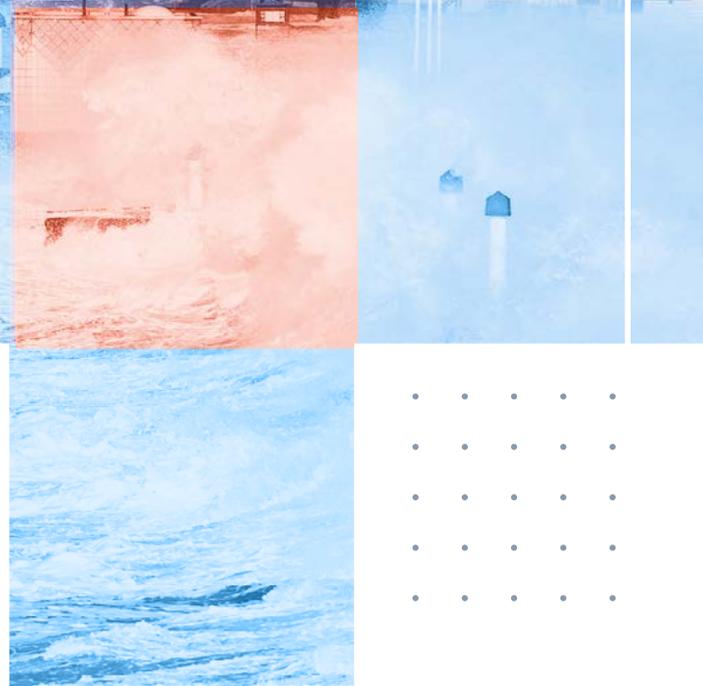




RAPPORT D'ACTIVITÉ 2021-2022

L'excellence scientifique du Cerema au service
de l'économie française et de son adaptation
aux effets du changement climatique



Le climat de la Terre change et les manifestations de cette évolution, diverses, nous le rappellent de plus en plus fréquemment. De fait, jamais l'humanité n'a été confrontée à des sujets d'adaptation aux effets du changement climatique d'une telle ampleur.

Les solutions requises pour cette adaptation, souvent très locales, n'existent pas toutes déjà, loin s'en faut. Aussi la production de connaissances nouvelles, l'exploration de champs vierges et par conséquent la recherche sont-elles indispensables.

Cette activité de recherche est centrale au Cerema, comme cela a été récemment rappelé dans la loi de programmation de la recherche et son décret d'application. En cette matière, le Cerema tisse des liens toujours plus étroits avec le monde académique, en associant ses équipes au sein d'unités mixtes.

Les travaux menés au sein de nos onze équipes alimentent en connaissances nouvelles les experts du Cerema et le monde socio-économique, via la recherche partenariale.

« La recherche partenariale, qui a valu au Cerema sa labellisation comme institut Carnot Clim'adapt, est un élément fondateur du projet stratégique de notre établissement qui se met au service de l'adaptation des entreprises et des collectivités territoriales. »

En effet, contribuer à relever le défi climatique et à infléchir les courbes aux évolutions préoccupantes est une impérieuse nécessité qui nous mobilise au quotidien.



Pascal BERTEAUD

Directeur général du Cerema

SOMMAIRE

Éditos	2
Clim'adapt, l'institut Carnot du Cerema	4
Une recherche experte, au service des territoires	6
L'institut Carnot Clim'adapt en 2021-2022	8
L'engagement pour les entreprises	18
L'institut Carnot Clim'adapt, membre du réseau des Carnot	20



« Le Cerema sonne la mobilisation générale sur les enjeux de l'adaptation des territoires aux évolutions du climat : toute notre expertise se met au service du climat, une expertise soutenue par notre activité de recherche, productrice de connaissances fort précieuses pour les partenaires de notre institut Carnot Clim'adapt que sont les entreprises et les acteurs locaux. »

Marie-Claude JARROT

Présidente du Conseil d'administration du Cerema

S'il était encore besoin, le sixième rapport du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) nous a récemment rappelé combien l'évolution climatique, d'origine anthropique, requiert que nous agissions vite et fort, et ceci tant sur un plan individuel que collectif.

Les six domaines d'activité du Cerema concourent à construire les villes et à aménager le territoire de notre pays. Ces secteurs sont ambivalents car ils contribuent aux émissions de gaz à effet de serre et ils subissent les effets du changement climatique ainsi induit, tout en constituant des leviers conséquents d'atténuation pour atteindre la neutralité carbone visée en 2050, objectif de la stratégie nationale bas carbone.

La transformation rapide et profonde qui s'impose, en matière de sobriété, d'efficacité et de décarbonation, s'opère dans un contexte de stress climatique déjà à l'œuvre et dont les manifestations, qu'elles soient le fait de chocs ou d'évolutions lentes, sont d'ampleur croissante et géographiquement variables. Aussi la hiérarchie des sujets d'adaptation aux effets du changement climatique auxquels sont confrontés les acteurs socioéconomiques a-t-elle une dimension locale.

La complémentarité de ses métiers, associée à la dense couverture géographique apportée par ses implantations territoriales réparties, permet au Cerema d'aider les entreprises et les collectivités à opérer ces mutations d'une façon anticipée et adaptée à cette dimension locale.

Être en capacité de travailler avec ces deux types d'acteurs est une force pour le Cerema, tant leurs problématiques respectives vont de pair. Ainsi, l'enjeu pour toute collectivité, n'est-il pas, dans un contexte de changement climatique, de pérenniser sa santé économique, en développant son attractivité et en facilitant sa réindustrialisation, la plus décarbonée possible ?

« Les défis ainsi posés, renforcés par la légitime quête d'une plus grande souveraineté nationale pour certains secteurs jugés stratégiques, font apparaître des problématiques nouvelles qui débouchent naturellement vers des actions de recherche partenariale, au cœur du dispositif Carnot. »

Aussi, pour l'institut Carnot Clim'adapt, la période 2021-2022 a-t-elle été marquée par nombre d'événements et de réalisations structurants pour son développement. Nous espérons que vous prendrez plaisir à découvrir ceux que nous avons retenus pour illustrer le présent rapport d'activité.



Thierry BRAINE-BONNAIRE

Directeur de l'institut Carnot Clim'adapt

CLIM'ADAPT, L'INSTITUT CARNOT DU CEREMA



L'institut Carnot Clim'adapt est porté par le Cerema, un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique, présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 26 implantations et ses 2 400 agents.

Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État, les collectivités territoriales et les entreprises pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport.

Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans six domaines d'activité : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

Son budget annuel est d'environ 255 millions d'euros.

LE CEREMA, C'EST :

26

implantations en métropole et dans les Outre-mer

2 400
agents

255 M€
de budget annuel

Pour en savoir plus : [Rapport d'activité 2021 du Cerema](#)

Début 2021, le Cerema a restructuré son offre de service afin d'accompagner de manière plus efficiente sur le terrain ses partenaires publics et privés dans leurs transitions. **Le Cerema se positionne désormais sur six grands domaines d'expertise avec comme boussole l'adaptation des territoires au changement climatique.**

• **Expertise et ingénierie territoriale** pour accompagner les stratégies de transition de l'aménagement des territoires

- Stratégie et aménagement des territoires
- Connaissance et mobilisation du foncier



• **Bâtiment** pour maîtriser l'impact des bâtiments sur le climat et améliorer leur qualité d'usage

- Gestion de patrimoines immobiliers
- Performances environnementales et énergétiques
- Confort et ventilation des bâtiments
- Matériaux géo et bio-sourcés
- Économie de la construction et montages juridiques
- Bâtiment numérique
- Accessibilité universelle des bâtiments



• **Mobilités** pour favoriser les mobilités durables et sécurisées

- Espace public et voirie urbaine
- Connaissance, modélisation et évaluation de la mobilité
- Politiques et services de mobilité
- Systèmes de transports intelligents, trafics et régulation
- Sécurité routière et des déplacements



• **Infrastructures de transport** pour sécuriser et pérenniser les infrastructures de transport, en particulier face aux changements climatiques

- Gestion de patrimoine d'infrastructures de transports
- Techniques, méthodes et suivi d'infrastructures de transports
- Gestion patrimoniale des ouvrages d'art
- Techniques, méthodes et suivi d'ouvrages d'art
- Centre national des ponts de secours - CNPS





Environnement & risques

• **Environnement et risques** pour maîtriser les risques naturels et les impacts sur l'environnement, le climat et la consommation de ressources des projets d'aménagement et de transport

- Énergies renouvelables
- Biodiversité et aménagement
- Eau et gestion des milieux aquatiques
- Économie circulaire du BTP
- Risques naturels
- Réduction des nuisances et aménagement

• **Mer et littoral** pour assurer la sécurité et le développement durable des activités maritimes et fluviales en maîtrisant leurs pressions sur l'environnement, et adapter les territoires maritimes et littoraux aux évolutions du climat

Mer & littoral

- Gestion du littoral et de la mer
- Sécurité et trafics maritimes et fluviaux
- Ports et voies navigables



AVRIL 2021

Le Conseil d'administration de l'établissement a adopté un **nouveau projet stratégique 2021-2023** qui fait de l'adaptation des territoires au changement climatique la **boussole de l'action** du Cerema. Il lance une mobilisation forte de son expertise pour les territoires : tant que le climat changera, le Cerema agira !

<https://www.cerema.fr/fr/cerema/strategie>

OCTOBRE 2021

Le **premier Contrat d'objectifs et de performance 2021-2024 de l'établissement a été adopté et signé** par la ministre de la Transition écologique. Il repose sur sept axes structurants, dont le confortement de l'activité de recherche.



Expertises Territoires

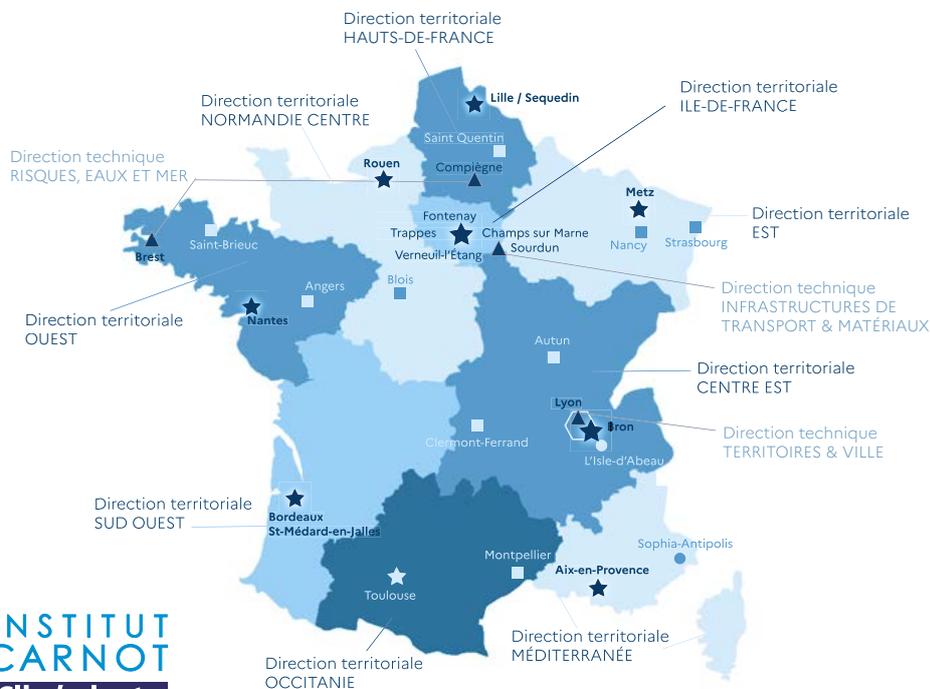
MARS 2022

Le Cerema a lancé sa **plateforme collaborative Expertises.Territoires** : un réseau d'experts, en marque blanche.

Les objectifs ? Permettre aux acteurs et décideurs de terrain, via une interface simple d'utilisation, de partager des expériences et développer les expertises en faveur de la transition écologique des territoires. Développer la transversalité et les contacts entre les métiers et les disciplines. Interroger, éclairer les enjeux d'aujourd'hui et de demain.

<https://www.expertises-territoires.fr/>

CARTE DES IMPLANTATIONS DU CEREMA labellisé institut Carnot Clim'adapt



DIRECTION TERRITORIALE	
★	Siège
■	Agence
●	Autre site
DIRECTION TECHNIQUE	
⬢	Direction générale (Bron - Vaulx-en-Velin - Lyon)

UNE RECHERCHE EXPERTE, AU SERVICE DES TERRITOIRES

LE CEREMA, UN ACTEUR RECONNU DE LA RECHERCHE EN FRANCE

À l'été 2021, la publication du décret fixant la liste des établissements publics dont les statuts prévoient une mission de recherche a marqué formellement la **reconnaissance du Cerema comme organisme ayant des missions de recherche**. Cette nouvelle étape conforte la stratégie scientifique portée par le projet stratégique et son contrat d'objectif et de performance (COP), adoptés également en 2021.

Le Cerema sera donc soumis pour la première fois à l'évaluation par le Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (Hcéres). Celle-ci se déroulera en 2024-2025, concomitamment au bilan du COP en cours de l'établissement.

DES ÉQUIPES SCIENTIFIQUES S'INSÉRANT DANS L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

En 2021, la structuration des équipes de recherche, progressivement mises en place depuis la naissance du Cerema en 2014, se poursuit dans chacun des grands domaines d'intervention où l'établissement est pertinent scientifiquement.

La constitution d'unités mixtes de recherche (UMR) s'amplifie en 2021-2022 avec trois objectifs :

- insérer pleinement les équipes dans le système de l'enseignement supérieur et de la recherche français. Les équipes insérées dans des UMR seront ainsi elles-mêmes évaluées par le Hcéres ;
- conforter et rendre encore plus attractif le cadre d'accueil des parcours doctoraux ;
- permettre au Cerema d'exercer pleinement la tutelle scientifique de ces unités mixtes de recherche.

UNE FILIÈRE DOCTORALE ACTIVE

En 2021, 12 thèses ont été soutenues et 25 sont dirigées ou codirigées par au moins un chercheur du Cerema, en partenariat avec une équipe académique. Le Cerema accueille actuellement 56 projets doctoraux au sein de ses équipes.



LE SAVIEZ-VOUS ?

Cinq thèses Cifre sont en cours en 2022 au Cerema, avec pour partenaires du monde socio-économique : Hydrasol, Seacure (ex Geocorail), Routes de France, Spie Batignolles et Ingerop. D'autres partenaires industriels participent aux projets doctoraux du Cerema, comme Clamens et Logiroad.



11

équipes de recherche

58

publications de rang A en 2021



39

communications lors de conférences en 2021

56

thèses en cours



12

thèses soutenues en 2021

Retrouvez toutes nos équipes de recherche





L'équipe REPSODY – Réponse des Sols, Sites et Structures aux sollicitations dynamiques - Séismes et vibrations – s'insère dans une unité mixte de recherche.

Le 6 décembre 2021, au cours du comité de pilotage organisé par l'Université Côte d'Azur, les quatre tutelles de l'UMR GéoAzur (Université Côte d'Azur, Institut de recherche et du développement, Observatoire de la Côte d'Azur et Centre national de la recherche scientifique) se sont prononcées favorablement à l'insertion de l'équipe de recherche REPSODY dans cette UMR et à l'entrée du Cerema dans la gouvernance de l'équipe, en tant que tutelle scientifique secondaire.

Le Cerema et l'Université Gustave Eiffel créent une unité mixte de recherche dédiée aux matériaux pour la construction durable.

Le 28 février 2022, l'équipe Durabilité, Innovation et valorisation des Matériaux Alternatifs (DIMA) du Cerema et l'équipe Formulation, Microstructure, Modélisation et Durabilité des matériaux de construction (FM2D) du département Matériaux & Structures de l'Université Gustave Eiffel ont choisi de consolider leur partenariat à travers la création d'une unité mixte de recherche, sous la tutelle scientifique des deux établissements.

Baptisée Matériaux pour une Construction Durable – MCD –, cette UMR se consacre aux problématiques de durabilité des matériaux de construction pour le bâtiment et les infrastructures dans les domaines des matériaux cimentaires et bitumineux. Une meilleure inscription dans une économie circulaire de ces matériaux pour un bénéfice environnemental accru est également un des objectifs de cette UMR. Ce projet vient renforcer les liens entre le Cerema et l'Université Gustave Eiffel, tel qu'envisagé par la convention-cadre signée en juillet 2021.

Le Cerema et Cergy Paris Université bâtissent une unité mixte de recherche consacrée aux transports et à la mobilité.

Suite à la signature de la convention-cadre entre les deux établissements en décembre 2021, une partie de l'équipe MRTE de CY et l'équipe ESPRIM du Cerema ont uni leurs forces pour créer une nouvelle unité mixte de recherche.

Baptisée Mobilités, aménagement, transports, risques et société – MATRiS – et officiellement née le 1^{er} janvier 2022, son projet scientifique porte sur les dynamiques de transformation majeures à l'œuvre dans les systèmes de transport et d'aménagement, les moyens de les repérer, de comprendre la complexité de leurs interactions, de les modéliser.

Découvrez des portraits de chercheur(e)s du Cerema



L'INSTITUT CARNOT CLIM'ADAPT

EN 2021-2022



L'OFFRE ET LES MISSIONS DE L'INSTITUT CARNOT CLIM'ADAPT

Le Cerema est labellisé institut Carnot Clim'adapt depuis 2020. **C'est la première fois que le label institut Carnot est attribué à un projet qui se focalise sur la problématique climatique.**



LE SAVIEZ-VOUS ?

L'institut Carnot Clim'adapt développe la **recherche partenariale**, c'est-à-dire la conduite de travaux de recherche menés par des laboratoires publics en partenariat avec des acteurs socio-économiques, entreprises de toutes tailles et collectivités locales, en réponse à leurs besoins.

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

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



Ces expertises, multidisciplinaires et complémentaires, confèrent à Clim'adapt la capacité à développer des solutions d'adaptation au changement climatique en intégrant la dimension systémique du sujet et donc les effets induits.

L'institut Carnot Clim'adapt joue un **rôle clé d'interface entre les entreprises et les collectivités territoriales**, sur les sujets scientifiques et techniques qui touchent au développement économique et à l'aménagement.

Ceci constitue une véritable opportunité pour **déployer et tester des solutions innovantes.**



« Face aux enjeux d'adaptation au changement climatique, le Cerema mène une politique active de recherche partenariale avec les entreprises, afin de bénéficier de cas réels d'expérimentation et de favoriser le transfert technologique, de la recherche à la commercialisation de solutions nombreuses et variées.

L'établissement met à disposition des entreprises l'écoute spécifique de ses chercheurs et experts, en France et à l'international, ainsi que différents outils et dispositifs – CeremaLab, plateformes technologiques, plateforme collaborative Expertises.Territoires... – adaptés aux besoins des grands groupes comme des startups. »

Anne-Laure MEUNIER

Directrice en charge du plan d'affaires du Cerema



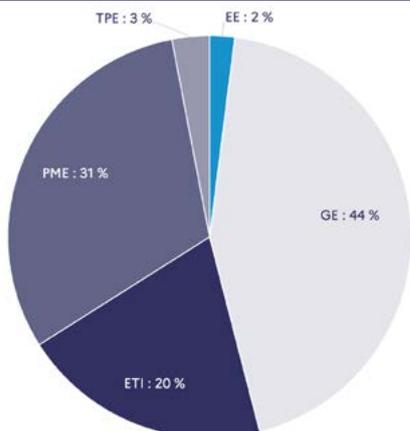
Dans ce paysage, la mission de Clim'adapt est triple :

- **transférer la R&D du Cerema aux entreprises** pour les accompagner dans leur transition écologique et, notamment, pour ce qui est de leur adaptation au changement climatique ;
- **aider les entreprises à développer des solutions innovantes et adaptées, les caractériser dans des conditions contrôlées et les expérimenter sur le terrain ;**
- **accompagner les collectivités** afin d'identifier et de mettre en œuvre des solutions adaptées à leurs besoins, à **travers la recherche partenariale.**

En 2021, les recettes cumulées relevant de l'activité Carnot du Cerema sont de l'ordre de 5 M€. Comme l'illustrent les graphiques ci-dessous, cette activité est très diversifiée, tant en matière de clientèle que de domaines d'activité. Elle se développe sur l'ensemble du territoire français, y compris Outre-mer.

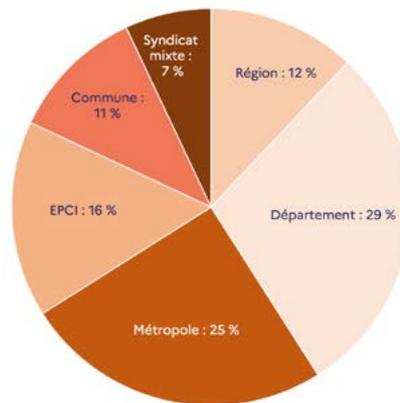
Une activité de recherche partenariale qui s'adresse à tous types d'entreprises et aux collectivités, quelles que soient leur nature et leur taille.

RÉPARTITION DES CONTRATS SELON LE TYPE D'ENTREPRISE



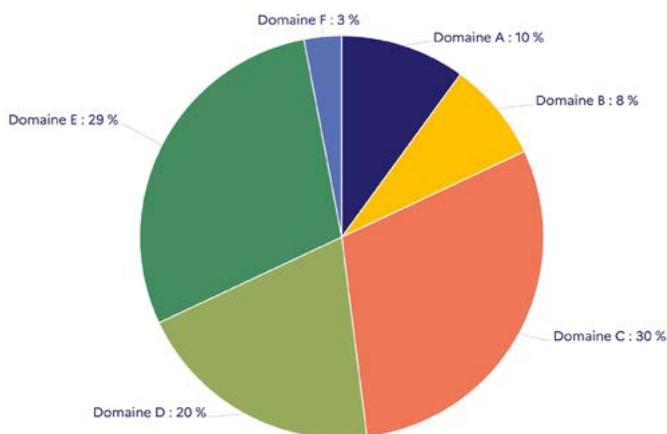
EE : Entreprises étrangères	2 %
GE : Grandes entreprises	44 %
ETI : Entreprises de taille intermédiaire	20 %
PME : Petites et moyennes entreprises	31 %
TPE : Très petites entreprises	3 %

RÉPARTITION DES CONTRATS SELON LA NATURE DE LA COLLECTIVITÉ



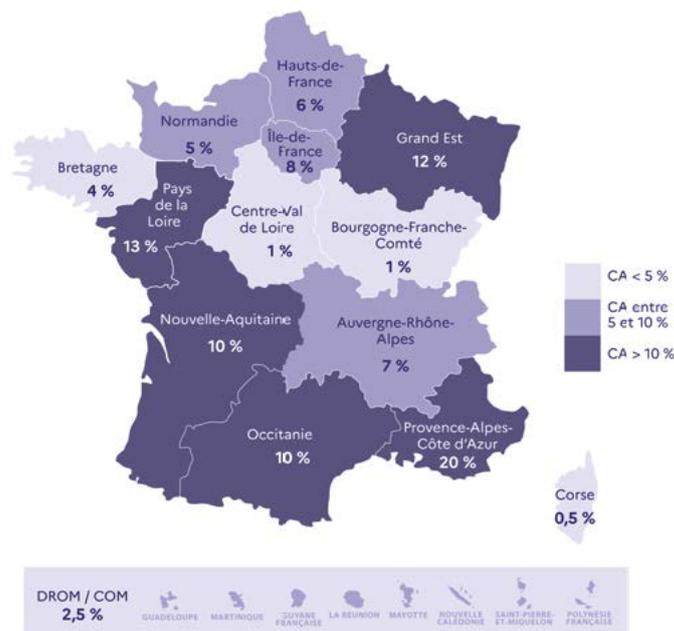
Région :	12 %
Département :	29 %
Métropole :	25 %
EPCI :	16 %
Commune :	11 %
Syndicat mixte :	7 %

RÉPARTITION DES CONTRATS PAR DOMAINES D'ACTIVITÉ DU CEREMA



Domaine A : Expertise et ingénierie territoriale	10 %
Domaine B : Bâtiment	8 %
Domaine C : Mobilités	30 %
Domaine D : Infrastructures de transport	20 %
Domaine E : Environnement et risques	29 %
Domaine F : Mer et littoral	3 %

RÉPARTITION DU CHIFFRE D'AFFAIRES PAR RÉGION



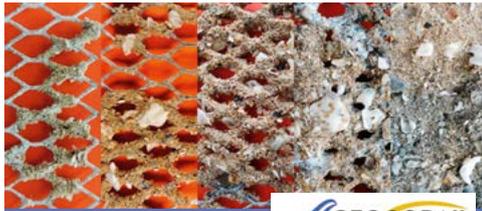
Une action au service de l'adaptation au changement climatique déclinée dans tous les domaines d'activité du Cerema.

Une couverture régionale très étendue, pour une recherche partenariale qui répond aux spécificités et aux enjeux locaux, tout en assurant la reproductibilité de ses résultats.



Sur la période 2021-2022, nombreux ont été les contrats Carnot concernant des prestations de R&D réalisées par le Cerema pour des entreprises et des collectivités territoriales. En effet, tous les acteurs qui aménagent le territoire ou qui conçoivent, construisent et gèrent les villes sont les partenaires naturels de l'institut Carnot Clim'adapt.

Quelques exemples, résumés ici, constituent de « belles histoires de partenariats ».



PARTENARIAT AVEC LA STARTUP GEOCORAIL

Conception d'un modèle numérique 2d puis 3d décrivant le procédé Geocorail et d'un outil de dimensionnement

Résumé : Le procédé Geocorail consiste à former un conglomerat rocheux en milieu sous-marin grâce à une réaction électrochimique de l'eau de mer et au captage de sédiments.

La R&D réalisée par le Cerema repose sur l'élaboration d'un outil de modélisation électrochimique modulable permettant notamment le dimensionnement de structures anodiques et cathodiques.



PARTENARIAT AVEC L'ENTREPRISE COLAS

Développement et expérimentations du dispositif Flowell, nouvelle solution de signalisation lumineuse dynamique

Résumé : Le Cerema accompagne la société Colas pour le développement et les expérimentations du produit innovant Flowell qui répond au besoin d'un marquage lumineux actif, non prévu à ce jour dans la réglementation. Flowell permet un renforcement de la signalisation en place, mais aussi une modularité spatio-temporelle de l'espace public. Plusieurs expérimentations ont déjà été engagées et d'autres sont à l'étude.



PARTENARIAT AVEC L'ENTREPRISE ATMB

Évaluation de capteurs de mesure du covoiturage à la douane franco-suisse de Thônex-Vallard

Résumé : Le partenariat entre le Cerema et la société ATMB porte sur l'évaluation des performances de capteurs qui intègrent un système de comptage du nombre d'occupants dans les véhicules, et qui seront la première brique d'un contrôle automatique d'une voie réservée au covoiturage.



PARTENARIAT AVEC LA MÉTROPOLE ROUEN NORMANDIE

Développement d'une méthodologie « sur mesure » pour le diagnostic complet du patrimoine routier

Résumé : À la demande de la Métropole Rouen Normandie, le Cerema a développé et mis au point une méthodologie d'auscultation « sur mesure » de l'ensemble de son patrimoine routier sur 2 700 kilomètres de réseau métropolitain.



PARTENARIAT AVEC L'ENTREPRISE LHOIST

L'utilisation des craies traitées à la chaux dans les ouvrages hydrauliques

Résumé : Le Cerema et la société Lhoist mènent un projet de recherche pour déterminer sous quelles conditions la craie traitée à la chaux peut être utilisée dans la constitution de digues. Si la craie est souvent utilisée en infrastructure routière, son comportement sous immersion est peu documenté.



PARTENARIAT AVEC L'ENTREPRISE APRR

Une nouvelle solution de diagnostic des câbles de précontrainte extérieure, organes sensibles des grands ponts en béton précontraint

Résumé : En partenariat avec la Société des Autoroutes-Paris-Rhin-Rhône (APRR), le Cerema a expérimenté une nouvelle méthode d'auscultation magnétique des câbles de précontrainte extérieure, éléments en acier indispensables à la stabilité des structures retenues par leur mise en tension. Ce diagnostic a permis d'identifier, par une méthode non destructive, les câbles présentant des défauts dus à la corrosion.



LE SAVIEZ-VOUS ?

Le Cerema collabore avec des startups, dont Geocorail – devenue Seacure en 2022 – est un exemple, dans le cadre de son dispositif CeremaLab (cf. page 19).



Ces projets concernent une très grande richesse de territoires, comme l'illustre l'image interactive suivante.



ÉVÈNEMENTS CLÉS

2021-2022

En 2021-2022, l'institut Carnot Clim'adapt a présenté l'offre du Cerema lors de plusieurs salons. L'équipe Clim'adapt a également organisé et participé à de nombreux événements, comme l'illustre la frise ci-dessous :

1^{er} juillet 2021

WEBINAIRE INTERNE

« Comprendre ce qu'est le label Carnot et ses atouts pour le Cerema »

16 décembre 2021

Lancement de l'appel à projets de ressourcement scientifique de l'institut Carnot Clim'adapt (exercice 2022)

25 novembre 2021

2^e réunion du comité d'orientation stratégique (COS) de Clim'adapt

DÉC.



17 et 18 novembre 2021

LES RENDEZ-VOUS CARNOT



16 au 18 novembre 2021

LE SALON DES MAIRES ET DES COLLECTIVITÉS LOCALES

NOV.

21 et 22 septembre 2021

INNOPOLIS EXPO PARIS



28 septembre 2021

CAP'CARNOT

12 au 15 octobre 2021

POLLUTEC

OCT.



1^{er} avril 2022

1^{re} réunion de l'année des responsables
qualité des instituts Carnot



7 avril 2022

Séminaire des
directeurs Carnot

AVR.

23 mars 2022

TECHINNOV



22 et 23 mars 2022

Réunion des
chargés de
communication du
Réseau des Carnot
et formation à la
communication
interne

MARS

20 et 21 juin 2022

LES JOURNÉES DE
LA RECHERCHE DU
CEREMA

(cf. double page suivante)

JUIN



22 et 23 juin 2022

SÉMINAIRE CARNOT

FÉV.

17 février 2022

1^{re} réunion du groupe
communication stratégique
Carnot dont fait partie
Clim'adapt

3 février 2022

OCCITANIE INNOV

Les rencontres de
l'innovation en Occitanie

Les 20 et 21 juin 2022, au NewCap Event Center à Paris, se sont déroulées les premières Journées de la Recherche du Cerema. Un événement animé par Stéphanie Lux qui avait pour thème : « **Quelles recherches pour le climat et les territoires de demain ?** ».

En effet, le changement climatique soumet le pays et son économie à des défis dont la nature même et l'ampleur sont inédites. Les enjeux pour les territoires et les acteurs économiques sont considérables. Comment le Cerema peut-il aider les collectivités et les entreprises à opérer leur transition vers une économie sobre en ressources, décarbonée et respectueuse de l'environnement ?

Les chercheurs, experts et partenaires du Cerema, et plus largement **tous les intervenants de qualité, issus de l'écosystème scientifique et du monde socio-économique, ont pu échanger autour de ces questions et bien d'autres, illustrées par des cas concrets.** Et prouver qu'ensemble, ils pouvaient contribuer à les relever.

UNE PREMIÈRE JOURNÉE CONSACRÉE À LA RECHERCHE-ACTION TERRITORIALE

Cette journée a été introduite par une intervention vidéo de Pascal Berteaud, Directeur général du Cerema, et par un discours de Pascal Terrasse, Directeur de la Stratégie et de la Communication de l'établissement.

Au programme :

- une table-ronde intitulée « Quelle recherche-action pour la transition écologique des territoires ? », avec des intervenants du Cerema mais aussi du CNRS, de France Ville Durable, d'Efficacity et de l'ADEME ;
- une intervention de Julien Guerrier – Directorate G, Common Policy Centre au sein de la Commission européenne – au sujet des « Missions » du programme cadre R&I Horizon Europe ;
- une table-ronde sur le thème « Mobiliser la recherche et l'expertise pour la résilience des territoires : l'intérêt de construire des partenariats scientifiques avec le Cerema », avec pour intervenants cinq binômes composés de chercheurs du Cerema et de partenaires scientifiques (INRAE, Inria, Université Côte d'Azur, Université Gustave Eiffel et CY Cergy Paris Université) ;
- une table-ronde intitulée « Quelle évaluation scientifique pour une recherche tournée vers les besoins des territoires ? », avec la participation du Cerema, de l'IGN, du MESRI et de l'IFPEN.

Cette journée a été clôturée par Ronan Dantec, Sénateur de Loire-Atlantique, Président de la commission environnement de l'Association Française des Communes et Régions d'Europe (AFCCRE).

UNE SECONDE JOURNÉE DÉDIÉE À LA RECHERCHE PARTENARIALE DU CEREMA, PORTÉE PAR SON INSTITUT CARNOT CLIM'ADAPT

L'introduction a été effectuée par Thierry Braine-Bonnaire, Directeur de l'institut Carnot Clim'adapt.

Au programme de la matinée :

- une séquence intitulée « Le Cerema face aux enjeux scientifiques, économiques et industriels », composée de trois interventions :
 1. « La transition écologique, quels enjeux scientifiques et industriels ? », par Yves Bréchet, Directeur scientifique de Saint-Gobain, membre de l'académie des sciences ;
 2. « La transition écologique : une opportunité pour la réindustrialisation de la France », par Frédéric Motte, Président de la Mission Rev3 et Conseiller régional des Hauts-de-France délégué à la Transformation économique ;
 3. « L'exploitation efficace des données : une source de sobriété pour l'économie française », par Thierry Chambon, Directeur de la Stratégie et des partenariats - Energisme et Loamics ;
- une table-ronde avec ces trois intervenants ainsi que Thierry Braine-Bonnaire.

L'après-midi était consacré à la valorisation de partenariats entre Clim'adapt, représenté par des chercheurs et experts du Cerema, et des entreprises : Colas, Engie Green, Lhoist, Covéa, Predict Services et EDF. Une séquence était également consacrée à CeremaLab, le dispositif du Cerema à destination des startups et PME innovantes (cf. page 19). Les partenariats avec Seacure (ex Geocorail), InSitu Architecture et TechnoCarbon ont été présentés.

Cette seconde journée a été clôturée par une conférence de Jean Jouzel, climatologue, membre de l'académie des sciences et président du comité d'orientation stratégique de l'institut Carnot Clim'adapt.

Par ailleurs, les participants ont pu découvrir une exposition de 21 posters scientifiques réalisés pour l'événement, valorisant des projets des équipes de recherche du Cerema. Durant ces sessions posters, des chercheurs du Cerema étaient présents pour échanger avec eux et répondre à leurs questions.

Les Journées de la Recherche du Cerema ont réuni une centaine de participants chaque jour, auxquels se sont ajoutés, en streaming, près de cent visiteurs uniques le 20 juin. Un grand succès pour cette première édition.

« Predict Services est une structure de 35 personnes qui veut rester petite, opérationnelle et très agile. Malgré la taille et la puissance du Cerema, on a pu retrouver dans le mode de fonctionnement qu'on a eu avec Frédéric Pons un caractère d'agilité, de réponse et de réactivité qui étaient énormes.



« Ce partenariat public-privé dont on parle beaucoup, là de manière très pratique, très opérationnelle, sur un sujet extrêmement vertueux avec des attentes qui sont considérables, ça nous a fourni à nous une capacité d'aller très très vite. Je remercie énormément le Cerema pour cette collaboration qui j'espère va donner beaucoup de choses dans les années à venir. »

Alix ROUMAGNAC

Président de Predict Services

« Tout au long de ma carrière, j'ai pensé qu'il fallait privilégier l'atténuation par rapport à l'adaptation. Avec ma chère épouse, j'avais parié que les gens allaient se réveiller à partir du moment où le réchauffement serait perceptible, en 2030, pas avant. C'était l'idée que j'avais il y a 30 ou 40 ans.

« Et en fait, les événements extrêmes sont tels que cette perception du réchauffement climatique, elle est là aujourd'hui, c'est très clair. Et va forcément avec cette nécessité impérieuse de penser à l'adaptation, qui est devenue une priorité au même niveau que l'atténuation. »

Jean JOUZEL

Climatologue, membre de l'académie des sciences et président du comité d'orientation stratégique de l'institut Carnot Clim'adapt



Pour en savoir plus et découvrir une galerie photos, d'autres verbatims et l'ensemble des posters scientifiques de l'exposition



RESSOURCEMENT SCIENTIFIQUE

Le ressourcement scientifique est l'un des trois modes d'utilisation de l'abondement que reçoit Clim'adapt, l'institut Carnot du Cerema – les deux autres étant la professionnalisation et l'intégration dans le dispositif Carnot.

Ce ressourcement a pour vocation de **maintenir l'excellence scientifique de l'établissement, reconnue par la labellisation Carnot, et d'anticiper les demandes des industriels et des marchés.** Les actions de ressourcement scientifique peuvent porter sur des projets de recherche ou sur l'acquisition d'équipements jugés stratégiques, ce qui fut le cas cette année.

APPEL À PROJETS 2022

QUATRE LAURÉATS SÉLECTIONNÉS

Fin 2021, l'institut Carnot Clim'adapt a lancé un appel à projets interne de ressourcement scientifique. Les huit candidatures reçues ont été évaluées par l'équipe Clim'adapt et des membres du COS, selon une grille comprenant plusieurs critères : contribution de la direction demandeuse au chiffre d'affaires Carnot, conformité à l'objet de Clim'adapt, potentiel de génération de nouveaux contrats de recherche avec les entreprises... Le classement des demandes ainsi opéré a été présenté au Comité de Pilotage de Clim'adapt et validé.

POINT D'AVANCEMENT DES TROIS PROJETS RETENUS EN 2021



MACH+

En France, le dernier recensement établi par le ministère de la Transition écologique fin juin 2021 faisait état de plus de 10,4 millions de maisons potentiellement très exposées au retrait-gonflement des sols argileux (RGA). Le Cerema, institut Carnot Clim'adapt, développe actuellement la technologie MACH+ basée sur l'intelligence artificielle (IA) pour l'adaptation du bâti exposé à la sécheresse aux effets du changement climatique.

La solution MACH+, innovante et écologique, consiste à prédire à partir des données météorologiques locales quand le sol de fondation doit être automatiquement réhumidifié, pendant les périodes de sécheresse, par de l'eau de pluie stockée afin de rééquilibrer son état hydrique. Une expérimentation sur une maison test est en cours et devrait se poursuivre jusqu'en 2025.



LE SAVIEZ-VOUS ?

Des projets de recherche sont menés avec d'autres instituts Carnot, comme MADNESS (Monitoring et Aide à la Décision pour la maIntenance prédictive des chausSées) avec le Carnot ARTS et le défi ROAD-AI avec l'Inria.

La part de l'abondement reçu par l'institut Carnot Clim'adapt allouée au ressourcement scientifique pour l'exercice a permis **de sélectionner et de soutenir financièrement l'acquisition des quatre équipements suivants :**

PROPRIÉTÉS HYDRODYNAMIQUES DES SOLS ET DES ROCHES

Résumé : L'achat permettra de mettre en évidence les propriétés hydrodynamiques des sols (courbe de rétention d'eau et courbe de conductivité hydraulique) et ainsi le développement de modèles numériques de haut niveau prenant en compte les caractéristiques des sols non saturés.



Équipes de recherche du Cerema impliquées : GéoCoD, TEAM, UMR MCD

DRONE DJI ET CAMÉRA IR

Résumé : Le drone M300 RTK et la caméra thermique Wiris permettent l'auscultation des sols, des zones à topographie complexe (falaises, glissements...) et des ouvrages (murs, digues, ponts...), avec un positionnement précis hors et en agglomération.



Équipe de recherche du Cerema impliquée : ENDSUM

CAISSON POUR TESTS HYDRAULIQUES D'OUVRAGES

Résumé : L'équipement envisagé permettra d'expérimenter, à l'échelle 1, les mécanismes de rupture des systèmes d'endiguement (érosions internes et externes, surverse...), pour différentes configurations d'ouvrages (pentes, matériaux, densités, perméabilité, compactage, formulations...) et pour différentes conditions hydrauliques (permanentes, transitoires, cycliques...).



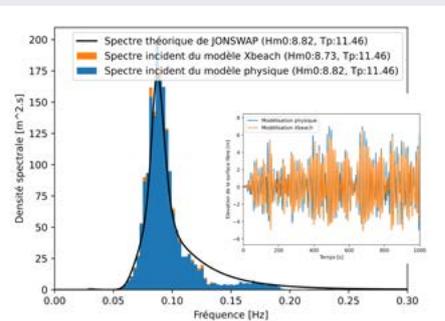
Équipe de recherche du Cerema impliquée : HA

ANALYSEUR D'IMPÉDANCE

Résumé : L'équipement demandé permet de caractériser la permittivité diélectrique des matériaux à basse fréquence afin d'améliorer l'interprétation des résultats d'auscultation par radar géophysique. Ceci est particulièrement important dans le cas des nouveaux géomatériaux dont on ne connaît pas précisément les caractéristiques, ni l'évolution de celles-ci sous l'effet du changement climatique.



Équipe de recherche du Cerema impliquée : ENDSUM



JeunEpi

Dans le cadre du projet JeunEpi, les logiciels Xbeach, SWAN, TELEMAC, IH2VOF et OpenFOAM ont été installés et leurs performances étudiées. Ceci a permis de définir les préconisations d'utilisation pour chacun.

Des premières comparaisons de paramètres statistiques et spectraux ont été réalisées avec des résultats expérimentaux en canal disponibles. Les bons paramètres numériques, les conditions aux limites adaptées et la méthode de traitement des résultats ont été stabilisés. Ainsi, il est désormais possible de se placer dans un contexte d'utilisation opérationnelle de ces outils. Aucune optimisation des résultats ne sera recherchée pour trouver les résultats du modèle physique. La campagne de modélisations numériques est planifiée et s'engage. La campagne d'essais physiques a débuté en juillet 2022.

EcoNav

Le projet EcoNav comporte trois phases :

- extension du modèle de consommation de carburant à tous les bateaux de Seine ;
- extension du module Kessel à tout l'axe Seine ;
- couplage des deux.



L'instrumentation de cinq unités se fait dans le projet « Eco Pilote Seine » financé par l'ADEME. Les mesures de consommation permettront d'étendre le modèle de prédiction de la consommation par apprentissage automatique à d'autres unités représentatives.

Pour tester « Kessel », le bief d'Andresy et son trafic ont été modélisés sur trois mois à partir des données AIS. On obtient une réduction moyenne d'attente à l'écluse de 6 mn / bateau et 13 % d'économie d'eau. Une expérimentation à Andresy précisera les performances réelles. Les développements de modélisation de plusieurs écluses commencent.



L'ENGAGEMENT POUR LES ENTREPRISES

Le Cerema, labellisé institut Carnot Clim'adapt, réalise des prestations pour le compte d'entreprises privées à hauteur de 12 millions d'euros, soit un tiers des recettes propres de l'établissement (source : [Projet stratégique 2021-2023 du Cerema](#)).

Il constitue, dans ses six domaines d'activité, un garant national impartial via son travail d'accompagnement des réglementations et normalisations, de proposition de recommandations et bonnes pratiques et, le cas échéant, de labellisation et certification.

Le Cerema se positionne également en complémentarité de partenaires privés pour répondre au mieux aux besoins locaux, nationaux et internationaux souvent complexes. L'expertise de l'établissement est sollicitée au sein de groupements en réponse à des appels à projets et des appels d'offres notamment en matière d'innovation au regard d'un savoir-faire spécifique de l'établissement. Le Cerema accompagne de manière croissante des entreprises françaises à l'international dans une logique de promotion et diffusion des savoir-faire français.

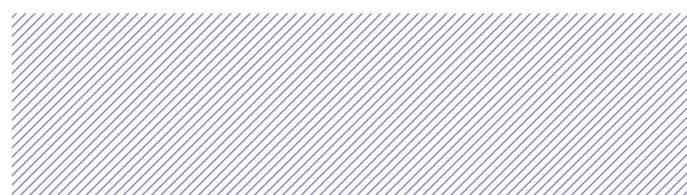
À travers l'institut Carnot Clim'adapt, le Cerema renforce ses activités de recherche partenariale tournée vers le monde socio-économique. Clim'adapt opère un transfert efficace de la recherche et de l'innovation du Cerema vers les entreprises de toutes tailles – startups, PME, ETI, grandes entreprises – dont les majors du BTP, partenaires historiques de l'établissement.

Les industriels sollicitent le Cerema sous plusieurs angles. En effet, s'agissant de l'impact sur le climat et, plus généralement, sur l'environnement, le rôle de l'industrie est double :

- le processus de production est, souvent, consommateur de ressources non renouvelables et émetteur de gaz à effet de serre et autres effluents ;
- les produits qui y sont manufacturés, une fois mis en œuvre, peuvent jouer un rôle favorable en matière d'atténuation et d'adaptation et, de fait, les investissements industriels privilégient ceux-ci de façon croissante.

Les expertises du Cerema, complétées par le maillage territorial apporté par ses implantations réparties, lui permettent d'interagir avec les entreprises industrielles sur les deux volets : afin de réduire le premier et d'accroître le second.

Par ailleurs, l'activité industrielle, au même titre que toute activité humaine, peut être menacée dans sa pérennité par les effets du dérèglement climatique et, là encore, l'expertise du Cerema est précieuse.



CEREMALAB, UN AN D' ACTIONS AU SERVICE DES STARTUPS ET DES PME INNOVANTES



QUELQUES TEMPS FORTS CEREMALAB 2021-2022

Lancé en octobre 2020, CeremaLab est un dispositif dédié aux PME innovantes et aux startups développant des produits et services en lien avec les domaines d'activité du Cerema, pour accélérer leurs projets et augmenter leur impact sur les territoires. **Il s'inscrit dans l'objectif de Clim'adapt d'accroître ses interactions de recherche partenariale bilatérale avec les entreprises de petite taille.**



CeremaLab fait partie du réseau d'incubateurs Greentech du ministère de la Transition écologique.

En 2021, CeremaLab a mené de nombreuses actions visant à identifier et nouer des collaborations avec des entreprises porteuses de solutions innovantes. Tout au long de l'année, CeremaLab s'est construit une image d'organisme à l'écoute des startups. Les entreprises ont pris contact avec CeremaLab à la faveur de salons ou de webinaires (Rencontre Ecotech Territoires, Meet'Up Greentech, Innopolis Expo Paris, Pollutec, Rendez-vous Carnot...). Plus de 40 d'entre elles ont ainsi été rencontrées puis orientées vers les interlocuteurs pertinents en interne afin d'évaluer les possibilités d'accompagnement de leurs projets.

Une dizaine de conventions d'accompagnement ont été conclues, avec par exemple In Situ, U.R.B.S. et BMT. En mettant son expertise, ses plateformes technologiques, ses capacités de recherche, de développement et d'expérimentation à la disposition des startups et PME innovantes, le Cerema s'engage pour l'avenir au plus proche des projets territoriaux partout en France et dans les Outre-mer.

CeremaLab compte aujourd'hui
+ de 60 entreprises dans son écosystème.

SECOND SEMESTRE 2021

Le 2^e appel à projets CeremaLab, organisé avec la Région Grand Est et l'agence régionale d'innovation et de prospection internationale Grand E-Nov+, en partenariat avec les pôles de compétitivité Pôle Véhicule du Futur et Fibres-Energivie, a permis de détecter des entreprises régionales, porteuses de solutions innovantes dans les domaines du bâtiment et des mobilités. Sur les 28 candidatures, le jury a désigné quatre lauréats : High Cube Eco Habitat, Les Constructeurs du Bois, Urbanloop et Urban Radar.



Il a également accordé un « coup de cœur » à la société TESC Innovation.



OCTOBRE 2021

Le Cerema a renforcé son ancrage dans l'écosystème d'innovation en signant avec **Bpifrance** une convention de coopération visant à mobiliser leurs moyens et leurs compétences pour renforcer le soutien aux startups deeptech engagées dans l'innovation de rupture pour la lutte contre le changement climatique et ses effets.



PREMIER SEMESTRE 2022

L'appel à projets du Cerema et du Shom « Innovation : trafic maritime du large au port » – coorganisé dans le cadre de CeremaLab et du lab du Shom, en partenariat avec l'ENSM, le GICAN, les Pôles Mer, Port Atlantique La Rochelle et le Port de Marseille Fos – a rencontré un beau succès avec 31 projets déposés. Neuf finalistes ont été sélectionnés pour « pitcher » devant le jury qui a désigné quatre lauréats : Sea Proven, Zelin, UAVIA et Amphitrite.



La société D-ICE Engineering a également remporté un prix « coup de cœur ».



Pour en savoir plus sur CeremaLab



L'INSTITUT CARNOT CLIM'ADAPT

MEMBRE DU RÉSEAU DES CARNOT



LE LABEL CARNOT

Créé en 2006, le label Carnot a vocation à développer la **recherche partenariale**, c'est-à-dire la conduite de travaux de recherche menés par des laboratoires publics en partenariat avec des acteurs socio-économiques, principalement des entreprises (de la PME aux grands groupes), en réponse à leurs besoins. La recherche partenariale constitue un levier important pour l'économie en favorisant l'innovation des entreprises, gage de compétitivité et de croissance.

Le label Carnot est attribué à des **structures de recherche publique, les instituts Carnot**, qui mènent simultanément des activités de recherche amont, propres à renouveler leurs compétences scientifiques et technologiques, et une politique volontariste en matière de recherche partenariale au profit du monde socio-économique.

Le ministère chargé de la recherche attribue le label aux instituts Carnot à l'issue d'un appel à candidatures très sélectif.

Les instituts Carnot offrent un large spectre de compétences permettant de répondre aux besoins de R&I des entreprises dans la plupart des secteurs économiques. Afin de tirer parti de leurs complémentarités et de faire jouer les synergies au profit de leurs partenaires économiques, ils sont organisés en **réseau opérationnel animé par l'AiCarnot**.

Leur contact permanent avec les entreprises leur permet d'appréhender et **d'anticiper les réponses R&I pour les différents secteurs d'activité** au travers d'une action proactive de ressource scientifique orienté par le besoin.

Les instituts Carnot s'appuient sur une démarche d'amélioration continue du **professionnalisme de leur relation partenariale**, du premier contact à la fourniture des livrables et au recueil du retour de satisfaction, en passant par les phases de négociation et de montage de projet.



LE SAVIEZ-VOUS ?

Les Carnot, comme Clim'adapt, sont des **structures de recherche publique**, labellisées par le ministère en charge de la recherche, qui prennent des engagements forts pour **mener et développer une activité de recherche partenariale au bénéfice de l'innovation des entreprises – de la PME au grand groupe** – et des acteurs socioéconomiques.

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



Pour en savoir plus :

www.instituts-carnot.eu/fr/le-label-carnot

CHIFFRES CLÉS

39

instituts Carnot organisés en réseau

20 %

des effectifs de la recherche publique

55 %

de la R&D financée par les entreprises à la recherche publique française

10 000

contrats Carnot-entreprise chaque année

Ambition pour un chiffre d'affaires de R&D de

1 Md€

avec les entreprises en 2030



« Les périodes de crise sont celles où l'innovation est la plus forte. Le réseau des Carnot, alliance unique de 35 000 professionnels de la R&D animés par une même passion de la science et de la technologie au service des grands enjeux de la société, est plus que jamais un allié de choix pour les entreprises qui développent les solutions de demain. »

Jean-Denis MULLER

Directeur général de l'AiCarnot

LA DÉMARCHE QUALITÉ DU CEREMA

Le système qualité Cerema « Coesion » vise à garantir la qualité de ses productions. Il permet de suivre et d'évaluer les objectifs du projet stratégique et du COP. L'amélioration continue est un principe de base de la démarche qualité, avec le suivi du contexte, l'écoute de son environnement et la gestion des risques et opportunités.

Sur les 5 000 projets annuels, dont ceux relevant de l'activité du Carnot Clim'adapt, le cahier des charges initial sert de base à l'appréciation de la qualité dudit projet. La qualité des projets est également suivie avec l'évaluation de la satisfaction des clients : 99 % sont globalement satisfaits des productions du Cerema.

En 2021, l'établissement a obtenu les certifications NF EN ISO 9001 et Qualiopi pour la formation. La qualité de sa production repose sur la qualité de ses essais et mesures : 30 % d'entre eux sont réalisés sous accréditations Cofrac NF EN ISO 17 025.

L'activité du Cerema est réalisée dans le cadre d'une démarche de responsabilité sociétale, intégrée à Coesion.



LE SAVIEZ-VOUS ?

Les responsables Qualité des Carnot se rencontrent une à deux fois par an pour partager des expériences et bonnes pratiques. L'opportunité de discuter des derniers audits – internes, externes et croisés entre Carnot –, d'échanger avec des experts thématiques et de s'ouvrir à des sujets connexes comme la responsabilité sociétale.

*Source : Évaluation satisfaction des clients sur la production. Synthèse de septembre 2021 à mars 2022.

LE CLUB EUROPE DES INSTITUTS CARNOT



Le Cerema est un membre actif du club Europe des instituts Carnot et de son noyau d'animation. Ce club, composé d'environ 150 membres, a pour objectif d'augmenter les recettes des Carnot et d'accompagner ses partenaires industriels à l'Europe. Il est conduit dans une dynamique « réseau » d'échange d'informations et de documents avec plusieurs réunions thématiques annuelles sur des sujets d'actualités et une plateforme documentaire dédiée hébergée par le Cerema.

En 2021, le focus a été mis sur le nouveau programme européen « Horizon Europe » afin de faciliter le positionnement des membres dans les instances françaises ou européennes et l'accès du plus grand nombre à des informations détaillées en amont des appels, pour augmenter nos taux de réponse et de réussite. Plus particulièrement, une formation dédiée à la rédaction des aspects « Impact » dans les soumissions aux appels à projets Horizon Europe a été organisée par le club, le 19 mai 2021, avec plus d'une centaine d'inscrits et a été extrêmement appréciée des membres.



L'EXCELLENCE SCIENTIFIQUE DU CEREMA

AU SERVICE DE L'ÉCONOMIE FRANÇAISE ET DE SON ADAPTATION

AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

LA RECHERCHE CONTRACTUELLE BILATÉRALE POUR :



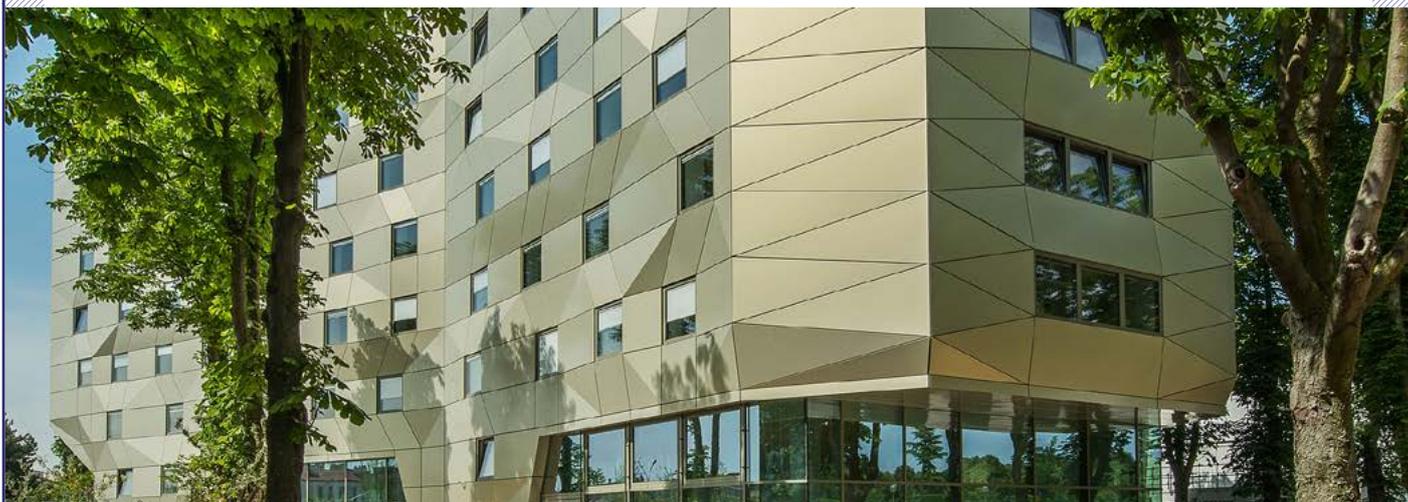
COLLECTIVITÉS

De la commune
à la région



ENTREPRISES

De la startup
à la multinationale



CHANGEMENT CLIMATIQUE : ADAPTATION AUX EFFETS, ATTÉNUATION DES CAUSES

Économie circulaire

TRANSITION

Sobriété

EXPÉRIMENTATION
en grandeur réelle

NATURE EN VILLE

Acceptabilité

Biodiversité

Bâtiment, quartier,
ville et réseaux

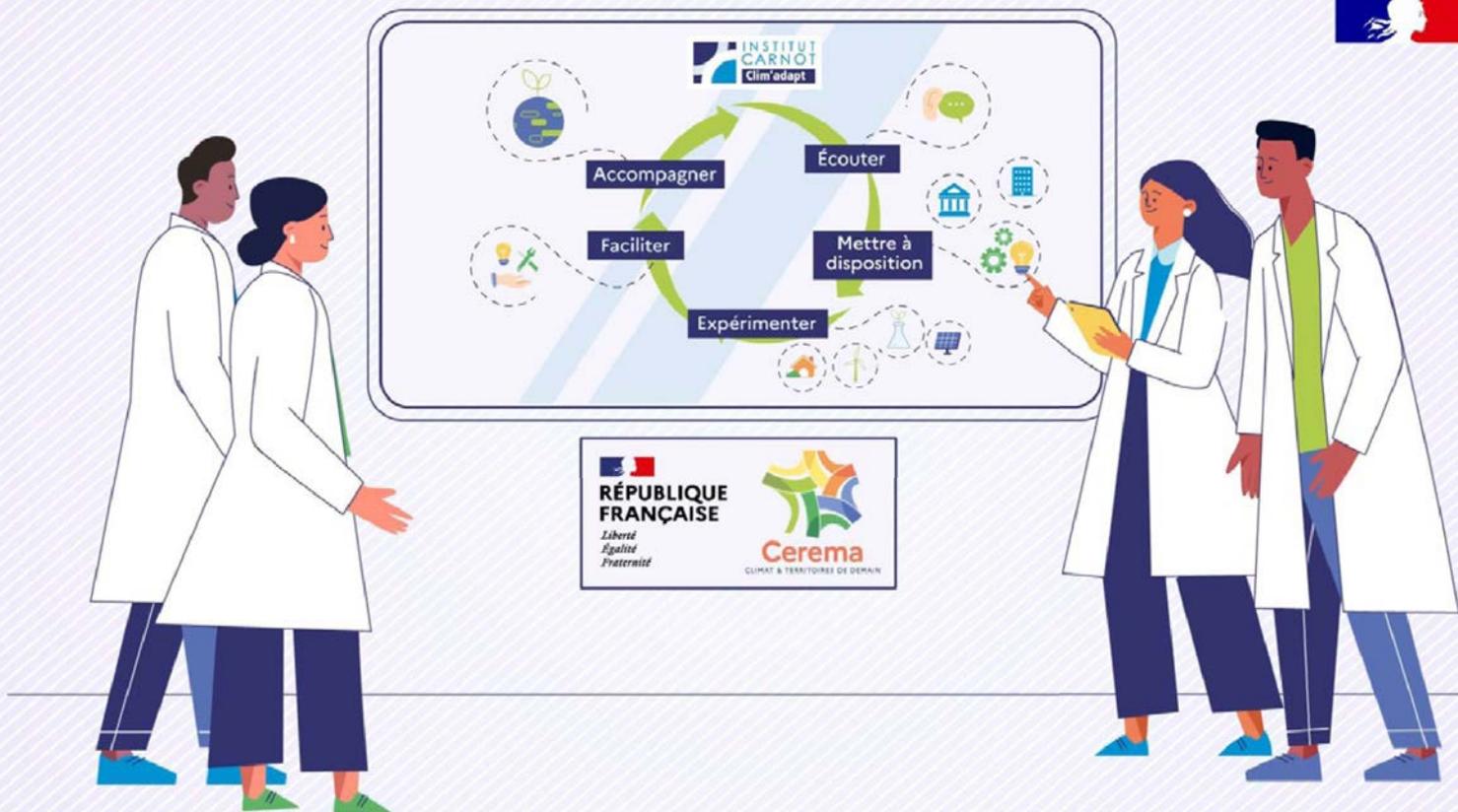
Prototype

Performance et durabilité

Risques naturels

Hydrologie urbaine

RÉSILIENCE



Comprendre, en vidéo et en moins
de 2 minutes, l'activité de Clim'adapt,
l'institut Carnot du Cerema



SUIVEZ-NOUS !



@CarnotClimAdapt



@Clim'adapt

cerema.fr [Institut Carnot Clim'adapt](https://www.institut-carnot.fr)

Création graphique : Cerema - Août 2022

Crédits photo : © AdobeStock ; AiCarnot ; APRR ; ATMB ; Cerema ; Colas - Julien Gazeau ; DR ; Freepik ; Geocorail ; GettyImages ; iStock ; Lhoist ; Peech Studio ; Pexels ; Région Île-de-France, Philippe Ayrault, ADAGP, 2017 ; StonArt

Vous avez une question, un besoin, l'envie de travailler avec nous ?

N'hésitez pas à partager avec nous votre problématique scientifique, nous aurons plaisir à y réfléchir avec vous.

POUR NOUS CONTACTER :



Thierry BRAINE-BONNAIRE

Directeur de l'institut Carnot Clim'adapt
07 62 84 99 94
thierry.braine-bonnaire@cerema.fr



Sonia CHAUVIN

Chargée de mission auprès du directeur
07 60 00 99 29
sonia.chauvin@cerema.fr



Fanny TOMASZEK

Chargée de marketing et communication
07 64 38 73 28
fanny.tomaszek@cerema.fr



Vous pouvez également nous écrire à climadapt@cerema.fr

ou utiliser le formulaire de contact : www.cerema.fr Rubrique Institut Carnot Clim'adapt

