usagers et agents à toutes les phases du projet, depuis le diagnostic jusqu'à l'exploitation, afin de mieux répondre à leurs besoins et d'assurer une appropriation durable des espaces ;
- Une analyse comparative et participative pour sécuriser les abris vélos, notamment dans le cadre de la gare Rosa Parks, combinant une revue des dispositifs techniques et d'usage, ainsi que la conduite d'enquêtes auprès des usagers pour alimenter les préconisations ;
- Des enquêtes de terrain notamment à la gare du Champ de Mars, pour documenter les pratiques et attentes des différents publics, identifier les enjeux spécifiques du site, et construire des orientations d'aménagement adaptées.



Gare de Paris Nord – La halle à vélos solaire, intérieur.
© AREP - photographie Guillaume Satre, juin 2024



Gare de Colmar – Abri vélos.
© AREP, juillet 2024

Contact

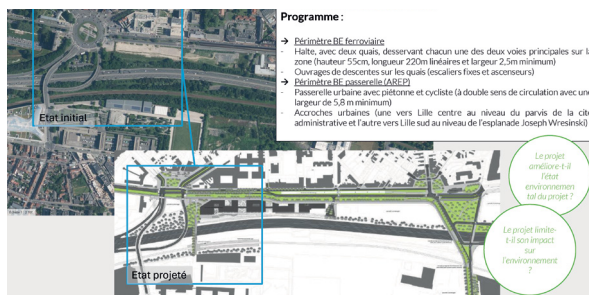
Dir. MP AMO/Unité IdF : Quentin Guyonnaud

Indicateurs environnementaux

Cet axe de recherche a pour objectif de développer un outil de calcul de la performance environnementale fondé sur un diagnostic multi-étapes analysant les projets de la phase de conception à la réalisation puis à l'exploitation :

- Phase de conception : les indicateurs sont élaborés à partir de données publiques et documentaires ;
- Phases de réalisation et d'exploitation : ils s'appuient sur des données complémentaires issues d'études spécifiques au projet (inventaires écologiques, études phytosanitaires, acoustiques, îlot de chaleur urbain, etc.) ;
- Phase administrative : ces indicateurs sont traduits en éléments concrets pour alimenter les dossiers réglementaires et accompagner les procédures environnementales, notamment celles relevant du Code de l'Environnement (CE).

Cet outil a pour ambition de permettre de juger de la performance environnementale d'un projet et de justifier les choix du projet (notamment vis-à-vis des procédures au titre du CE en prenant en compte les impacts divers et complexes sur les milieux naturels, la biodiversité, la qualité de l'air, le bruit, et d'autres composantes environnementales).



Exemple d'étude et d'usage des indicateurs environnementaux – Création d'une halte au niveau de Halte Lille porte des postes.
© AREP, 2024

Contacts

Dir. MP AMO/Pôle environnement, recherche & innovation : Sabine Thomas, Chloé Nguyen

Confort dans les espaces semi-ouverts (CESO)

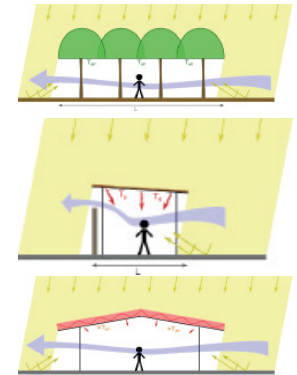
AREP étudie la perception du confort dans les espaces semi-ouverts. La recherche développe des chaînes de simulations, des modèles d'analyse et des approches de représentation des phénomènes physiques au sein des gares et espaces semi-ouverts, en prenant en compte l'ensemble des paramètres concourant à la sensation d'inconfort. La recherche affine l'hypothèse classique d'une température homogène des pièces par le développement de modèles avec une information spatialisée. Aujourd'hui, elle se déploie à travers des études de confort thermique, de confort au vent ou d'exposition à la pluie battante de nombreuses gares.

L'approche articule :

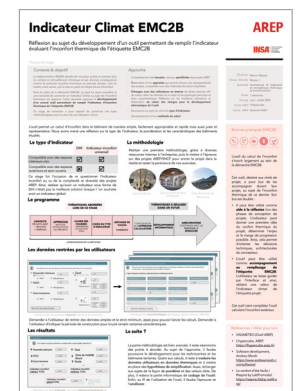
- Diagnostics empiriques et état de l'art sur l'hygrothermie et le confort ;
- Simulations hygrothermiques et de vent pour quantifier l'exposition au WDR (wetting by rain) et les conditions thermiques ;
- Développement d'outils AREP (Visumétéo, indicateur EMC2B pour l'inconfort thermique, caractérisation des abris climatiques) ;
- Intégration d'un cadre d'indicateurs environnementaux (carbone, matière, espace) pour évaluer les impacts sur le cycle de vie.

Le projet met en lumière la nécessité d'associer simulations physiques et perception usager, ainsi que d'intégrer des démarches participatives pour assurer l'acceptabilité et la robustesse des solutions déployées.

Poster de présentation de l'indicateur Climat EMC2B.
© AREP, 2024



Recherche ABRICOCODA : Performance thermique des zones boisées continues ; Défauts de conception des abris couverts actuels ; L'abri couvert climatique qui permet d'assurer le rôle de refuge thermique.
© AREP, 2024



Contacts

Dir. Ingénierie/L'Hypercube : Mateusz Bogdan, Alexis Sauvageon
Recherches en cours depuis 2015

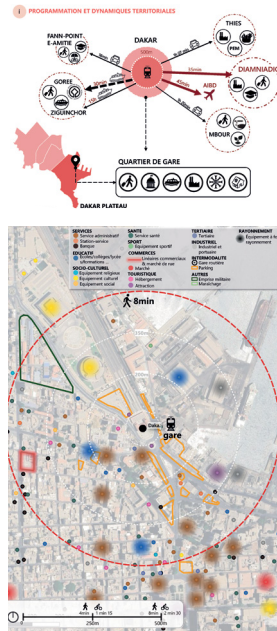
Intermodalité et informalité

Au travers de deux études menées au Sénégal, AREP met au point des méthodes et des résultats spécifiques sur l'enjeu de l'aménagement urbain en contexte d'occupation informelle. Un projet porte sur l'implantation et l'aménagement des futures gares du Bus Rapid Transit (BRT) traversant les 13 communes de Dakar. À l'échelle du pays, un projet de Train Express Régional (TER) vise à désengorger la capitale en assurant des connexions entre les villes principales. La recherche met en œuvre des enquêtes sociologiques et des études de site permettant de caractériser l'occupation informelle des emprises foncières identifiées pour les nouvelles gares. Ce travail participe à informer des stratégies d'aménagement urbain contribuant à la revitalisation économique en contexte spécifique. Ces études sont couplées aux ambitions écologiques bas carbone. Les projets bénéficient d'études approfondies qui permettent de mettre en œuvre un démonstrateur de développement urbain bas carbone, adapté au contexte particulier d'un quartier sénégalais marqué par l'informel, et dont l'objectif est de devenir le pilote d'une génération de changements à venir.

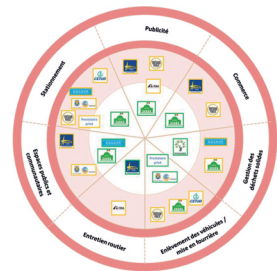
Les travaux menés ont permis de développer une approche intégrée de planification urbaine appliquée au corridor BRT, articulant diagnostic territorial multi-échelles, stratégies d'aménagement adaptées et amélioration des environnements numériques de modélisation. La démarche a conduit à la définition de principes d'organisation spatiale robustes déclinés en plans d'aménagement détaillés par section et intégrés dans un socle SIG évolutif.

Contact

Dir. Territoires/Urbanisme : Cécile Lelasseux
 Recherche en cours depuis 2017



Diagnostic du quartier de gare de Dakar.
 © AREP, 2024

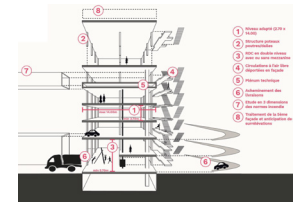


Cartographie des acteurs du BRT.
 © AREP, 2024

Mixité verticale

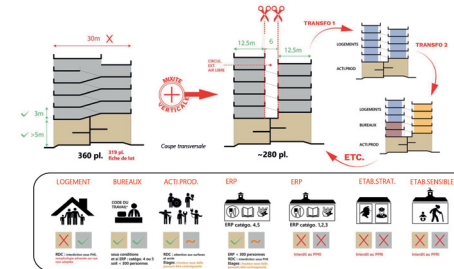
La recherche vise à développer une méthode reproductible de conception de bâtiments « capables » pour la mixité programmatique verticale :

- Établir un référentiel de compatibilité activités/logements (seuils : surfaces, hauteurs sous plafond, charges, trames, acoustique/aéroulrique);
- Définir des stratégies incendie favorables à la réversibilité (circulations extériorisées, gestion par le volume le plus contraignant, compartimentage/sécurité incendie) ;
- Caractériser le squelette architectural (épaisseur, hauteur sous dalle, portées, noyaux externalisés, parking réversible);
- Valider sur cas réels jusqu'au permis de construire sans destination, c'est-à-dire un permis permettant de construire l'enveloppe et les caractéristiques structurelles du bâtiment sans fixer d'emblée la fonction finale des espaces.



Principes architecturaux et techniques d'un bâtiment mixte.
 © AREP, 2024

En 2024, les travaux ont permis de fournir un nouveau standard technique de la mixité verticale réversible, restant à compléter par des mesures d'acoustique en charge, des essais d'évacuation/compartimentage selon assemblages réels et des tests de logistique. L'objectif de cet axe est de vérifier en situation réelle le référentiel de la phase précédente.



Adaptation du projet initial pour anticiper la possibilité de la mixité des usages.
 © AREP, 2024

Contact

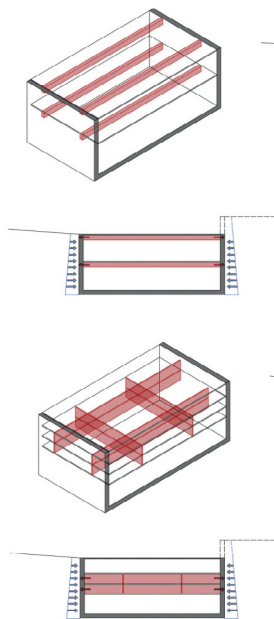
Dir. Conseil & programmation : Simon De La Saussay

Optimisation architecturale en milieu fortement contraint

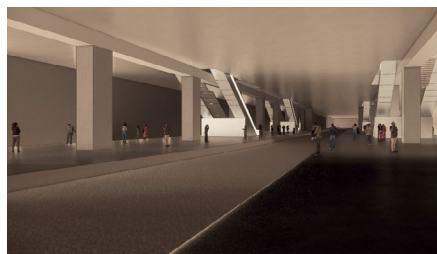
L'objectif de ces travaux de recherche est de développer des plans souterrains optimisant l'occupation de l'espace dans un milieu fortement contraint et suivant des enjeux de sécurité importants.

Pour l'extension souterraine de la gare de Marseille Saint-Charles, il s'agit d'assurer la conformité des cheminements d'évacuation depuis 25 mètres de profondeur en régime normal et dégradé, la stabilité durable des parois et des structures, et un raccordement fonctionnel des voies aux tunnels existants. Ces enjeux s'inscrivent dans un contexte complexe et complexifient la conception architecturale: sols hétérogènes, nombreux ouvrages voisins, l'impératif d'évacuation des voyageurs en moins de dix minutes depuis les quais, et le raccordement des voies aux tunnels existants sans perte de gabarit.

Différents choix techniques comme le déplacement des gaines principales sous le niveau quai, combiné au calage fin des altimétries par zones et à la prise en compte des interfaces tramway / tunnel, ont permis d'obtenir un jeu cohérent de surfaces exploitables et de gabarits sans compromettre les largeurs utiles des quais.



Solutions et variantes de butonnement explorées.
© AREP, 2024



Impact des variantes structurelles au niveau quai.

© AREP, 2024

Contacts

Dir. Conception & réalisation/Studio 8 : Tim Kennaugh, Pierre Amic

Modélisation des déplacements à échelle territoriale (Mobility)

Le développement de la plateforme Mobility se poursuit afin de perfectionner un outil combinant modélisation multi-échelle des déplacements et évaluation de l'empreinte carbone. Cette solution permet d'analyser les pratiques actuelles de mobilité, de tester l'impact de leviers de décarbonation et d'offrir un cadre prospectif pour accompagner les décisions publiques. Elle constitue ainsi un support opérationnel pour orienter le territoire vers une mobilité plus durable, multimodale et bas carbone.

Les travaux 2025 se sont concentrés sur les mesures de décarbonation des mobilités à l'échelle du Grand Genève. En effet, les efforts de recherche et développement menés auparavant ont permis de mettre en place une plateforme intégrée, Mobility Grand Genève, qui offre un cadre opérationnel pour analyser et simuler les pratiques de déplacement.

Les travaux réalisés ont permis de mettre en place une double approche macro et micro, d'élaborer des modèles de choix modal et de distribution, et d'intégrer progressivement des modules complémentaires tels que l'intermodalité, le covoiturage, la congestion et l'augmentation de la résolution spatiale.

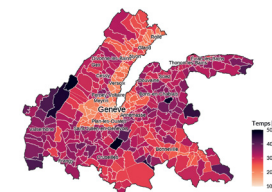
De nouvelles méthodes ont été testées pour résoudre les problèmes de convergence et améliorer la précision des simulations, tout en explorant différents scénarios de décarbonation. Ces développements ont conduit à une plateforme opérationnelle capable de simuler de manière plus réaliste les pratiques de mobilité, d'évaluer leurs impacts territoriaux et environnementaux, et de fournir un socle scientifique solide pour les prochaines phases du projet.

Contacts

Dir. Ingénierie/Data et modélisation : Félix Pouchain

Dir. Territoires/Flux et mobilités : Capucine-Marin Dubroca-Voisin

Recherches en cours depuis 2021

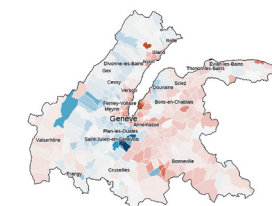


Temps moyen de trajet pour le motif domicile-travail – Genève.

© AREP, 2024



-2.51h0.02h.51h6.0h7.5h9.



-10%h.0%h.5%h.10%h.

Exemple de modélisation d'un levier (subvention vélo) et des effets (évolution du coût généralisé [haut], empreinte carbone [bas]).

© AREP, 2024

Imaginaires post-carbone

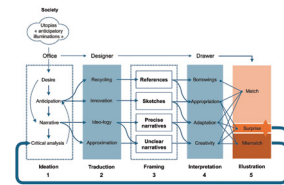
Cet axe de recherche prend en charge l'analyse des imaginaires mobilisés dans les visions de la ville post-carbone. L'objectif est d'identifier les invariants — éléments récurrents hérités de conceptions passées ou imposés par des contraintes de faisabilité — et les bifurcations — ruptures ou alternatives émergentes — qui structurent ces représentations, notamment dans les productions internes. Il s'agit d'interroger les choix techniques, les conventions esthétiques et les mécanismes d'auto-censure qui influencent la production de ces images, afin de comprendre dans quelle mesure elles permettent une réelle diversité de scénarios.

En croisant les enjeux de la transition post-carbone avec une lecture critique des images prospectives, le projet entend dégager un cadre d'analyse plus ouvert, capable de révéler les freins implicites aux stratégies actuelles de planification urbaine et de transition écologique et d'encourager des visions urbaines plus inclusives, nuancées et contextualisées.

Par ailleurs, les travaux menés ont permis de mettre en lumière l'importance de repenser la transition vers des métropoles post-carbone à partir de l'analyse des « faces arrière », ces espaces souvent invisibilisés mais essentiels au fonctionnement quotidien des villes. En dépassant les visions technicistes dominantes, la face arrière se révèle ainsi être un élément stratégique pour penser une transition véritablement post-carbone, qui aille au-delà de la simple optimisation technologique. Les recherches ont permis de mieux comprendre les biais qui orientent ces productions et d'établir une grille d'analyse pour diversifier les scénarios prospectifs.

Contacts

Dir. Générale/Unité recherche : Nils Le Bot, Louise Jammet
Recherches en cours depuis 2022



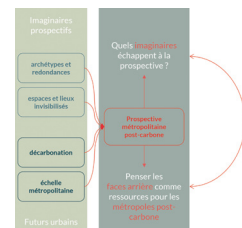
Processus de fabrication des images prospectives.

© AREP - N. Le Bot, 2024

Image	Titre	Année	Contexte	Thèmes
	Paris 2050	2008	Paris 2050	Urbanisme, Climat
	Paris 2050	2008	Paris 2050	Urbanisme, Climat
	Paris 2050	2008	Paris 2050	Urbanisme, Climat
	Paris 2050	2008	Paris 2050	Urbanisme, Climat
	Paris 2050	2008	Paris 2050	Urbanisme, Climat
	Paris 2050	2008	Paris 2050	Urbanisme, Climat
	Paris 2050	2008	Paris 2050	Urbanisme, Climat
	Paris 2050	2008	Paris 2050	Urbanisme, Climat
	Paris 2050	2008	Paris 2050	Urbanisme, Climat
	Paris 2050	2008	Paris 2050	Urbanisme, Climat

Corpus d'images analysées.

© AREP - N. Le Bot, L. Jammet, 2024

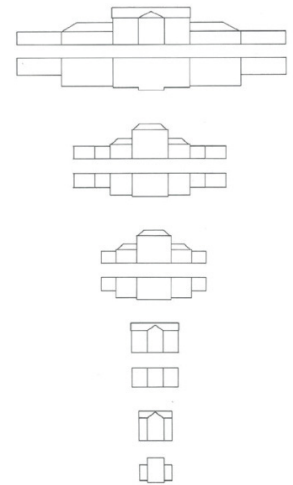


Problématique de recherche.

© AREP - L. Jammet, 2024

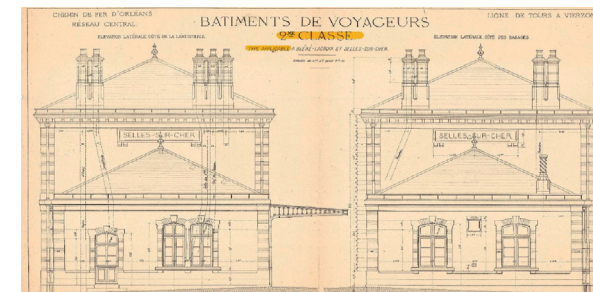
Patrimoine sériel

Ce projet de recherche vise à analyser les défis associés à la préservation et à l'évolution des gares bâties en série dans la seconde moitié du XIX^e siècle en France, en Espagne et en Italie. Objet de la thèse menée par Alexandrina Striffling, les travaux interrogent les moyens de maintenir l'équilibre entre la conservation de la valeur patrimoniale de ces gares et leur adaptation aux exigences modernes, dans un contexte de transformations économiques, sociales et écologiques. L'étude menée a permis d'analyser l'évolution des gares sérielles du XIX^e siècle en France, en Espagne et en Italie, en mettant en évidence les principes de standardisation et les transformations architecturales subies au fil du temps. La collecte d'archives a révélé les logiques de conception initiales, tandis que les relevés sur site ont permis d'évaluer l'état de conservation et les modifications apportées à ces infrastructures. La synthèse des données a mis en lumière les cycles de transformation successifs ainsi que les enjeux contemporains liés à leur réhabilitation. Ces travaux fournissent une base essentielle pour concilier la préservation du patrimoine ferroviaire avec les nouvelles exigences de mobilité et d'aménagement urbain.



Typomorphologie des bâtiments voyageurs étudiés.

© AREP - A. Striffling, 2024



Plan-type des BV de 2^e classe de La Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans.

© Archives SNCF

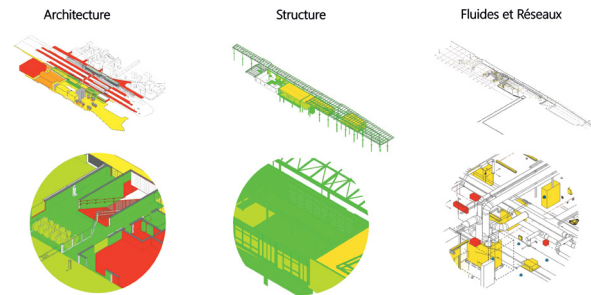
Contact

Dir. Conception & réalisation/Studio Patrimoine et élvatique : Véronique Veston
Recherches en cours depuis 2020

Développement des outils BIM

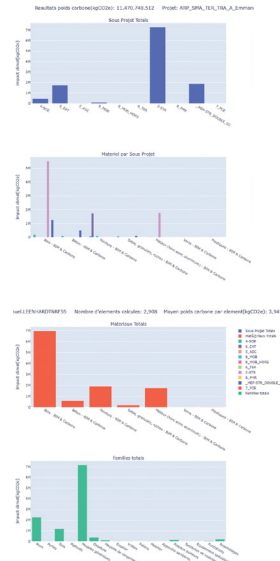
Cette recherche couvre la conception et le développement d'outils BIM et d'une stratégie BIM globale. En 2024 les travaux ont permis de développer un module intégré à REVIT pour le calcul du poids carbone des bâtiments modélisés. L'ensemble des développements permettent de réaliser ces calculs tout au long du processus de conception, de faire le suivi de chantier, ou le relevé de dysfonctionnements. Les rapports générés fournissent des indicateurs clés tels que le poids carbone total, le nombre d'éléments analysés et leur répartition par sous-projets et par matériaux. Le module BIM&Carbone associé aux développements BIM&Matière s'impose ainsi comme des supports opérationnels permettant non seulement d'identifier les sources principales d'émissions, mais aussi de proposer des pistes d'amélioration adaptées.

Des études complémentaires ont permis de questionner l'utilisation du BIM au prisme des enjeux de sobriété (organisationnelle, numérique, carbone, matière), de modéliser un système socio-écologique en réseaux multi-niveaux et des outils d'extraction de données efficace.



Contacts

Dir. Ingénierie/BIM & Méthodes : Marie Chaumaz, Joaquin Giner Calzada
Recherches en cours depuis 2019



Exemple de rapport généré par le module (impact climat par classe d'élément).
© AREP, 2024

Aperçu des résultats sur les maquettes numériques.
© AREP, 2024

Formes ludiques

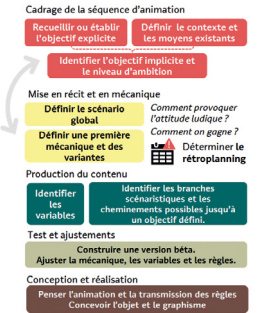
Cette recherche vise à comprendre l'apport des formes ludiques dans les pratiques professionnelles du programmeur et de déterminer les conditions optimales de leur mobilisation afin d'en faire un outil fiable. L'ambition est de dépasser l'usage ponctuel et intuitif des formes ludiques pour en proposer une méthodologie structurée, adaptée au contexte professionnel et orientée vers la transition écologique et sociale. Trois expérimentations pilotes ont permis d'évaluer l'impact de différents ressorts ludiques (contrainte temporelle, simulation, coopération, compétition, manipulation) sur la créativité, la cohésion et l'efficacité des productions collectives : Workshop Passerelles, Taverny Archiclasse et Frugal Pursuit. Les finalités poursuivies étaient :

- la formation et l'apprentissage à long terme, par la mise en place de jeux instructifs et appropriables, permettant la compréhension et la mémorisation de contenus complexes ;
- la co-création, en mobilisant des formats collaboratifs qui facilitent l'expression et la prise en compte de la participation de l'ensemble des acteurs impliqués ;
- la communication et la sensibilisation, en recourant à des dispositifs synthétiques capables de rendre accessibles, en un temps limité, des notions techniques ou conceptuelles ;
- la cohésion, par l'introduction de formats ludiques personnalisés favorisant le partage de moments informels et renforçant les liens entre les participants.

Il s'agit *in fine* de stimuler l'idéation et la production collective de nouveaux récits et références partagées, susceptibles d'alimenter la conception urbaine et architecturale dans une perspective post-carbone.

Contacts

Dir. Conseil & programmation : Mélanie Barey, Lisa Favaretto



Méthodologie de création.
© AREP, 2024



Dispositif Taverny Archiclasse.
© AREP, 2024



Aperçu du jeu « Frugal Pursuit ».
© AREP, 2024

Prototypes

Éprouver des solutions innovantes pour un futur post-carbone

Prototypes de façades innovantes



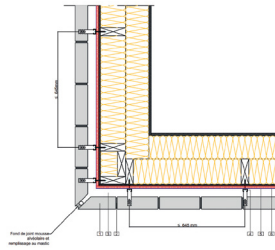
Chantier des Grandes Serres de Pantin – Prototype de façade.
© AREP, septembre 2025



Technicentre Sud Est Européen 4.0 – Bâtiment multiservice (BMS) – Prototype de façade.
© AREP, octobre 2025

ATEX COB

Mise au point d'un procédé de double-mur en briques sur structure bois « COBrique ». ATEx développé pour les bureaux « Infrapôle » de Versailles-Chantiers.



Coupe de principe d'angle sortant biseauté à bec d'onglet.
© AREP, 2025



Bâtiment de relogement des bureaux SNCF « Infrapôle » de Versailles-Chantiers.
© AREP, 2025

SOLVEIG (Système de solarisation réversible sur voies)

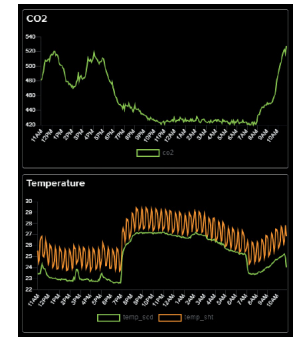
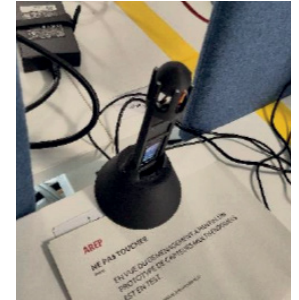
Réalisation du prototype d'un dispositif mobile et articulé de déploiement de panneaux solaires photovoltaïques sur voies ferrées.



Installation du prototype sur site.
© SNCF/AREP - photographie Yann Audic, janvier 2025

Capteur d'ambiance

Prototype d'un capteur d'ambiance pour accompagner les usages de systèmes de confort thermique passifs.



Aperçu du dispositif et de la collecte de données.
© AREP, 2025

Aperçu des publications scientifiques 2025

Auvray, Alexandre. « Retour sur la journée d'étude "Qualifier l'interdisciplinarité : vocabulaires, réseaux, outils et indicateurs" ». *Natures Sciences Sociétés*, 2025. <https://doi.org/10.1051/nss/2025014>.

Auvray, Alexandre, Fabienne Ficamos, Karine Gremion, Nils Le Bot, Pascal Marty, Elodie Martin-Hackett, Maya Rivera, Yohan Sahraoui, et Sabine Thomas. *Frugacité : Formes urbaines des quartiers de gare ou à fortes contraintes et biodiversité*. La Défense: Plan Urbanisme Construction Architecture (PUCA), Ministère de la Transition écologique, 2025.

Auvray, Alexandre, Pascal Marty, Yohan Sahraoui, et Nils Le Bot. « Intégrer les formes du bâti dans la modélisation des continuités écologiques ». In *Morphologie urbaine et biodiversité : Apports de terrains de recherches pluridisciplinaires*, édité par Sophie Carré et Philippe Clergeau, 1^{ère} éd. Écologies urbaines. Paris: Éditions Quæ, 2025.

Baron, Nacima, **Nils Le Bot**, Pauline Detavernier, et Manuela Triggianese (éds.) *The New Nature of Stations*. TU Delft OPEN Publishing, 2025. <https://doi.org/10.59490/mg.137>.

Gresse, Teddy, Damien David, Frédéric Lefevre, Mathieu Galtier, **Mateusz Bogdan**, Marjorie Salles, Marta Picazo Guerrero, Yiqi Sun, Estelle Morlé, et Karine Lapray. « AbriCoCoDA: A Novel Approach to Urban Heat Mitigation Through Bio-Analogous Climate Shelters ». Rotterdam, Netherlands, 2025. <https://hal.science/hal-05172092/document>.

Jammet, Louise. « Les espaces oubliés des métropoles dans les imaginaires de la décarbonation ». *Articulo - Journal of Urban Research*, décembre 2025.

Jammet, Louise, et Nils Le Bot. « Alternative Futures: Between Conformity and Radicality », in Dabovic Tijana, Adballah Jreij et Dimitri Toubanos (éds.) *Spatial Futuring*. New York: Springer, à paraître 2025.

Madl, Lukas. « Renaturation ou restauration des sols? Définitions et enjeux sémantiques », Journées d'étude *Restaurer les fonctions des sols? Approches scientifiques et perspectives interdisciplinaires*. 1:23-28. École d'architecture de la ville et des territoires Paris Est: Chaire Transition foncière, 2024.

Navaro Auburtin, Pierre, Myriam Saadé, Manuel Manthey, Mathilde Louërat, Jérémy Bleyer, **Jean-Luc Martin**, et Olivier Baverel. « Stone Masonry Floor Systems for Low Environmental Impact Structures ». *Journal of Building Engineering* 113 (septembre 2025): 114017. <https://doi.org/10.1016/j.job.2025.114017>.

Navaro-Auburtin, Pierre. « Analyse du Cycle de Vie pour la conception des structures de bâtiments : des matériaux à l'ossature ». Thèse de doctorat, École des Ponts ParisTech, 2025. <https://theses.hal.science/tel-05296346>.

P.-E. Prétot, C. Schulz, D. Chalet, J. Migaud, et **M. Bogdan.** « Rapid 1D Design Method for Energy-Efficient Air Filtration Systems in Railway Stations ». *Environments*, novembre 2025.

Striffling-Marcu, Alexandrina. « Penser la gare par la série : une approche systémique de son architecture : étude comparative de trois lignes ferroviaires française, italienne et espagnole (1850-2025) ». Thèse de doctorat, Paris Est, 2025. <https://theses.fr/2025PESC2004>.

V. Rakotonirinanahary, S. Crumeyrolle, **M. Bogdan**, et B. Hanoune. « Comparison of Two Methods for Evaluating the Performance of Particle Filtration Systems in Underground Railway Stations ». *Indoor Environments*, décembre 2025, 100144. <https://doi.org/10.1016/j.indenv.2025.100144>.

AREP Groupe

16 avenue d'Ivry. 75013 Paris

www.arep.fr

Illustration de couverture **Adobe Stock**

Contact recherche@arep.fr

Impression **Stipa**

Publication **Décembre 2025**

