



# IREX

Institut pour la recherche appliquée  
et l'expérimentation en génie civil

# 2020



## RAPPORT D'ACTIVITÉ



# DE LA RECHERCHE A LA PRATIQUE

L'IREX Institut pour la Recherche appliquée et l'EXpérimentation en génie civil, association de loi 1901, fédère et appuie 296 organismes privés et publics dans le cadre des Projets Nationaux de recherche collaborative.



## LA RÉDUCTION DES IMPACTS ÉNERGÉTIQUES, ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

## L'OPTIMISATION DE LA CONCEPTION, DES PROCÉDÉS ET DES PERFORMANCES



## L'EXPLOITATION ET LA MAINTENANCE DES INFRASTRUCTURES



## LES MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS INNOVANTS



# SOMMAIRE

- 04 • Edito
- 05 • Entretiens
- 06 • L'IREX, de la recherche à la pratique
- 07 • Vie de l'Institut
- 08 • Le fonctionnement d'un Projet National
- 10 • 2020 au fil des mois
- 11 • 2020 en quelques chiffres
- 12 • La réduction des impacts énergétiques, environnementaux et sanitaires
- 14 • L'optimisation de la conception, des procédés et des performances
- 16 • L'exploitation et la maintenance des infrastructures
- 19 • Les matériaux et procédés innovants

Pour vous permettre d'aller plus loin sur les différents contenus qui vous sont proposés, une typographie spécifique est mise en place pour les liens hypertextes. N'hésitez pas à cliquer sur les textes ayant la typographie suivante : [LIEN HYPERTEXTE](#)

Conception, réalisation : Angélique Hardouin  
avec la contribution de : Pierre Benning, Sébastien Burlon, Anne-Sophie Colas, François Cussigh, Corine Despré, Jean-Jacques Fry, Anne Bernard-Gély, Philippe Gotteland, Xavier Neuschwander, François Nicot, Jean-Eric Poirier, Simon Pouget, Claude Rospars, Jacques Roudier, Philippe Sergent, Jean-Michel Torrenti.  
Crédits photos : AdobeStock, Philippe Binda, Cerema, Département de la Haute-Savoie, Géolithe, INDURA, IREX, Jean Lutz, LafargeHolcim, Sébastien Marchal, Olivier Fouché, Projet National ERINOH, RGRA, Routes de France, Fabien Szymkiewicz, SNCF Réseau, Université Gustave Eiffel, G. Viossanges



9 rue de Berri 75008 PARIS  
01 44 13 32 79 - [contact@irex.asso.fr](mailto:contact@irex.asso.fr)

## ÉDITO DU PRÉSIDENT



Jacques ROUDIER,  
Président de l'IREX

2020 devait être, pour l'IREX, une année de transition, marquée par la fin de plusieurs programmes nationaux ayant atteint la phase de valorisation des résultats, et par la préparation ou la validation de nombreux projets nouveaux.

Mais 2020 a d'abord été, comme pour tout un chacun, une année singulière, entre un premier trimestre dans la continuité de l'exercice précédent et trois autres trimestres où les activités ont dû se réorganiser de façon radicale.

L'équipe de l'IREX s'est adaptée assez rapidement au confinement et un fonctionnement administratif à peu près normal des projets a été assuré à distance. L'animation des projets s'est également rétablie, avec un recours massif à des visio-conférences, même si la perte des contacts directs et des apartés qu'il permet, a enlevé de la fluidité dans la progression des projets. Les projets eux-mêmes ont progressé à peu près normalement, sauf pour les parties qui impliquaient des travaux de laboratoires, fermés pendant les périodes de confinement, ou des expérimentations de terrain, elles aussi perturbées.

Deux nouveaux projets nationaux ont été en préparation soutenue :

- le projet national, Dolmen, sur le développement d'outils et de logiciels pour la maçonnerie existante et neuve, qui a été labellisé par le Comité d'orientation (Codor) pour la Recherche Appliquée en Génie Civil (RAGC) en décembre 2020 ;
- un projet national sur la fissuration et la durabilité du béton, pour lequel un premier document précisant l'état de l'art, le périmètre de l'étude et le programme scientifique a été élaboré.

Par ailleurs, les deux opérations de recherche, que l'IREX porte en direct et qui élargissent les thèmes de ses activités, ont été actives en 2020.

- La thèse sur « De la gestion patrimoniale à l'expérimentation : quelle gouvernance locale pour des infrastructures routières durables ? », conduite en partenariat avec Routes de France et le Stress, au Centre de Sociologie de l'Innovation (Mines ParisTech), a bien progressé, malgré les difficultés rencontrées par le doctorant pour conduire les entretiens de terrain.
- L'étude d'une post-doctorante sur les « indicateurs environnementaux : l'analyse du cycle de vie (ACV) comme outil d'évaluation environnementale - Evaluation de l'empreinte carbone, pour les projets de construction d'infrastructures et les projets urbains » a démarré en septembre 2020 : elle est conduite en étroite relation avec l'Université Gustave Eiffel (UGE) et coordonnée avec les travaux sur le même thème de la FNTP.

Reste une frustration significative, qu'il nous importera de rattraper dès que possible, liée aux difficultés de diffuser largement les résultats des projets nationaux : quelques webinaires ont été organisés, pour certains en collaboration avec nos partenaires du HUB Innov'Infra, mais ils ne remplacent pas, à l'évidence, les réunions de présentation dans les formes traditionnelles.

Le moment venu, il conviendra que l'IREX tire les leçons de ces périodes de restrictions pour adapter ses méthodes de travaux et de partage, en gardant le meilleur de ce que peut apporter la combinaison du présentiel et du distanciel numérique.

Souhaitons que cela puisse se faire dès 2021 !

## ENTRETIENS AVEC



Anne BERNARD-GÉLY, Ministère de la Transition Ecologique,  
Membre permanent du Conseil Général de l'Environnement  
et du Développement Durable

Les axes stratégiques de l'IREX contribuent à plusieurs objectifs ministériels dont, en particulier :

- L'ancrage de l'écologie dans le quotidien des citoyens, traduit en ce début d'année dans le projet de loi Climat et résilience : les travaux sur la réduction des impacts énergétiques, environnementaux et sanitaires avec le développement d'une vision d'analyse de cycle de vie permettront de progresser dans l'évaluation des stratégies environnementales.
- L'amélioration de la maintenance et de la résilience des infrastructures auxquelles plusieurs projets de recherche participent, avec notamment le volet diagnostic des ouvrages d'art communaux, intégré dans le Plan de relance : le PN Dolmen permettra de progresser sur l'entretien des ponts en maçonnerie.
- Le développement d'une économie circulaire inscrit en 2020 dans la loi anti-gaspillage : les PN FastCarb et MURE sont dans cette dynamique.
- L'utilisation du numérique comme levier de la transition écologique, précisée dans la feuille de route « Numérique et environnement » du gouvernement à laquelle en particulier, les réflexions sur la maintenance prédictive, si prometteuse pour nos infrastructures contribueront.

Tous ces travaux de recherche collaborative de très grande qualité, bel exemple de fédération des chercheurs des entreprises, des écoles d'ingénieurs et des universités, méritent d'être diffusés largement et d'irriguer progressivement les différentes activités de la conception, de la construction et de la gestion des infrastructures.

Faisons confiance à l'IREX dont l'innovation est le maître-mot, pour s'adapter aux contraintes de la crise sanitaire actuelle et participer activement à la transition écologique et durable de notre cadre de vie.



Xavier NEUSCHWANDER,  
Fédération Nationale des Travaux Publics,  
Président de la Commission Technique et Innovation

Co-créateur, avec le ministère, de l'IREX, il y a de cela environ 30 ans, la FNTP et sa commission Technique et Innovation accompagne les Projets Nationaux, animés et administrés par l'association avec grand intérêt. Les travaux collaboratifs qui y sont réalisés sont très importants pour la profession : ils permettent à la filière d'avancer collectivement vers des objectifs coconstruits et partagés. En ce sens, ils s'inscrivent pleinement dans la démarche d'accompagnement de notre recherche FNTP collaborative. Avec la Fondation d'entreprises FEREC et le HUB de filière, le HUB Innov'Infra dont l'IREX est membre fondateur avec les Clusters Régionaux INDURA, NOVABUILD, ODEYS et ECO-CHANTIERS, nous disposons des outils et relais pour une mise en action efficace de nos recherches de filière sur tous les territoires.

L'année 2020 qui vient de s'écouler a été particulière. Nous avons vécu et vivons encore beaucoup d'incertitudes liées à la crise sanitaire. C'est avec satisfaction que je constate la bonne agilité de l'association dans son adaptation de ses modes de fonctionnement pour le bien des projets.

Dans ce contexte de 2020, la FNTP s'est engagée dans un gros travail pour accompagner ses entreprises dans les transitions de notre société : les transitions Numérique et Ecologique. La décarbonation de la filière est un objectif affirmé que tous nos acteurs doivent s'approprier et pour laquelle nous avons construit une feuille de route pour l'avenir. Dans cet objectif, les travaux menés par l'IREX et ses projets nationaux PN MINnD, PN Recybéton, PN MURE, PN PERFDUB, ... ont largement contribué à alimenter l'état des lieux qui a été réalisé. Avec les acteurs de ces mêmes projets, nous œuvrons pour formaliser des marqueurs impactants de l'engagement de notre filière.

Mais il reste beaucoup de travail à faire. Les travaux en cours de l'IREX, avec pour perspectives de nouveaux projets nationaux, doivent contribuer à aller vers ces objectifs conjoints. Ainsi les projets sur l'analyse du cycle de vie (ACV) et sur l'approche recalibrée de la corrosion fissuration des bétons en vue d'un dimensionnement plus optimisé retiennent toute notre attention pour l'année à venir. D'autres projets également en perspective doivent catalyser ces énergies de changement. Nous veillerons à contribuer efficacement à l'entraînement de nos adhérents entrepreneurs au côté de la FNTP dans les actions de recherche collaborative de ces futurs projets.

# L'IREX, DE LA RECHERCHE A LA PRATIQUE

# VIE DE L'INSTITUT

En fédérant les acteurs de la filière des TP et du Génie Civil, l'IREX est un vecteur de transfert de l'innovation du monde académique vers la profession via les Projets Nationaux. En apportant un corpus de connaissances techniques et scientifiques et en allant jusqu'au démonstrateur sur les territoires, ces projets produisent des guides ou des recommandations qui servent de base à une doctrine technique ou à la pré-normalisation.

## ✳ Un organisme fédérateur, opérationnel

L'IREX a pour objet le montage et le suivi d'actions de **recherche collaboratives et multi partenariales** et intervient dans des programmes de recherches appliquées (Projets Nationaux, projets ANR, ADEME, etc.) pour la **conception et la maintenance des infrastructures** et la réalisation des chantiers. Les Projets Nationaux sont labellisés par le comité d'orientation du réseau RAGC (recherche appliquée en génie civil) piloté par le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire qui est l'un des membres fondateurs de l'IREX avec la FNTF.

## ✳ En 2020, l'IREX a lancé un programme de recherche transversal sur le thème de :

« La transition numérique au service de la transition écologique »

La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) engage les filières dans une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> qui doit s'inscrire en cohérence avec les objectifs de long terme de l'Union Européenne. Cependant, au-delà des solutions techniques innovantes pour le recyclage et le ré-usage des matériaux développées dans les PN (Recybeton, Fastcarb et MURE), il est difficile de valoriser ces pratiques et de quantifier leur impact environnemental.

La maquette numérique avec le développement du **BIM (Building Information Modeling) dédié à l'infrastructure** doit participer à la décarbonation des infrastructures en optimisant les ressources et en définissant des indicateurs sur tout le cycle de vie.

Des recherches ont ainsi été engagées sur le sujet de « **l'ACV Infrastructure – Indicateurs d'impacts environnementaux** », en appui au montage de futurs projets nationaux. La question de la durée de vie d'une infrastructure et du choix d'indicateurs d'impact pertinents, notamment l'empreinte carbone, font partie des sujets de recherche développés.

La question du coût carbone de l'usage des plateformes numériques interopérables est cependant une question inscrite par l'IREX, dans le cadre de cette étude, en complément du PN MINnD.

**Un partenariat de recherche entre l'IREX, l'École des Ponts et l'Université Gustave Eiffel mobilise ainsi un post-doctorant sur cette question avec des chercheurs et des étudiants depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2020.**



La **valorisation des ressources et des déchets de chantiers** a également émergé des échanges sur l'usage de la terre comme matériaux de construction qui ont eu lieu en 2020 lors des échanges sur la « terre crue ». Suite à ces réunions, un consortium de chercheurs a déposé un projet ANR en 2020 sur la **valorisation des terres excavées** qui est soutenu par l'IREX. L'animation en vue d'un PN se poursuivra en 2021.



## ✳ L'identité visuelle de l'IREX évolue

L'Institut est régulièrement associé à des événements présentiels ou digitaux, ayant ou non des liens avec les Projets Nationaux. Le logo de l'IREX a évolué pour assurer une meilleure identification de l'activité de l'association.



## Communiquer pour et vers nos partenaires

Lettre d'information  
Réseaux sociaux



## ✳ Une équipe à votre écoute

L'année 2020 a été marquée par un renouvellement au sein de l'équipe, avec le départ en retraite de Françoise SCHVIRTZ, comptable, remplacée par Corine DESPRE. L'équipe est également composée de :

- Philippe GOTTELAND, Délégué Général ;
- Claude ROSPARS, Directrice Scientifique et Technique ;
- Angélique HARDOUIN, Chargée de Mission Administration et de Communication

## ✳ Un Hub pour dynamiser l'innovation

Le HUB Innov'Infra donne une dimension nationale à la dynamique d'innovation de la filière. Il fonde son ambition sur les actions et vocations de 5 membres fortement ancrés sur leurs territoires : le cluster ECO-CHANTIERS en Bourgogne Franche-Comté, le cluster INDURA en Auvergne Rhône Alpes, le cluster NOVABUILD en Pays de la Loire, le cluster ODÉYS en Nouvelle-Aquitaine, et l'IREX.

Afin de développer une dynamique d'innovation territoriale, le HUB Innov'Infra est un lieu de convergence et de valorisation des actions vertueuses du secteur, un lieu levier permettant de mutualiser les moyens et de développer des projets inter-régionaux, nationaux et européens sur leur territoire en relayant les Projets Nationaux.



## ✳ Nos membres

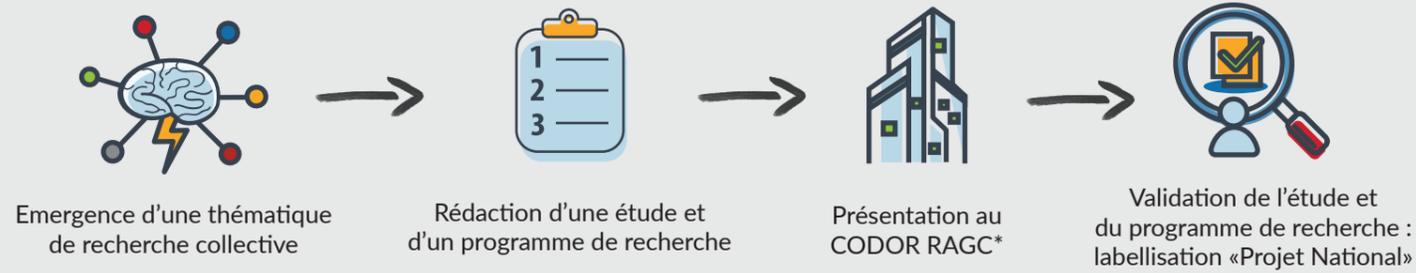
L'IREX regroupe plus de 50 membres adhérents représentant un grand nombre d'acteurs ayant des activités dans la conception, la construction et la gestion d'infrastructures : maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entrepreneurs, industriels, laboratoires de recherche publics et privés, universités et écoles, assureurs, bureaux de contrôle.

- AFGC
- ANRT
- ANTEA
- ATILH
- ATMB
- AUGC
- BOUYGUES TP
- BRGM
- CEREMA
- CERIB
- CETU
- CNRS ICUBE
- COLAS
- Comité Français de Géosynthétique et Textile
- CSTB
- CTICM
- Ecole des Mines d'Alès
- Ecole des Ponts ParisTech
- EDF
- EGF BTP
- EGIS
- EIFFAGE Infrastructures
- ENS Cachan
- ENTPE
- ESITC Caen
- ESTP Paris
- EUROVIA Management
- FNTF
- FRANKI Fondations
- FREYSSINET
- Ginger CEBTP
- Grand Port Maritime du Havre
- **Groupe IDFN\***
- IDRRIM
- IESF
- INDURA
- INERIS
- INRAE
- ITALCEMENTI
- LMDC
- ODEYS
- Processus & Innovation
- Roger Martin
- SADE
- SIKA
- SITES
- Solétanche Bachy
- TERRASOL
- Université Cergy-Pontoise
- Université Gustave Eiffel
- Université Lorraine
- URETEK
- Vinci Concessions
- Vinci Construction France
- Vinci Construction Grands Projets

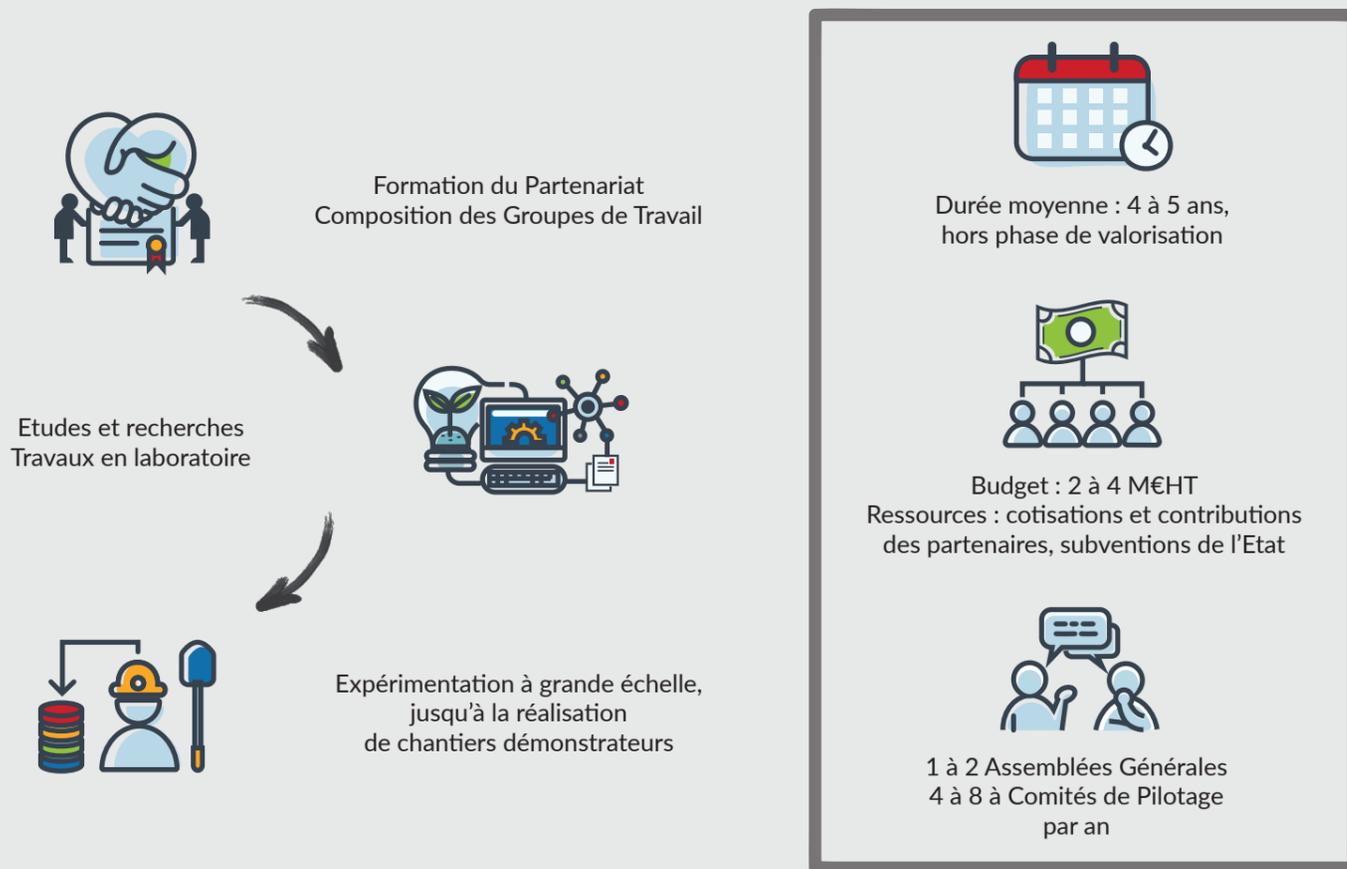
\*Nouveau membre 2020

# LE FONCTIONNEMENT D'UN PROJET NATIONAL

## Comment un projet de recherche devient-il un Projet National ?



## Comment s'organise un Projet National ?



## Comment un Projet National valorise ses résultats ?



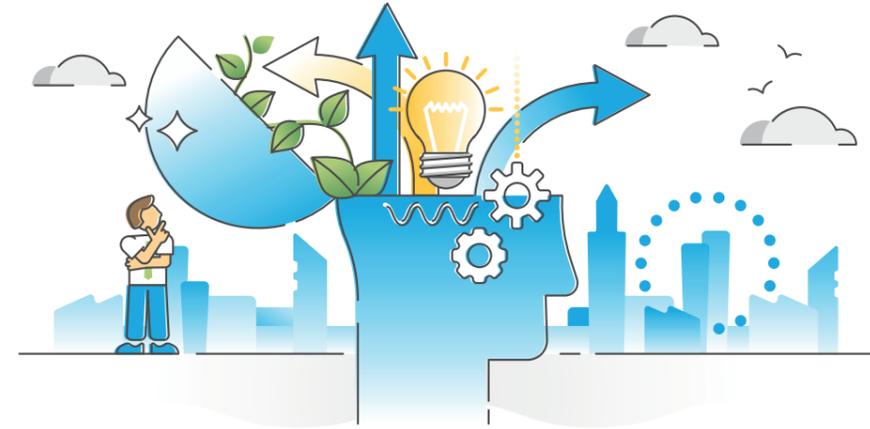
\* Comité D'Orientation pour la Recherche Appliquée en Génie Civil du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

# UNE IDEE DE PROJET ?



- Votre proposition entre dans un cadre de recherche collaborative multipartenaires ?
- Le programme de recherche a une composante appliquée et concrète ?
- Le sujet est novateur, nécessite de la recherche et répond à un besoin collectif.
- Les livrables sont tournés vers l'opérationnel (guides, référentiels pré-normatifs ou démonstrateurs) ?

N'hésitez pas à nous contacter, nous verrons ensemble comment aboutir à un **Projet National de recherche collaborative.**



## FOCUS SUR LE CODOR RAGC

La Service de la Recherche et de l'Innovation (SRI) du Ministère de la transition écologique et solidaire a mis en place le Comité d'orientation (Codor) pour la Recherche Appliquée en Génie Civil (RAGC) le 2 juin 2016 dans le cadre du renouvellement du dispositif "Projet National". **Le rôle du Comité d'Orientation RAGC est de labelliser "Projet National" les projets de recherche appliquée et d'expérimentation en génie civil** qui lui sont soumis. Il est constitué de 33 experts techniques et scientifiques et est présidé par Serge Borel depuis 2020.

### PROCÉDURE DE LABELLISATION :

La **procédure de labellisation comprend plusieurs étapes successives** dites étapes d'opportunité, de faisabilité et de montage au terme desquelles les porteurs de projet et l'IREX remettent un rapport d'étude au Comité d'Orientation :

- l'étude d'opportunité présente le contexte, les enjeux et les objectifs de l'étude ;
- l'étude de faisabilité contient une bibliographie et un état de l'Art en France et l'étranger pour conclure sur l'intérêt de lancer le projet ainsi que les verrous technologiques à lever, en proposant un programme de recherche et d'expérimentation dans le cadre d'un budget et d'un plan de financement prévisionnels ;
- l'étude de montage précise et finalise le programme de recherche complet et le financement du projet.

### CRITÈRES D'ATTRIBUTION DU LABEL :

- Excellence scientifique et technique.
- Pertinence vis-à-vis des politiques publiques.
- Adéquation avec les besoins des bénéficiaires (notamment les maîtres d'ouvrages).
- Cohérence vis-à-vis des autres initiatives aux niveaux national et européen.
- Caractère représentatif et structurant pour le secteur du génie civil et des Travaux Publics au niveau national.

DÉCOUVRIR LE DISPOSITIF « PROJET NATIONAL » [EN VIDÉO](#)



# 2020 AU FIL DES MOIS

## ✿ JANVIER :

17 • **IREX** • Conférence « Les enjeux de la **Terre Crue** pour la construction » à Paris  
23 • **DVDC** • Journée d'information sur les techniques d'auscultation et la durée de vie des chaussées à Paris



## ✿ FEVRIER :

03 • **FastCarb** • Inauguration d'un démonstrateur pour étudier à plus grande échelle l'absorption du dioxyde de carbone par des granulats de béton recyclé



04 • **MINnD Saison 2** • MINnD Saison 2 et l'IREX s'associent au HUB Innov'Infra et à buildingSMART France pour organiser le congrès **infraBIM Open 2021** à Lyon

05 • **IREX** • Atelier «Monitoring des ponts» aux Journées Techniques Routes

05 • **DVDC** • Rodrigo SHIGUEIRO SIROMA remporte le prix Poster aux Journées Techniques Routes pour sa thèse «Méthodes expérimentales et théoriques de détermination de la durée de vie résiduelle d'une chaussée à partir de l'analyse de bitumes extraits»

19 • **IREX** • Pour ses 30 ans, l'IREX est à l'honneur dans le **numéro** de la Revue Travaux dédié à l'innovation dans les TP  
25 • **MURE** • Journée de présentations «La route MURE pour le recyclage» à Toulouse

## ✿ MARS :

06 • **RECYBETON** • Le Tour de France RECYBETON tient sa dernière étape à Aix-en-Provence

07 • **EMACOP** • Parution du **Guide** de conception en phase amont des systèmes houlomoteurs

14 • **IREX** • Début des travaux d'animation pour la construction d'un PN «Terre»

17 • **IREX** • Comme le reste de la France, l'IREX se confie pour faire face à la pandémie de COVID-19 en maintenant à distance son engagement.



## ✿ JUIN :

02 • **C2ROP** • Parution du «**Glossaire** du risque rocheux»  
26 • **IREX** • Assemblée Générale dématérialisée



## ✿ AOUT :

28 • **FastCarb** • L'Ecole Française du Béton décerne à Marie Sereng le prix de la meilleur thèse sur la transition écologique pour ses **travaux** «Amélioration des propriétés des granulats recyclés par stockage de CO<sub>2</sub> : étude de la faisabilité pré-industrielle»

## ✿ SEPTEMBRE :

01 • **IREX** • Lancement de l'étude sur l'Analyse du Cycle de Vie / Infrastructures / Empreinte Carbone

03 • **C2ROP** • Parution de l'**état de l'art** «Caractérisation de l'aléa éboulement rocheux» et du **guide** « Les ouvrages déflecteurs »

10 • **DOLMEN** • **Webinaire** «Assurer une gestion sûre et durable des ouvrages d'art en maçonnerie»



15 • **DOLMEN** • **Webinaire** «Réintégrer la maçonnerie dans le catalogue des techniques de construction»

18 • **MURE** • **Podcast** «Le PN MURE, une démarche expérimentale»

## ✿ OCTOBRE :

01 • **MINnD** • Publication des **livrables** de la première phase du Projet National MINnD

02 • **IREX** / Cerema • «L'**intelligence artificielle** appliquée aux infrastructures routières et à la maintenance prédictive»

02 • **C2ROP** • Publication d'un **numéro** spécial de la Revue Française Géotechnique

08 • **MINnD Saison 2** • Village Open BIM à **BIM World 2020**, organisé de manière entièrement digitale

12 • **ASIRI+** • Journée technique «Modélisations numériques» à Paris

14 • **DVDC** • Atelier de travail sur l'évaluation des interfaces de chaussées à Paris

14 • **moveDVDC** • Prélèvements de matériaux sur le **3e site expérimental** dans

le département de l'Hérault permettant l'évaluation de leur vieillissement in situ  
21 • **C2ROP** • Parution du guide «Recommandations pour la conception,



le suivi de réalisation et l'exploitation des dispositifs de protection par merlons pare-blocs »

30 • **PERFDUB** • Comité de suivi international rassemblant les meilleurs experts de la durabilité des ouvrages en béton, dont la plupart sont impliqués dans les travaux de normalisation en cours à l'échelle européenne (Eurocode 2 et EN 206)

## ✿ NOVEMBRE :

19 • **C2ROP** • Parution du **guide** «Formalisation d'un retour d'expérience à la suite d'un événement de chutes de blocs sur infrastructures de transport »

## ✿ DECEMBRE :

07 • **DVDC** • Edition d'un **premier bilan** du Projet National dans un numéro spécial de la revue RGRA

07 • **C2ROP** • Parution du **guide** «Cahier des Clauses Techniques Particulières »

15 • **ARSCOP** • Publication d'un article dans la revue Travaux «Un Projet National pour le développement du pressiomètre»

16 • **DOLMEN** • DOLMEN obtient la labellisation «Projet National» après présentation de son étude de montage auprès du Comité d'Orientation pour la Recherche Appliquée en Génie Civil



RETROUVEZ-NOUS SUR :



# 2020 EN QUELQUES CHIFFRES



## Portefeuille des Projets Nationaux

**11** Projets Nationaux en activité      **1** labellisation Projet National  
**2,3** M€HT en études et recherche      **3** projets en montage  
**450** k€HT de budget annuel pour l'Institut

## Une communauté riche et diversifiée

**296** partenaires impliqués dans les Projets Nationaux :  
**94** ingénieries et bureaux d'études, **55** établissements publics et laboratoires universitaires, **55** industriels, **36** maîtres d'ouvrages publics, **33** entreprises de construction, **9** éditeurs de logiciels, **8** associations, **6** maîtres d'ouvrages privés



## Publications

**7** guides et recommandations      **7** articles de presse  
**3** thèses soutenues      **11** articles scientifiques, dont  
**2** thèses primées      **2** numéros de revues spécialisées

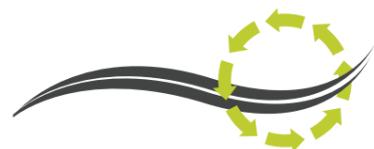
## Animation du réseau

**7** journées de présentations scientifiques et techniques  
**4** participations à des manifestations extérieures (salon, congrès...)



**5** webinaires      **849** abonnés LinkedIn  
**1** podcast      **509** abonnés Twitter

**26** campagnes de mailing :  
**5** Lettres d'info IREX,  
**21** communications et invitations Projets Nationaux



PN MURE - ANR IMPROVMURE

## MULTI-Recyclage des Enrobés - [pnmure.fr](http://pnmure.fr)

Co-financement ANR projet improvMURE (Innovation en Matériaux et PROCédés pour la Valorisation du MULTi-Recyclage des Enrobés)

### Les enrobés bitumineux : un atout pour l'économie circulaire !

Les apports du **Projet National MURE** et du **projet ANR improvMURE** contribuent au développement de l'économie circulaire de la construction routière en étudiant le recyclage à tiède des enrobés bitumineux avec des taux d'agréats d'enrobés supérieurs à 40% .

Les 9 **chantiers démonstrateurs** répartis sur le territoire avec des contraintes d'usage urbaines ou en territoire rural sont une source unique de données et d'observations relatives à la durabilité des performances de ces enrobés parfois multirecyclés. **Le suivi des chantiers expérimentaux** s'achèvera bien après la fin du PN, des auscultations annuelles étant prévues jusqu'en 2022 minimum.

En 2020, aucun des chantiers dont le taux de recyclage est de 40 ou 50% ne présente de dégradations anormales.



Une première journée de restitution des résultats du projet s'est déroulée à Toulouse en février 2020 (160 personnes avec une majorité de représentants de maîtres d'ouvrage).

**Une seconde sera organisée à Paris prochainement.**

Les partenaires ont consacré l'année 2020 à la rédaction des livrables qui synthétisent les résultats du projet pour laisser une documentation facilement exploitable et la mettre la disposition de la communauté routière.



## Energies MARines COtères et Portuaires - [emacop.fr](http://emacop.fr)

Le **guide de conception** en phase avant-projet de **système houlomoteur pour digue portuaire** a été édité par le Cerema en avril 2020. Les **différents systèmes** de production d'énergie renouvelable bord à quai y sont décrits avec leurs atouts.

Un **article** a été publié dans un numéro spécial du Journal of Marine Science and Engineering. Il reprend les principaux résultats du guide Emacop. Des tests sont menés dans le canal à houle de l'Université du Havre dans le cadre d'une thèse co-financée par l'Ademe et par la région Normandie. Ces tests ont pour objectifs **d'analyser les performances d'un flotteur bord à quai avec un convertisseur électrique direct** développé par le Cerema.



Flotteurs Eco-wave à Gibraltar avec bras articulés

**EMACOP recherche maintenant son démonstrateur.** Il soutient et accompagne les projets déposés par les entreprises et les Ports, Ports de Normandie, le Grand Port Maritime de Marseille (proposition Green Impacts du port en réponse à l'appel Green Port du programme H2020 déposée en janvier 2021).

L'accompagnement par la R&D de ce démonstrateur permettra d'établir le facteur de charge et la rentabilité de cette production d'énergie. Ces **solutions agiles (smart grid)** peuvent aussi s'insérer dans les chantiers de renforcement des digues en place qui ont besoin d'être rénovées.

## Stratégies environnementales : quelle recherche, quelle innovation, quels usages ?

### Données d'ACV, entre rigueur et pertinence : quels besoins, quels modèles, quel partage ?

L'IREX contribue à la réflexion amont sur la **décarbonation des infrastructures**.

Dans le domaine de la construction et des travaux publics, la diversité des pratiques de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre (GES) et la difficulté d'intégration des recommandations environnementales dans les processus décisionnels restent un frein à l'application de la loi de transition énergétique. L'empreinte carbone ne permet pas de tenir compte des transferts d'impact vers d'autres catégories telles que la santé humaine, l'épuisement des ressources ou la qualité des écosystèmes.

A partir du retour d'expérience de plusieurs Projets Nationaux, Myriam Saadé tente d'interroger l'objectivité et la légitimité des résultats issus d'études ACV normalisées actuelles, des besoins en harmonisation de la méthode, ainsi qu'en partage des bonnes pratiques ACV.

Un comité de suivi, présidé par Anne Bernard-Gely du CGEDD (Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable) et composé d'experts scientifiques et de représentants des filières, contribue à l'enrichissement de ces travaux avec l'ambition de poser les bases d'un Projet National.

Contacts : [clauderospars@irex.asso.fr](mailto:clauderospars@irex.asso.fr) et [myriam.saade@univ-eiffel.fr](mailto:myriam.saade@univ-eiffel.fr)



### Diminution de CO<sub>2</sub>, économies d'énergie, de ressources.

L'IREX, par les PN, a contribué ces dernières années à démontrer **la performance des matériaux issus du recyclage ou du réusage**. Ces solutions ont été validées par des chantiers expérimentaux avec le concours d'entreprises et de maîtres d'ouvrages mobilisés.

Il reste des questions à instruire sur les enjeux environnementaux :

- les **éco-quartiers** de la déconstruction à la reconstruction : comment optimiser les ressources et créer des quartiers durables, résilients et sobres ?
- la **terre excavée** : une ressource à valoriser.
- les infrastructures productrices d'énergie : géothermie en ville, un potentiel à exploiter.
- la **route décarbonnée** : la mobilité électrique en complément de solutions de maintenance durable.
- le **dimensionnement sobre** des infrastructures : au-delà de l'approche performantielle.

Si vous souhaitez en savoir plus sur ces sujets à l'étude, n'hésitez pas à nous contacter : [contact@irex.asso.fr](mailto:contact@irex.asso.fr)



## approche PERFormantielle de la DURabilité des ouvrages en Béton - [perfdub.fr](http://perfdub.fr)

Actif depuis 2015 et comprenant 53 partenaires, le Projet National PERFDUB rassemble un grand nombre de données techniques pour proposer une méthodologie fiable de justification de la durabilité des ouvrages en béton par approche performantielle. Il s'inscrit dans la continuité de plus de 20 ans de travaux menés en France, incluant les travaux de l'AFPC-AFREM, ceux du Projet National **BHP 2000**, ceux du projet GranDuBé ainsi que ceux du projet APPLLET. PERFDUB est entré dans sa dernière phase avec l'exploitation des nombreuses données expérimentales collectées.

Une base de données conséquente établie sur la base d'essais réalisés sur 42 bétons permet de faire le lien entre l'approche prescriptive usuelle et la définition des critères de performance en fonction des classes d'exposition et des durées d'utilisation de projet. Cette approche est enrichie des évaluations de durabilité obtenues par modélisation et des investigations sur ouvrages anciens (allant jusqu'à plus de 100 ans d'âge). L'ensemble a pour but de définir les modalités pratiques de l'approche performantielle, permettant l'utilisation de matériaux locaux et de formulations à moindre impact environnemental.

La Rochelle est l'un des trois sites en France où sont réalisés des tests de vieillissement pour le béton armé.



Viaduc de la Nouvelle Route du Littoral  
(La Réunion)



## Différentes Dimensions pour un Développement urbain Durable et Désirable Décliné Dans un Dynamique « Dessus / Dessous » - [ville10d.fr](http://ville10d.fr)

« Penser la Ville avec son sous-sol »

Le projet national de recherche Ville 10D a été très actif entre 2012 et 2017 sur l'utilisation et la valorisation urbaine du sous-sol dans le contexte d'une métropole durable.

31 partenaires ont abordé quatre thèmes sectoriels (socio-économique, environnemental, psycho-social, cognitif) qui ont été croisés du point de vue de la planification urbaine et du droit et confrontés à des sites d'application.

Les chercheurs ont élaboré, dans chacune des thématiques, des propositions et recommandations pour lever les obstacles à l'usage urbain du sous-sol et améliorer les conditions de son aménagement à travers 36 rapports. Un guide, synthétisant ces propositions et les remettant dans le contexte actuel, est en cours de rédaction. Il sera édité en 2021.

Un groupe de travail commun avec le PN MINND devrait intégrer en 2021 la visualisation du sous-sol dans la maquette numérique.

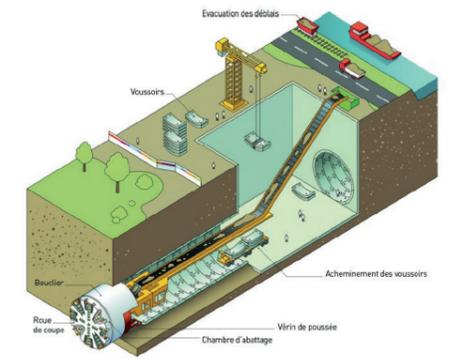


Schéma explicatif de la méthode de  
construction du tunnel avec un tunnelier



## Modélisation pour des INformations INteropérables pour les INfrastructures Durables - [minnd.fr](http://minnd.fr)

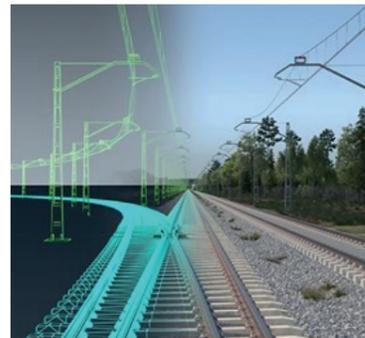
Le Projet National MINND développe le BIM (Building Information Modelling) pour les infrastructures par l'amélioration de la structuration des données des projets, pour des échanges et partages des informations plus efficaces.

MINND mobilise 59 partenaires ayant des activités liées à la conception, la construction et l'exploitation et la maintenance d'infrastructures.

Les livrables de la première phase du PN MINND (2014-2018) sont désormais disponibles.

MINND a signé un protocole de collaboration avec buildingSMART France en 2020, afin de faciliter des synergies de recherche et de communication avec la communauté BIM française, mais aussi vers les pouvoirs publics et les donneurs d'ordre, afin de promouvoir l'utilisation du BIM et de démontrer l'efficacité des processus décrits dans la norme ISO19650.

MINND4Rail est une émanation de MINND, qui œuvre avec l'IRT Railenium afin de développer sur le plan international les IFC-Rail, décrivant les classes d'objets nécessaires à la conception, la construction et l'exploitation des infrastructures ferroviaires.



MINND Saison 2 s'est également engagé récemment dans le projet Atlas dont l'objectif est de fournir les normes et standards numériques d'échange servant de socle à la Transformation Numérique des Filières Industrielles françaises.



## nouvelles Approches de Reconnaissance des Sols et de Conception dans les Ouvrages géotechniques avec le Pressiomètre - [arscop.fr](http://arscop.fr)

Le pressiomètre reste l'outil de base français de la reconnaissance et du calcul des ouvrages géotechniques. ARSCOP diffuse son savoir-faire à l'international et développe les techniques de mesure et les méthodes de calcul pour mieux répondre aux enjeux de conception actuels et à la prévision des déplacements des constructions.

Les travaux de recherches des axes 1 et 2 ont abouti en 2020, notamment par les expérimentations sur site (mesure de la pression interstitielle, de l'état des contraintes en place ou de modules à très faible niveau de déformation) et par l'amélioration des méthodes de calcul avec une approche unifiée du calcul des semelles isolées et des radiers (prise en compte d'une variation du module du sol avec ses déformations).

Une dizaine d'articles ont été publiés aux JNGG 2020 (Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur) et des conférences plénières prévus dans plusieurs congrès internationaux qui ne se sont malheureusement pas tenus.

Une première version des recommandations en français et anglais sera disponible en fin d'année 2021.





## Durée de Vie des Chaussées - [dvdc.fr](http://dvdc.fr)

Co-financement ANR projet moveDVDC (MOdélisation du Vieillessement et de l'Endommagement pour l'évaluation de la Durée de Vie Des Chaussées)

Le Projet National DVDC a l'ambition de faire progresser la doctrine routière française sur la connaissance des mécanismes d'endommagement et la façon de les appréhender à l'échelle d'un réseau routier. Il vise à développer **des méthodes de qualification de l'état des chaussées**, à en comprendre et modéliser le vieillissement pour **évaluer la durée de vie résiduelle**. En décembre 2020, la Revue Générale des Routes et de l'Aménagement a consacré un **numéro spécial** au projet.

Les contributions des collectivités, principalement des conseils départementaux et des métropoles, permettent d'alimenter les travaux en cours. En 2020, un **questionnaire technique sur l'entretien des voiries a ainsi permis de mieux cerner les mécanismes de dégradation en jeu sur ces réseaux**. Nul doute que les conclusions qui en seront tirées permettront d'améliorer les stratégies d'entretien routier et ainsi de préserver au mieux nos infrastructures.



Vidéo « Flash sur ma thèse »

DVDC fait l'objet d'un cofinancement ANR (Agence Nationale de la Recherche), pour le projet moveDVDC, obtenu en 2017 dans le cadre du défi « Mobilité et systèmes urbains durables ». Les **prélèvements de matériaux sur le troisième site expérimental du projet**, permettant l'évaluation de leur vieillissement in-situ, ont été **réalisés en octobre 2020**.

Un **Prix Poster** aux Journées Techniques Routes 2020 (JTR) a été attribué pour les travaux de la thèse sur les « Méthodes expérimentales et théoriques de détermination de la durée de vie résiduelle d'une chaussée à partir de l'analyse des bitumes extraits ».

Le Projet National a produit une trentaine de livrables qui sont disponibles pour les partenaires du projet. Les premiers résultats ont été présentés en janvier 2020, puis lors d'une session spéciale des JTR 2020. **DVDC présentera également ses résultats en 2021** lors du **congrès APT** (Accelerating Pavement Testing), initialement prévu en 2020. Le Projet National DVDC se terminera en 2022.



## Développement d'Outils et de Logiciels pour la Maçonnerie Existante et Neuve - [site web en construction](http://site.web.en.construction)

Les ouvrages d'art en maçonnerie sont des structures anciennes, qui constituent une part importante du patrimoine des gestionnaires et pour lesquelles il n'existe que peu ou pas de réglementation. L'importance et la haute valeur architecturale de ces constructions font de leur préservation un enjeu prégnant, tant en termes de sécurité des biens et des personnes que d'optimisation des ressources environnementales et financières.

**L'objectif du Projet National DOLMEN est de progresser dans la compréhension du comportement des ouvrages d'art en maçonnerie et de transférer les résultats de la recherche à la profession pour :**

- assurer une gestion sûre et durable du patrimoine existant ;
- rétablir la maçonnerie dans le catalogue des techniques de construction contemporaines.



**DOLMEN a été labellisé «Projet National»** lors du comité d'orientation RAGC (recherche appliquée en génie civil) du 16 décembre 2020. Le consortium est en cours de constitution. **L'assemblée constitutive se tiendra en juin 2021**. Deux webinaires de présentation du projet seront organisés au printemps 2021, en collaboration avec le cluster INDURA, et finaliseront le partenariat et le programme de recherche



Chutes de Blocs  
Risques Rocheux  
Ouvrages de Protection

## Chutes de blocs, Risques Rocheux et Ouvrages de Protection- [c2rop.fr](http://c2rop.fr)

L'année 2020 est l'**aboutissement de l'ensemble des travaux menés au sein de C2ROP** depuis sa genèse, avec la publication de **10 guides et recommandations**. L'ancrage très fort du Projet National auprès de l'ensemble de la communauté opérationnelle a **permis de lever les principaux verrous et donner accès** à des outils, méthodes, guides et référentiels techniques, attendus par toute la profession.

Un **numéro spécial** de la Revue Française de Géotechnique, qui illustre parfaitement le lien entre la recherche et la profession, rassemble 9 articles reprenant les grands axes thématiques du projet national.



### Et pour 2021, C2ROP-2 en construction :

S'appuyant sur le bilan de C2ROP au cours des 4 années passées, l'ensemble de la communauté de C2ROP souhaite poursuivre cet effort de structuration, qui permet à la communauté de progresser techniquement et scientifiquement autour de questions bien identifiées mais aussi de bénéficier d'un partage et d'une capitalisation de savoir-faire sans équivalent jusqu'alors dans le champ des chutes de blocs à l'échelle nationale.

### Dans cette perspective, les quatre axes suivants ont été retenus :

- Aléas dans un contexte de changement climatique
- Risques, acceptabilité et gestion de crises
- Ouvrages de protection
- Surveillance



Les **enjeux scientifiques et techniques** de ce nouveau projet seront **détaillés prochainement**.



## ERosion INterne dans les Ouvrages Hydrauliques

Né d'un besoin d'améliorer la sécurité en France, où en moyenne **chaque année un ouvrage hydraulique est ruiné par l'érosion interne**, il a propulsé d'emblée deux groupes de travail, qui auront duré plus de 10 ans : l'un centré sur le développement de nouveaux dispositifs expérimentaux, l'autre axé sur la mise au point de méthodes de détection.

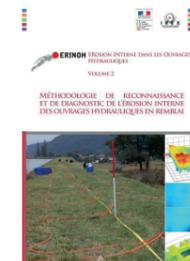
Ainsi, ERINOH a invité les laboratoires universitaires et centres de recherche volontaires à **mettre au point de nouveaux dispositifs expérimentaux** pour reproduire, dans un premier temps, les conditions aux limites très variées susceptibles de générer de l'érosion interne : 17 bancs d'essais ont été mis au point.

Dans un second temps, l'accent a été mis sur la **caractérisation de la résistance à l'érosion des sols et la quantification de la cinétique d'érosion**.

### Deux ouvrages ont déjà été publiés :

- Méthodologie de caractérisation expérimentale
- Méthodologie de reconnaissance et de diagnostic de l'érosion interne des ouvrages hydrauliques en remblai

L'année 2020 a été consacrée à la rédaction d'un troisième ouvrage, consacré à l'ingénierie et à paraître en 2021.



## L'apport du numérique pour une maintenance prédictive

Les Projets Nationaux MURE et DVDC mobilisent la filière routière sur le sujet de la durée de vie des chaussées et la capacité de recyclage et de multi-recyclage des enrobés.

Le retour d'expérience des chantiers expérimentaux du PN MURE, suivis avec le Cerema sur plusieurs années, sert de démonstration et pourrait être le lieu d'expérimentations pour des solutions d'inspections innovantes. Il restera à construire **des indicateurs partagés** issus de ces nouveaux moyens de mesures.

Que ce soit pour **la route ou les ouvrages d'art**, l'exploitation et la maintenance sont des enjeux majeurs qui doivent mobiliser de la recherche fondamentale et appliquée dans les années à venir.

Pour mieux comprendre les opportunités des nouvelles technologies, pour la plupart numériques, notamment de l'Intelligence artificielle (IA), **une étude prospective sur la recherche-développement en « intelligence »** a été conduite par l'IRESX et le Cerema. Commandée et soutenue par le service de la recherche et de l'innovation du ministère de la Transition Écologique, **cette étude** apporte un début de réponse aux questions que peuvent se poser les non-initiés à l'IA pour le secteur.



## Quelle gouvernance pour une gestion patrimoniale adaptée au territoire ?

Afin de s'interroger aussi sur la problématique spécifique de la maintenance et de l'entretien du patrimoine en milieu peu dense, une collaboration entre Routes de France, l'IRESX et le Centre de Sociologie de l'Innovation (Mines ParisTech) mobilise un doctorant sur le sujet : « **Gestion patrimoniale et expérimentation : quelle gouvernance locale pour des infrastructures routières durables ?** ».

Cette question est originale car abordée sous l'angle sociologique. Le chercheur se rapproche des collectivités et, malgré la situation sanitaire de 2020, il a pu réaliser un nombre significatif d'entretiens de plusieurs collectivités.

Les premiers résultats seront publiés en 2021.

## En 2021, mise en place d'un Club des Maîtres d'Ouvrages

Pour mieux transférer les résultats des recherches et valoriser les Projets Nationaux de recherche, l'IRESX mettra en place un Club des Maîtres d'Ouvrages et des gestionnaires de réseaux. Ce Club organisera des conférences techniques dans un cadre national et territorial. Des groupes de réflexion sur des sujets transversaux seront également proposés afin de servir **d'incubateur à de nouveaux projets**, mais aussi à maintenir **un lien plus étroit avec toutes les collectivités territoriales** et être plus à l'écoute de leur besoins.



## Stockage de CO<sub>2</sub> par la carbonatation du béton recyclé - [fastcarb.fr](http://fastcarb.fr)

Le Projet National FastCarb a poursuivi ses travaux et [sa communication](#) de manière très active en 2020

Les [travaux de thèse](#) de Marie Sereng ont permis de déterminer les paramètres les plus influents sur le stockage de CO<sub>2</sub> dans les granulats de béton recyclé et de montrer que ce traitement permettait d'améliorer sensiblement les granulats en diminuant leur absorption d'eau.

Les [efforts de modélisation du phénomène](#) se poursuivent en parallèle et vont être amplifiés grâce [au projet spin-off CO<sub>2</sub>NCRETE](#) qui a été accepté par l'ANR. Il faut noter que l'effort de modélisation porte aussi l'estimation de la carbonatation naturelle des structures en béton, dans le but d'avoir une estimation correcte de ce terme « puits ».

La [production industrielle de granulats carbonatés s'est déroulée à l'aide des deux démonstrateurs](#) : à Créchy (usine Vicat) et à Val d'Azergues (usine LafargeHolcim). A partir de granulats issus de retour de béton prêt à l'emploi, 40t de granulats recyclés carbonatés ont été préparés. Pour le sable, environ 40kg de CO<sub>2</sub> par t de granulats recyclés ont été stockés. Ces granulats ont été ensuite envoyés aux différents acteurs du projet. Ils vont permettre de [formuler des bétons et de caractériser leurs propriétés mécaniques et leur durabilité](#). En 2021, seront également coulés des bétons prêts à l'emploi et des pièces préfabriquées avec ces bétons.

Les démonstrateurs permettront une [étude couplant ACV et économie du procédé](#).

Le projet se terminera fin 2021. Une journée partenaires est prévue le 21 septembre 2021 à Paris.



Démonstrateur de  
Val d'Azergues



## Amélioration des Sols par les Inclusions Rigides - [asiriplus.fr](http://asiriplus.fr)

Co-financement ANR projet ASIRIPLUS\_SDS (Amélioration des Sols par Inclusions Rigides : Sollicitations Dynamiques et Sismiques)

Les expérimentations en semi vraie grandeur (16 IR) dans la fosse d'essai du Cerema (rôle des géosynthétiques) ont été définies et en partie approvisionnées.

Un mur renforcé sur inclusions rigides a été instrumenté en décembre 2020. Il s'agit de l'élargissement d'un remblai autoroutier à Chambéry.

L'Université Gustave Eiffel développe un modèle réduit centrifugé 2D pour [tester des sollicitations de circulation](#) ; des expérimentations de référence (fondations superficielles) ont été entreprises. Une thèse a débuté en novembre 2020, pour travailler sur un banc expérimental à échelle 1 et tester les renforcements géosynthétiques dans les plateformes de transfert de charge soumises à des sollicitations de circulation.

Une expérimentation en vraie grandeur de chargement de deux dallages et trois semelles sur inclusions instrumentées a été mise en œuvre afin de vérifier [l'influence de la présence d'une plateforme de transfert de charge](#).

Une [éolienne sur inclusions rigides](#) a été instrumentée. Les résultats des essais ont été synthétisés pour organiser un benchmark au printemps 2021.

Le Projet ANR ASIRIplus\_SDS s'intéresse aux [sollicitations dynamiques et sismiques](#). Lancé en mars 2020, il s'appuie sur une approche jumelée de modélisations physique et numérique.

Un premier [benchmark numérique](#), portant sur des essais de fondations superficielles, réalisés en centrifugeuse et non exploités jusqu'ici, a été organisé en octobre.

Un chercheur, recruté par l'IRESX, travaille sur l'impact environnemental et l'ACV en commun avec d'autres projets nationaux.



Essais en vraie grandeur de  
chargement de dallages et  
semelles sur inclusions rigides



# IREX

Institut pour la recherche appliquée  
et l'expérimentation en génie civil

Rejoignez-nous sur les réseaux sociaux



9 rue de Berri 75008 PARIS  
01 44 13 32 79 - [contact@irex.asso.fr](mailto:contact@irex.asso.fr)  
[irex.asso.fr](http://irex.asso.fr)

