



2023

RAPPORT **D'ACTIVITÉS**

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



Sommaire



- 4** // Édito du directeur
- 5** // Le réseau des Carnot®
- 9** // Le Carnot Eau & Environnement
- 15** // Les temps forts
- 21** // Les collaborations
- 25** // Les projets financés par le Carnot®



Édito

Par STÉPHANE RUY

Directeur du Carnot Eau & Environnement

Ayant rejoint l'équipe opérationnelle du Carnot Eau & Environnement en janvier 2024, c'est avec beaucoup de plaisir que je prends pour la première fois la plume pour introduire le rapport d'activités 2023 de cet institut Carnot centré sur les problématiques de l'eau.

Créé en 2020 sous l'impulsion de Elisabeth Vidal, le Carnot Eau & Environnement a l'ambition, par ses activités, de contribuer à répondre aux enjeux d'une gestion durable et partagée de l'eau pour satisfaire aux besoins des activités humaines et du bon état des milieux aquatiques. Pour toute l'équipe de gestion et de pilotage du Carnot Eau & Environnement, rapprocher les compétences académiques des scientifiques membres du Carnot avec les besoins des partenaires socio-économiques dans toute leur diversité est la meilleure stratégie pour transformer en innovations les nombreux résultats scientifiques issus de la recherche et répondre ainsi à son ambition. Depuis 2020, toute l'équipe du Carnot s'est mobilisée autour de cet objectif en allant au-devant des besoins des entreprises et en sensibilisant les scientifiques à la recherche collaborative avec les partenaires socio-économiques, avec de beaux résultats présentés dans le précédent rapport d'activités. Au nom des membres du Carnot, je remercie Elisabeth pour l'impulsion qu'elle a pu donner à ce collectif et lui souhaite une égale réussite dans ses nouvelles fonctions à l'Agence de l'Eau RMC qu'elle a rejoint en décembre 2023.

L'année 2023 a de nouveau mis en visibilité la nécessité de gérer différemment la ressource en eau et de développer la résilience des activités humaines face aux extrêmes climatiques. De nombreuses alertes sur la présence de nouveaux polluants dans les eaux de surface et souterraines (PFAS, métabolites de pesticides, micropolluants...) amènent le grand public à s'interroger sur la qualité de l'eau distribuée au robinet, alors que le coût des traitements supplémentaires pour potabiliser l'eau distribuée repose toujours sur les utilisateurs finaux. Des travaux récents, impliquant des scientifiques du Carnot, montrent que l'amélioration de la « bonne qualité des masses d'eau », attendue dans le cadre de la directive cadre européenne sur l'eau, marque une pause à l'échelle européenne, la baisse de la ressource hydrique disponible se combinant aux problématiques de contaminations chimiques ou microbiologiques. Les épisodes de sécheresse hivernales en 2022 et 2023 ont conduit à une baisse drastique du niveau des nappes en France, entraînant des restrictions d'usage de l'eau dans de nombreux départements et des difficultés d'alimentation en eau potable dans de trop nombreuses communes. Après ces épisodes de manque d'eau, le mois de novembre 2023 a été marqué par des pluies intenses qui ont conduit à des inondations répétées sur certains territoires du nord de la France, et à des crues majeures (Arve, Isère) dans les Alpes.

Face à ces enjeux, une réponse politique ambitieuse a été apportée par le lancement du Plan eau en mars 2023, proposant sobriété dans les usages et partage de la ressource, résilience des infrastructures, restauration de la qualité des écosystèmes, développement de l'usage d'eaux non conventionnelles en général et de la « ReUt » en particulier en tirant partie de l'évolution réglementaire d'août 2023...

Ces priorités sont clairement alignées sur les axes stratégiques du Carnot Eau & Environnement et avec ses dernières réalisations, que l'équipe opérationnelle a le plaisir de vous faire découvrir dans ce rapport d'activités 2023.

Très bonne lecture à toutes et tous !



Le 
réseau
des Carnot®

Le réseau des Carnot®

Le pont entre la recherche et l'entreprise

Les Carnot® sont des structures de recherche publique françaises, labellisées par le Ministère de la recherche et de l'enseignement supérieur pour leur capacité à mener des projets de recherche partenariale au service de l'innovation avec des entreprises. Ils s'engagent à développer leur activité de recherche partenariale au service de l'innovation des acteurs socio-économiques et des entreprises, de la PME au grand groupe.

La mission des Carnot® : préparer l'avenir industriel et économique en accompagnant les entreprises dans leur transformation, en leur facilitant l'accès à la R&D pour leurs projets d'innovation.

Le label Carnot®, gage d'excellence

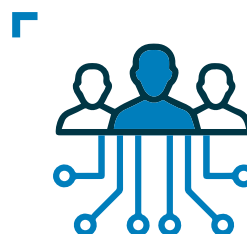
Depuis 2006, le label Carnot® a pour **vocation de développer la recherche partenariale**. Il est un véritable levier pour accompagner les transitions écologiques, énergétiques, économiques et sociétales des acteurs socio-économiques.

Le Label Carnot® est également **une garantie d'excellence scientifique, de professionnalisme et la garantie d'une relation partenariale privilégiée**.

Pour être labellisé, chaque Carnot® doit répondre à un niveau d'exigence élevé selon des critères précis : une activité de recherche soutenue, un volume important de contrats de R&D avec les entreprises et autres acteurs socio-économiques, une stratégie de recherche établie sur des thématiques bien identifiées et cohérentes par rapport aux besoins des secteurs économiques ciblés.

Le réseau des Carnot®, acteurs incontournables de la R&D

Les Carnot® constituent la **première force de recherche publique capable de se mobiliser sur tous les fronts de la R&D** pour accompagner la relance et la souveraineté économique de la France par l'innovation. C'est en travaillant en étroite collaboration avec l'écosystème de l'innovation que les Carnot® identifient les problématiques des entreprises pour anticiper et répondre à leurs besoins.



Le Réseau
des Carnot

Le réseau des Carnot®



39

Carnot® Implantés
dans toute la France



20%

des effectifs
de la Recherche
publique



35 000

professionnels
de la recherche en ETP
dont 10 000 doctorants



1/3

des thèses CIFRE
réalisées dans un Carnot®

Recherche contractuelle avec les entreprises

600M€

Recherche publique financée par les entreprises confiée au réseau

55%

La mobilisation des Carnot® au service des filières

Dans un contexte de grandes mutations technologiques, sociétales et environnementales, le monde socio-économique se structure.

Afin de renforcer leur capacité à répondre aux attentes industrielles, exprimées notamment par les Comités Stratégiques de Filières, et aux grands défis identifiés par l'État au travers des Stratégies d'accélération et du plan d'investissement France 2030, **les Carnot® s'organisent collectivement pour co-construire, mutualiser, mettre en synergie leurs expertises et leurs ressources.**

Cette organisation, souple et agile, mobilise des collectifs de Carnot® qui se fixent des objectifs ambitieux en se focalisant sur un secteur économique parmi lesquels l'**AgriFood et FoodTech** ou la **Ville durable** auxquels participe activement le Carno Eau & Environnement.

En mutualisant leurs expertises, les Carnot apportent des réponses R&D aux défis auxquels doivent faire face les entreprises des secteurs économiques concernés par ces thématiques.

L'objectif principal de ce travail en réseau est d'apporter plus de valeur en réponse aux défis des entreprises d'un secteur économique, en favorisant les synergies.



Stéphane RUY
Directeur du Carnot
Eau & Environnement

"Les entreprises ont des besoins complexes qui nécessitent parfois des compétences vastes. Cette structuration pluridisciplinaire permet de co-construire, mutualiser, mettre en synergie nos expertises pour apporter des réponses R&D aux entreprises d'un même secteur."





Le Carnot®
Eau &
Environ-
nement

Le Carnot Eau & Environnement

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

Labellisé en 2020, le Carnot Eau & Environnement rassemble des unités de recherche et un centre de ressources technologiques organisés pour répondre aux besoins de R&D des partenaires socio-économiques, collectivités et entreprises, acteurs du secteur de l'eau et usagers de la ressource en eau.



Notre mission

Permettre aux entreprises et aux collectivités d'innover pour une approche globale du cycle de l'eau.



Nos axes stratégiques

Pour répondre aux besoins d'innovation des entreprises, le Carnot Eau & Environnement a organisé les compétences de son réseau selon 4 axes stratégiques en lien avec les enjeux du secteur de l'eau.



Surveillance de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques
Étude des milieux aquatiques pour préserver leur biodiversité

Dans ce cadre, les chercheurs évaluent par exemple l'impact des espèces invasives, étudient les sources et les dynamiques des pollutions et les effets (éco)toxicologiques des contaminants, ou encore conçoivent des techniques de caractérisation et de traçage des contaminations par les micropolluants notamment (chimiques, métalliques, plastiques).



Constitution de nouvelles ressources en eau
Améliorer la gestion de l'eau pour mieux la partager

Les chercheurs produisent des connaissances sur l'évolution quantitative de la ressource dans les rivières, les aquifères... Ils recherchent des solutions pour renouveler la ressource comme la réutilisation des eaux usées traitées (REUT) ou encore la recharge de nappes.



Optimisation des infrastructures hydrauliques
Rendre les ouvrages hydrauliques plus durables

Les projets de recherche portés par les unités du Carnot® portent sur la restauration et la renaturation des cours d'eau et des aménagements hydrauliques. Le Carnot® dispose d'une expertise unique pour l'étude de la fiabilité et des performances des ouvrages de protection (digues, barrages) et des réseaux d'eaux potables et d'assainissement. La conception de solutions fondées sur la nature fait actuellement l'objet de plusieurs projets de recherche.



Gestion des risques naturels
Protéger les populations des aléas climatiques extrêmes

Pour protéger les populations des aléas climatiques extrêmes, les unités de recherche se mobilisent pour développer des modèles, permettant de prévenir les risques induits par les inondations, crues, avalanches, sécheresse, les chutes de blocs... dans des contextes urbains ou naturels. Ils conçoivent également des outils d'aide à la concertation et à la décision pour gérer ces risques.

Notre équipe

Fin 2023, l'équipe du Carnot Eau & Environnement a évolué après le départ de sa Directrice Élisabeth VIDAL, qui avait porté jusqu'ici la gestion du Carnot. Elle travaillait en **étroite collaboration avec Mohamed NAAIM**, Président du Comité de pilotage depuis la création du Carnot en 2020, qui maintient ses fonctions auprès de **Stéphane RUY**, **nouveau Directeur opérationnel**. Aux côtés de Stéphane RUY, une **équipe opérationnelle assure la gestion des projets et l'interface avec les unités de recherche**, les tutelles, les partenaires et le réseau des Carnot depuis fin 2022 : **Sophia MURAT EL HOUDIGUI** et **Noémie VOYAZOPOULOS**



Mohamed NAAIM
Président du Comité de pilotage



Stéphane RUY
Directeur opérationnel



Sophia MURAT EL HOUDIGUI
Chargée d'affaires



Noémie VOYAZOPOULOS
Chargée de communication

La gouvernance

COS

Le Comité d'Orientation Stratégique a pour objectif de capter les grandes tendances et les signaux faibles des industriels, afin de mettre en place des projets de recherche fondamentale centrés sur les attentes de demain. Il regroupe donc une vingtaine de membres, représentants du monde socio-économique et partenaires du Carnot Eau & Environnement. Il se réunit une fois par an.

COPIL

Le Comité de Pilotage, présidé par Mohamed NAAIM, également chef du département des sciences aquatiques d'INRAE, est garant des orientations stratégiques et scientifiques du Carnot Eau & Environnement. Il regroupe donc les représentants des différentes tutelles du Carnot Eau & Environnement. Il se réunit environ 5 fois par an.

Nos composantes

Le Carnot Eau & Environnement rassemble 11 unités de recherche sous tutelles issues de 7 organismes publics INRAE, CNRS, IRD, INSA, Aix-Marseille Université, Université de Montpellier, Université Savoie Mont-Blanc – ainsi qu'un centre de ressources technologiques : l'Institut de la Filtration et des Techniques Séparatives.

11

Unités
de recherche

7

Organismes
publics
concernés

1

Centre
de ressources
technologiques

Des unités de recherche réparties dans toute la France



Nos tutelles

Le Carnot Eau & Environnement est porté par 7 tutelles académiques et 1 Centre de Ressources Technologiques (l'IFTS), oeuvrant dans des problématiques liées à l'eau et à la gestion de la ressource :



INRAE, premier organisme de recherche spécialisé dans l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, accompagne l'émergence de systèmes agricoles et alimentaires durables.

➤ INRAE copilote le PEPR exploratoire OneWater, Eau Bien Commun aux côtés du CNRS et du BRGM. L'institut anime le projet Explore2 soutenu par le ministère de la Transition écologique et l'OFB, qui fournit des projections hydroclimatiques en métropole à une échelle spatiale très fine.



Akteur majeur de la recherche fondamentale à l'échelle mondiale, le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) est le seul organisme français actif dans tous les domaines scientifiques.

➤ Le CNRS a lancé une cellule dédiée à l'eau en 2021, et copilote le PEPR exploratoire OneWater, Eau Bien Commun aux côtés d'INRAE et du BRGM.



Plus grande université francophone pluridisciplinaire, Aix-Marseille Université (AMU) abrite 122 structures de recherche en lien avec les grands organismes de recherche nationaux.

➤ À l'occasion de la Journée mondiale de l'eau 2023, AMU a organisé une conférence-débat sur les enjeux de l'eau en milieux urbain et rural.



Le Groupe INSA (Institut national des sciences appliquées), composé de 7 campus et de 6 écoles partenaires, est le premier réseau des grandes écoles d'ingénieurs publiques françaises.

➤ L'INSA Lyon et les écoles du Groupe INSA sont engagées dans la Convention des entreprises pour le Climat (CEC), dans le but de faire émerger de nouveaux modèles.



Avec une offre de formation pluridisciplinaire et 18 laboratoires de recherche reconnus sur plan international, l'Université Savoie Mont Blanc (Chambéry) est un établissement à taille humaine qui conjugue proximité et ouverture sur l'international.

➤ L'USMB a obtenu le label « Campus Durable en ville durable » du dispositif « Agir Ensemble » sur la base du plan d'actions proposé autour de trois thèmes principaux : la végétalisation, la mobilité et la sobriété.



L'Institut de recherche pour le développement (IRD) est un organisme de recherche public français pluridisciplinaire engagé dans des partenariats équitables avec les pays du Sud et dans les Outre-mer français, afin de répondre aux défis globaux auxquels les sociétés et la planète font face.

➤ L'institut est fortement impliqué dans des événements tels que le Forum Mondial de l'Eau ou One Water Summit.



Les chercheurs de l'Université de Montpellier (UM) inventent des solutions pour demain, au service de l'Homme et de son environnement. En collaboration étroite avec les organismes de recherche, ils bénéficient de plateformes technologiques de haut niveau.

➤ L'UM, alliée avec le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation et l'UNESCO, a créé le Centre International UNESCO ICIREWARD, unique Centre UNESCO de recherche et de formation dédié à l'eau continentale en France, il compte parmi les plus importants au niveau international.



L'IFTS dispose d'un parc de moyens d'essais à la pointe de la technologie et d'une excellente équipe de scientifiques. Ils accompagnent les industriels du monde entier dans leurs projets de séparation liquide-solide et dans leurs activités de traitement de l'air ou d'épuration des gaz.

➤ L'IFTS est fortement impliqué dans le pôle régional Eau et Climat en Nouvelle Aquitaine permettant la promotion et la valorisation des savoirs sur l'eau et l'adaptation au changement climatique.

Les chiffres clés

Le Carnot Eau & Environnement

300

Nombre de personnel de recherche

Chercheurs, ingénieurs et
techniciens permanents

109

Doctorants par an
dont 16 thèses CIFRE



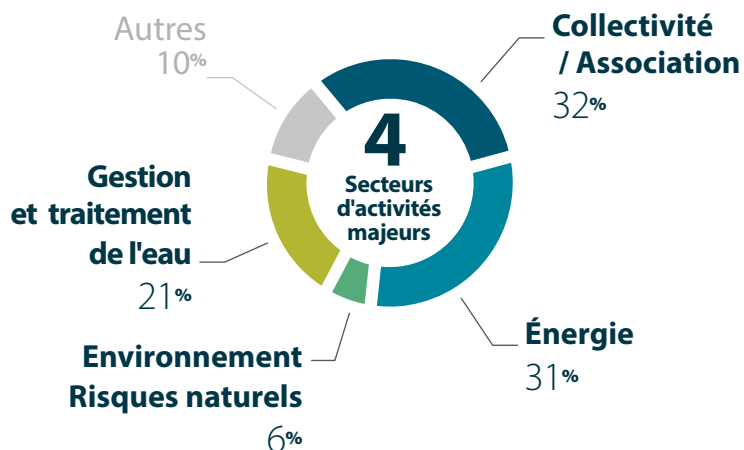
80

Post-doctorants
& ingénieurs
mobilisés sur des projets
de recherche

650

Publications scientifiques
en moyenne par an

Principaux secteurs d'activités



Les activités du Carnot®

 **95**

Entreprises rencontrées
en 2023

 **150**/an

Contrats actifs financés
par des partenaires
socio-économiques

Le budget annuel

49 M€

Les recettes partenariales

13 M€

Recettes avec partenaires socio-économiques

4 M€



Les
temps
forts

Rétrospective

Quelques événements 2023 autour de grands sujets de recherche comme la Réuse, les Micropolluants, la Gestion des eaux pluviales ou encore l'Empreinte eau.

Carrefour des Gestions Locales de l'Eau 24 & 25 janvier • Rennes

Le Carnot Eau & Environnement expose pour accueillir entreprises et collectivités souhaitant développer des projets de R&D, et échanger sur la crise de l'eau, sujet central de cette 24^e édition.



Forum national des éco-entreprise 06 avril • Paris

Organisé par le PEXE, ce RDV national de la filière est l'occasion de rencontrer des entreprises porteuses de solutions ou à la recherche de moyens pour développer des projets innovants. Elisabeth VIDAL, Directrice du Carnot Eau & Environnement, s'est exprimée au micro du podcast Industrie du futur, pour présenter les thématiques de recherche des laboratoires Carnot et les solutions proposées.

Journée Technique Nationale polluants et eau potable 27 juin • Paris

Le Carnot soutient la Journée Technique sur les polluants chimiques et l'eau potable, organisée par Hydréos du Pôle France Water Team et y assiste aux côtés de 3 chercheurs : Julien TOURNEBIZE (HYCAR), Christelle MARGOUM (RIVERLY) et Laurence PAYRASTRE (ToxAlim).

Colloque de l'ASTEE 5>8 juin • Nice

Participation active en tant qu'acteur de l'eau aux côtés des partenaires du secteur pour cette édition sur « Le métabolisme des territoires dans un contexte de transition écologique ».

**nôva
TECH**
L'eau dans la ville | Urban water

Novatech 3>7 juillet • Lyon

Plusieurs chercheurs membres du Carnot interviennent sur cette conférence internationale organisé par le Graie, Pôle Eau & Territoires pour promouvoir des solutions en faveur d'une gestion intégrée et durable des eaux pluviales.

PRIX & RÉCOMPENSES dans nos unités

**Prix de l'union Européenne
pour la science citoyenne
Mention d'honneur**

Le projet DRYRivERS, mené en partie par Amélie Truchy de l'unité RIVERLY a été récompensé par le jury du prix de l'Union européenne pour la science citoyenne 2023. Cette application pour Smartphone permet de surveiller les rivières intermittentes et les ruisseaux éphémères en collectant des informations sur les événements d'assèchement grâce aux citoyens.



Prix IFPEN-ANRT

Julie FIGUERAS, doctorante de l'unité de recherche DEEP (INSA) a reçu un prix pour sa thèse "Biomethanation du syngas, étude cinétique et mise en oeuvre à l'échelle pilote", qui consiste à valoriser des déchets solides en gaz renouvelable.

SUCCES STORIES 2023



11/07/2023

Elisabeth Vidal,

Directrice du Carnot Eau & Environnement est élue au Conseil d'administration de l'Association des Instituts Carnot aux côtés des 14 membres pour un nouveau mandat



04/09/2023

Signature d'un LPA

entre CARRETEL (INRAE) du Carnot Eau & Environnement et la société Scimabio interface



11/10/2023

Signature d'un LPA

entre RIVERLY (INRAE) du Carnot Eau & Environnement et la société BIOMAE sur Pollutec



Séminaire empreinte eau 12 septembre • Montpellier

Organisé par le Carnot, cette journée permet de soulever de nombreuses questions autour de la notion d'« empreinte eau », d'échanger sur les outils existants et les solutions à envisager.



Rendez-Vous Carnot 18>19 octobre • Lyon

Le rendez-vous incontournable de la R&D pour les entreprises qui souhaitent innover, dans n'importe quel secteur d'activité, et l'occasion de répondre à leurs problématiques.



Colloque ACV 3 octobre • Le Tholonet

Organisé par l'AFEID, la SCP, la Chaire ELSA-PACT et INRAE, ce colloque consacré à « la place de l'ACV dans la gestion de l'eau et l'aménagement du territoire » est soutenu par le Carnot Eau & Environnement, et réunit les acteurs clés des domaines scientifiques, techniques, institutionnels et politiques pour échanger sur ce sujet crucial de transition.



Salon POLLUTEC 10>13 octobre • Lyon

Aux côtés d'INRAE et du Carnot 3BCAR, le Carnot Eau & Environnement expose sur cet événement international les dispositifs de recherche et d'innovation de ses unités. 4 jours pendant lesquels les chercheurs et experts présentent leurs travaux et réalisent des démonstrations.



Prix Tremplin ASEAN



Sylvie Manguin, de l'unité HydroSciences Montpellier (IRD), est lauréate du Prix Tremplin ASEAN de l'Académie des Sciences.



Présentation au colloque EcotoxicoMicYR



Caroline Roux, de l'unité EABX (INRAE), a reçu le prix de la meilleure présentation flash du colloque EcotoxicoMicYR, pour sa présentation intitulée « Impacts of artificial light at night and chemical pollution on aquatic biofilm ».

Les faits marquants des unités du Carnot

Des compétences au service de la recherche

Les chercheurs du Carnot conduisent des actions remarquables couvrant un large éventail de thématiques dans le secteur de l'eau, et publient des études ou des articles permettant de faire avancer la recherche. Voici quelques exemples de réalisations en 2023



RECOVER

**Subvention
de 2 projets européens**

L'équipe G2DR de l'UMR RECOVER est partenaire de deux projets européens, BECCA et BIGALPS, ayant obtenu au cours de l'été 2023 des réponses positives à leur appel à projet respectif.

Le projet BECCA (Réservoirs écologiquement durables et sûrs conçus pour l'adaptation au changement climatique) est financé dans le cadre de l'appel à projet européen Interreg VI-A France-Italie (ALCOTRA).

Le projet BIGALPS (Bio Inspired Geotechnical Applications to launch Pan-european Solutions), impliquant l'UTC en Roumanie (chef de file) et l'EPFL en Suisse, est financé par l'appel à projet Horizon-EIC-Transition. L'implication de l'équipe de RECOVER a été rendue possible grâce à la plateforme Digue2020 dont elle dispose et qui servira ici de site pilote. Digue2020 est instrumenté par la plateforme de recherche technologique géomécanique, en partie financée par le Carnot Eau & Environnement.



RIVERLY

**Finalisation d'une mallette
pédagogique pour le jeu CAUSERIE**

Le jeu sérieux CAUSERIE est un outil d'aide à la concertation mis au point par l'équipe Pollutions Diffuses de l'unité RIVERLY. Cet outil a été en partie financé grâce au Carnot Eau & Environnement, et permet de faciliter les échanges entre les différents acteurs d'un territoire pour reconquérir la qualité de l'eau, afin de limiter la contamination par les pesticides. En 2023, les chercheurs ont finalisé la mallette pédagogique et mis en place des partenariats avec Eau de Paris, des Lycées agricoles ou encore Eau & Vilaine.



REVERSAAL

**Publication du Panorama
de la réutilisation des eaux usées
traitées en France en 2022**

Les équipes de REVERSAAL, avec le soutien de l'OFB, ont publié le un état des lieux de la REUT en France en 2022 intégrant les évolutions depuis 2017. Le périmètre de l'étude est centré sur les projets de REUT impliquant une station de traitement des eaux usées en assainissement collectif même s'il recense également des ouvrages dans le domaine privé.



HYCAR

**Démarrage
du projet DRHYM**

Ce projet qui durera 4 ans est mené par l'équipe HYDRO de l'unité HYCAR (projet mono-équipe), et soutenu par l'ANR. L'objectif général du projet DRHYM est d'explorer le potentiel des modèles hybrides basés sur des données pour les applications hydrologiques et de démontrer leur valeur ajoutée dans des études de cas réels. Les principaux résultats du projet seront un cadre méthodologique pour le développement de modèles hybrides en hydrologie, une nouvelle génération de modèles GR et des codes open-source à partager avec la communauté des utilisateurs finaux.



HSM

**Déménagement et mise à jour
de la plateforme PONTEM**

Désormais au sein de la plateforme MAMMA (Montpellier Alliance for Metabolomics and Metabolite Analysis), le plateau technique PONTEM (Platform Of Non Target Exposomics and Metabolomics) développe et propose des services pour l'analyse des micropolluants organiques dans l'eau et les organismes aquatiques. Le Carnot Eau & Environnement a impulsé la mesure de l'exposome chimique par approche ciblée ou non ciblée dans des matrices environnementales.



IGE

ETNA rejoint IGE pour former une unité mixte de recherche

L'Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) est un laboratoire public de recherche en Sciences de la Planète et de l'Environnement, né de la fusion des unités de recherche LGGE (Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement) et LTHE (Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement). En 2023, l'unité de recherche ETNA (Érosion Torrentielle Neige et Avalanche), membre du Carnot Eau & Environnement, rejoint l'IGE pour former une unité mixte de recherche au sein de l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble.



IFTS

Organisation d'un congrès mondial sur l'eau et la ville

L'IFTS a organisé du 13 au 15 septembre 2023 la 11^{ème} conférence biennale de l'IWA (The International Water Association). Programmé à Bordeaux sur le thème l'Eau et la ville, l'objectif de ce congrès était d'être attentif aux meilleures pratiques françaises et internationales et aux capacités à innover en la matière.



CEREGE

La parole à un chercheur du CEREGE dans un podcast France Info

Nicolas Roche, professeur à Aix-Marseille université et chercheur au CEREGE, était interrogé au micro de France Info au sujet du Plan Eau, des questions de sécheresse et des usages de l'eau. Il a ainsi plaidé en faveur de la sobriété et la fin du concept de « ressource illimitée ».

Le podcast ainsi qu'un article sont disponibles sur le site de France Info : Plan Eau « Il faut complètement changer son rapport à l'eau », Nicolas Roche, France Info podcast.



DEEP

Intervention des chercheurs DEEP au journal télévisé France 2

Face aux épisodes d'inondation de plus en plus fréquents, Frederic Gogien et Gislain Lipeme Kouyi, chercheurs hydrologues de l'unité DEEP, sont intervenus au JT de 20h de France 2 pour parler des limites des réseaux lors de pluies intenses et proposer des solutions issues de leurs recherches. Ces solutions qui pourraient être mise en place dans les villes les plus touchées par ces phénomènes.



CARTEL

Organisation d'un symposium sur les corégones

En septembre 2023, l'unité CARTEL organisait à Évian-les-Bains, au bord du Léman, le 15^{ème} symposium international sur le corégone, poisson plus connu localement sous le nom de féra. Ce congrès est organisé tous les trois ans, les précédents ayant eu lieu en Finlande et aux États-Unis. Conférences et ateliers étaient au programme pour en savoir plus sur ce poisson vivant dans l'hémisphère nord et partager les informations sur les dernières avancées dans les domaines de la biologie, de l'écologie, de l'évolution, la gestion et l'aquaculture des corégones.



EABX

Les chercheurs de l'unité EABX s'expriment dans l'émission BRUT

L'équipe FREEMA (Fonctionnement et à la Restauration des Écosystèmes Estuariens et des populations de Migrateurs Amphihalins) d'EABX a été filmée pour un reportage du média BRUT qui s'intéresse aux esturgeons européens : dans le cadre du programme de recherche en appui à la conservation et à la restauration de l'esturgeon européen, *Acipenser sturio*, EABX mène des échantillonnages dans l'estuaire de la Gironde afin d'évaluer l'état de la population soutenue, l'efficacité des pratiques de repeuplement et plus largement d'améliorer les connaissances sur l'espèce.



ETTIS

Publication du rapport GePaME 2023 en partenariat avec la société Wallonne des eaux

SWDE et INRAE se sont associés pour conduire des travaux de recherche dans le domaine de la gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable, en menant le projet « Gestion Patrimoniale Multi-Echelles des réseaux d'eau potable » (GePaME) pour une durée de trois ans, démarré le 1^{er} septembre 2020. Il s'agit d'une collaboration de recherche interdisciplinaire qui s'intéresse à la compréhension du processus de fuite, à l'aide à la sélection multi-objectifs et à la simulation long terme de stratégies de gestion patrimoniale des réseaux.





Les collaborations

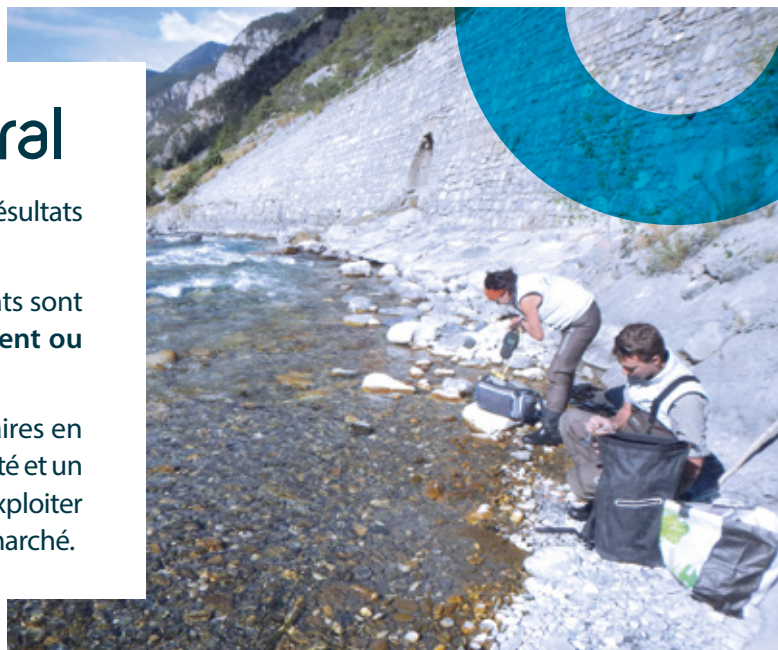
Les différentes formes de collaborations

Projet contractuel bilatéral

Il est construit à partir d'un besoin de l'entreprise et/ou de résultats des chercheurs intéressants les activités de l'entreprise.

Le programme, le financement et la propriété des résultats sont définis dans un contrat. **Le projet est financé totalement ou partiellement par l'entreprise.**

La propriété des résultats est partagée entre les partenaires en fonction de leurs apports respectifs. Un accord de copropriété et un contrat de licence sont établis afin que l'entreprise puisse exploiter les résultats obtenus dans des conditions adaptées à son marché.



Thèse CIFRE

Ce dispositif de l'ANRT permet de financer un doctorant co-encadré par une unité de recherche publique pour la réalisation d'un programme de recherche réalisé en partie au sein de l'entreprise et du laboratoire.

ISL INGENIERIE RECOVER

Thèse CIFRE d'une doctorante encadrée par le laboratoire RECOVER (INRAE), ayant réalisé ses travaux en partie au sein de la société ISL Ingénierie. La thèse portait sur le développement de méthodes d'apprentissage profond pour la modélisation des conséquences extrêmes d'une inondation.



Laboratoire commun

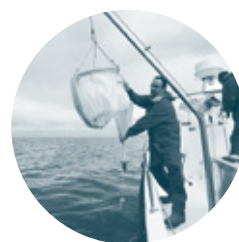
Une entreprise et un laboratoire de recherche mutualisent des moyens de recherche pour mettre en œuvre une feuille de route de recherche et d'innovation commune. Les résultats sont exploités par l'entreprise.

LABORATOIRE PARTENARIAL ASSOCIÉ RIVERLY/BIOMAE

Partenariat du laboratoire d'écotoxicologie de l'unité RIVERLY (INRAE) avec la société Biomae pour mener des recherches sur la contamination chimique des organismes et des populations aquatiques en eau douce. Ce partenariat permet de développer des méthodes pour évaluer la toxicité des polluants et diagnostiquer la contamination dans les milieux aquatiques, en utilisant notamment le gammare, un crustacé amphipode d'eau douce, comme espèce sentinelle.

LABORATOIRE PARTENARIAL ASSOCIÉ CARTEL/SCIMABIO INTERFACE

L'unité CARTEL (Université de Savoie Mont-Blanc, INRAE) et la société Scimabio interface ont décidé de mutualiser leurs compétences scientifiques et de créer le Laboratoire Partenarial Associé « Inn-Eau-vaTOOLS ». Ce laboratoire commun est dédié au développement d'outils innovants, en particulier à partir d'approches moléculaires, permettant d'améliorer les diagnostics de fonctionnalité écologique des lacs et rivières.



Collaboration simple

Une entreprise fait appel à un laboratoire pour répondre à un besoin ponctuel et finance totalement ou partiellement les travaux de recherche. Un contrat définit le programme de travail, les moyens spécifiques affectés par chaque partie, la propriété et la disponibilité des résultats.

ÉVALUATION DU FLUX DE CHARRIAGE

À l'aide d'un hydrophone en rivière : méthodologie d'étalonnage, recueil et analyse de données, puis établissement d'un premier bilan sédimentaire de la Drôme. Étude menée par l'unité de recherche IGE (INRAE), en collaboration avec la Compagnie Nationale du Rhône.

Projet de recherche collaborative

Il implique plusieurs partenaires publics et privés.

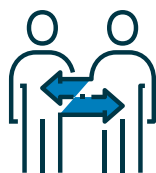
Le projet permet d'adresser plusieurs questions autour d'un objectif collectif. Il est formalisé par un accord de consortium. Il est souvent construit en réponse à un appel à projets financé sur fonds publics français ou européens.

La propriété des résultats est partagée entre les partenaires en fonction de leurs apports. Un modèle économique spécifique permet d'exploiter les résultats obtenus par l'ensemble des partenaires à la fin du projet.

PROJET DEM'EAUX THAU

Ce projet mené par l'unité mixte de recherche Hydrosiences Montpellier (CNRS, IRD, Université de Montpellier) étudie le fonctionnement hydrogéologique de l'hydrosystème karstique thermal littoral. Il est destiné à favoriser une gestion durable de la ressource en eau sur le bassin de Thau.

Financements : FEDER / Région Occitanie



Prestations d'essais ou d'études

Elles mobilisent des moyens originaux disponibles dans les **plateformes techniques** et l'**expertise associée** des chercheurs pour répondre au cahier des charges fournies par l'entreprise. L'entreprise est propriétaire des résultats des essais.

CENTRE D'ESSAIS ROGER BEN AÏM DE L'IFTS

Station de recherche et d'expérimentation qui permet la mise au point, l'évaluation et l'optimisation de procédés de traitement d'eau potable, d'eau brute et d'eaux usées ainsi que des procédés de valorisation des coproduits d'épuration. Cette plateforme est ouverte aux entreprises dans le cadre de prestation et de partenariats.



Conseil et expertise

Les **scientifiques du Carnot** peuvent mobiliser des approches et des **outils novateurs** pour répondre à des problématiques rencontrées par ses partenaires.

PARTICIPATION À UNE ÉTUDE CANADIENNE DESTINÉE À RÉDUIRE LES RISQUES LIÉS AUX COULÉES DE DÉBRIS

Guillaume Piton, chercheur de l'unité IGE (CNRS, Université Grenoble Alpes, INRAE, IRD, Grenoble INP), a été sollicité par BGC Engineering, le bureau d'études en charge de construire un ouvrage de protection contre les risques torrentiels sur la rivière Cheekye, au Canada, grâce à son expertise sur ces questions et la publication de ses nombreux travaux de recherche ces dernières années.







Les
projets
financés par
le Carnot®

Deux types de projets soutenus

Ressourcement scientifique



Ce sont des projets qui permettent de produire de nouveaux résultats et connaissances. Ils anticipent les demandes des partenaires socio-économiques et augmentent le potentiel de partenariat du Carnot Eau & Environnement. Ils sont conçus pour maintenir l'avance scientifique du Carnot Eau & Environnement par la production de nouvelles connaissances qui permettront, après la fin du projet, de construire de nouveaux projets avec des partenaires socio-économiques.

Préincubation transfert-innovation (PITI)



Ce sont des projets qui s'appuient sur des résultats existants. Ils permettent aux unités de conduire les actions qui conduiront dès la fin du projet à un projet partenarial ou à un transfert vers un partenaire socio-économique (preuve de concept, renforcement de la propriété intellectuelle, réalisation d'un prototype, étude de marché ou d'opportunité...).

EN
2023



269 K€

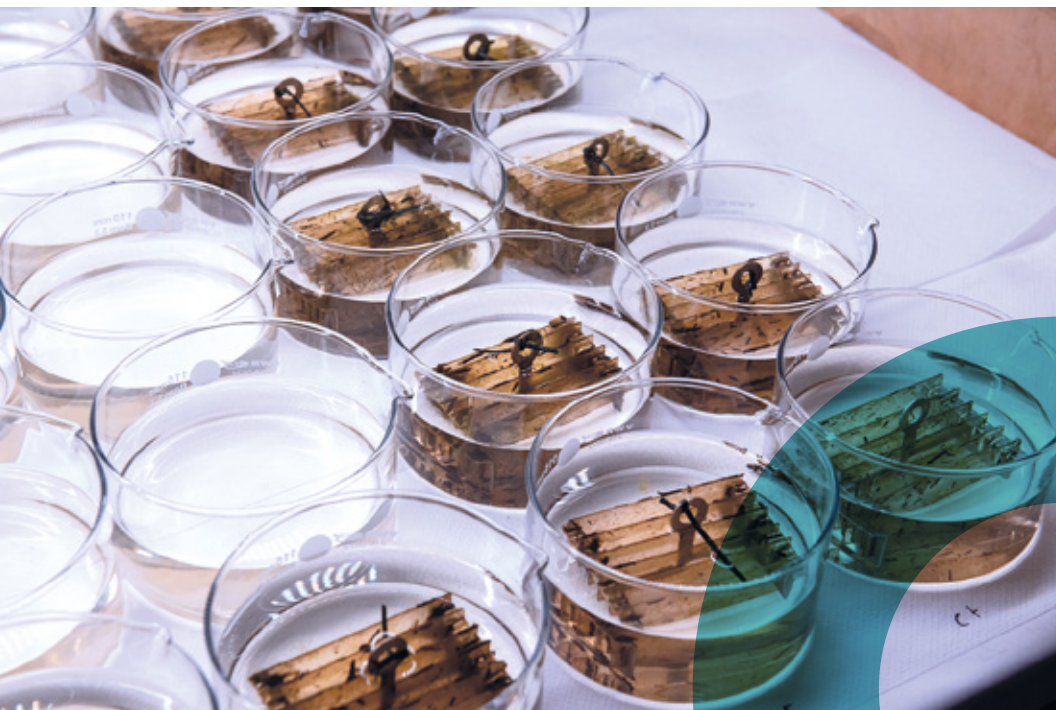
Montant des aides
alouées aux unités

Projets
de ressourcements
financés

3

Projets
PITI
financés

2



Projets innovants

Chaque année, le Carnot Eau & Environnement finance des projets de recherche portés par des chercheurs de ses composantes, grâce à l'abondement reçu de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR). Voici quelques projets au service des entreprises, financés par le Carnot Eau & Environnement en 2023.

Hydrafia

Hydrologie Africaine par Intelligence Artificielle

Le projet HYDRAFIA vise à proposer une application des outils d'intelligence artificielle à l'échelle de plusieurs régions Africaines pour la simulation des débits des cours d'eau, en tirant partie d'une base de données inédite des cours d'eau africains et d'un ensemble de données satellitaires de précipitations en open access. Il capitalise les développements sur les outils de machine learning réalisés dans l'unité mixte de recherche HSM (HydroSciences Montpellier) et son partenaire industriel SYNAPSE. Le but est de démontrer l'utilité de ces outils par rapport aux approches classiques de modélisation hydrologique dans le contexte africain, caractérisé par le manque de données hydrologiques et une dégradation des réseaux de mesure ces dernières décennies. Ce démonstrateur numérique aura un fort potentiel de valorisation auprès de partenaires académiques, notamment au Sud, pour l'utilisation des débits reconstruits sur de longues périodes, mais également auprès d'acteurs industriels pour la mise en place d'outils de suivi et de gestion des ressources en eau et des risques à l'échelle des bassins versants cibles.



Gestion
des risques naturels



Durée
18 mois
2023-2024



Porteur du projet PITI
Yves Tramblay



Unité impliquée dans ce projet
HSM

Buvard-MES

Outil en ligne de dimensionnement de bandes enherbées pour limiter le transfert d'eau, de matières en suspension et de pesticide

BUVARD est un outil de dimensionnement des bandes enherbées pour limiter le transfert des pesticides, disponible gratuitement *via* une interface Web. Cet outil prend en compte le contexte local d'implantation de la zone tampon, car les caractéristiques topographiques pédologiques et climatiques de la zone considérée influencent significativement l'efficacité de la zone tampon. Dans les versions précédentes de Buvard, une difficulté persiste pour caractériser correctement le sol de la zone d'implantation, point crucial pour bien dimensionner la zone tampon. L'objectif de ce projet est de s'appuyer sur les bases de données sol existantes afin d'accroître sa diffusion et son utilisation en guidant l'utilisateur dans la caractérisation des sols et à travers une interface cartographique intuitive. Cette nouvelle interface, qui facilite la mise en œuvre de l'outil, permet de considérer également l'abattement des flux de matières en suspension et de pesticides, augmentant nettement sa pertinence. L'ambition dans ce projet est de tester l'outil sur la Bretagne et de le déployer sur la région Grand-Est, en lien avec la Chambre d'Agriculture Grand-Est, puis d'explorer les conditions de son élargissement à la France entière. Il permettra alors aux animateurs territoriaux (conseillers agriculture-environnement ou syndicats de bassin versant) de dimensionner ces infrastructures agroécologiques dans le cadre de plans d'action. L'outil, très pédagogique, pourra également être utilisé dans le domaine de la formation agricole.



Surveillance de la qualité
de l'eau et des milieux aquatiques



Durée
18 mois
2023-2024



Porteuse du projet PITI
Claire Lauvernet



Unité impliquée dans ce projet
RIVERLY



SIBlocAlpes

Développement d'un système d'information dédié au risque rocheux dans les Alpes Françaises

Les bases de données événementielles recensant les chutes de blocs et leurs conséquences restent peu développées. Dans les Alpes françaises, un territoire particulièrement propice où les enjeux sont nombreux et diversifiés, un premier état des lieux a été réalisé par l'unité ETNA d'INRAE dans le contexte du Projet National C2ROP (2015-2020) qui a réuni l'essentiel de la communauté socio-économique, institutionnelle et académique du domaine. Cet état des lieux a montré que l'information existante est riche mais dispersée chez une multitude d'acteurs et très hétérogène en termes de variables enregistrées, de précision et de nature des supports. Le projet SIBlocAlpes vise à intégrer au maximum l'existant relatif à l'aléa et au risque rocheux dans un système d'information géo-référencé. Concrètement, il s'agit de poursuivre le dépouillement et l'intégration des événements des maîtres d'ouvrage (MOAs) qui ont contribué au premier état des lieux ; de dépouiller et d'intégrer l'information d'autres MOAs du territoire ; et d'étendre le périmètre de l'étude à quelques départements limitrophes. Le projet s'appuie sur l'expérience et le réseau C2ROP et l'expertise de l'unité ETNA en matière de risque rocheux, d'analyse des données d'archives et de systèmes d'information liés aux risques. Le système d'information développé inclura l'ensemble des événements géo-référencés et leurs caractéristiques sous des formats homogénéisés. L'information sera disponible pour toute étude ultérieure et constituera ainsi un outil précieux pour les chercheurs et les partenaires socio-économiques et institutionnels.



Gestion
des risques naturels



Durée
18 mois
2023-2024



Porteur du projet Ressourcement
Nicolas Eckert



Unité impliquée dans ce projet
IGE



Fidel

Expansion des Flux Issus des Débordements de résEaux Lors des inondations urbaines

Les inondations urbaines sont dues au ruissellement intense suite à un événement extrême, au débordement d'une rivière ou du réseau d'assainissement, ou à la combinaison des trois phénomènes. Le changement climatique, à l'origine de l'augmentation des événements extrêmes, et l'imperméabilisation accélérée des aires urbaines, sont des facteurs qui vont intensifier les processus à l'origine des inondations urbaines. Des outils de visualisation des écoulements existent, mais ne renseignent pas sur le devenir des flux en surface. L'objectif du projet FIDEL est de développer, tester et évaluer une plateforme numérique permettant de mieux appréhender le devenir des flux d'eau issus des débordements des réseaux d'assainissement dans les rues.

Il s'agit de représenter le flux vertical du réseau vers les rues à travers les regards d'assainissement ou les avaloirs ; coupler un modèle 2D d'écoulement en surface urbaine en s'appuyant sur l'expertise d'EDF ; et prendre en compte la présence de bâtiments et autres embâcles dans la rue grâce à une approche à porosité (Guinot, 2017). Un couplage TELEMAC 2D en surface et 1D en réseau sera développé et intégré au logiciel d'hydrologie urbaine CANOE (résolution des équations de Barré de Saint Venant), également soutenu par le Carnot. La plateforme ainsi développée sera testée en utilisant des configurations d'écoulement obtenues sur la plateforme hydraulique MURI (Maquette Urbaine pour l'étude des Risques d'Inondation) gérée par INRAE. Le livrable du projet est un module de visualisation des écoulements dans les rues lors d'inondations urbaines.



Gestion
des risques naturels



Durée
3 ans
2023-2026



Porteurs du projet Ressourcement
Gislain LIPEME KOUYI (DEEP)
& **Sébastien PROUST (RIVERLY)**



Unités impliquées dans ce projet
DEEP, RIVERLY

Sibraoc

Simulation Bidimensionnelle de la morphodynamique des Rivières Alpines : Optimisation par Couplage des lois de frottement et du tri granulométrique

Le caractère torrentiel des torrents et rivières de montagne (capacité à générer des changements géomorphologiques intenses et soudains sous la forme d'érosions et de dépôts de sédiments) génère des dommages particuliers et nécessitent des modes de gestion adaptés. L'étude de ces cours d'eau et la conception des ouvrages hydraulique qui les équipent a historiquement fait appel à des analyses expertes par des géomorphologues et à des études sur modèles réduits en canal. Ces approches ont des limites évidentes (précision, coût) et ne peuvent répondre à l'ensemble des questions que soulève la gestion des cours d'eau de montagne dans un contexte de changement climatique qui intensifie les crues et modifie la production des sources sédimentaires situées en milieu péri-glaciaire. Afin d'explorer ces nouvelles conditions émergentes, les outils numériques sont particulièrement adaptés. La modélisation numérique de tels phénomènes présente de nombreux défis (fortes pentes et forte énergie des écoulement, ségrégation des mélanges granulométriques, etc.) qui mettent en défaut les méthodes utilisées à l'heure actuelle, mises au point sur les cours d'eau de plaine. Un travail exploratoire récent a permis de démontrer un fort potentiel d'amélioration des modèles actuels en intégrant plusieurs composantes qui ont fait l'objet de recherches récentes mais surtout en intégrant un couplage entre hydraulique local et tri granulométrique local. Le projet SIBRAOC vise à explorer rigoureusement le potentiel de cette approche et à démontrer l'intérêt de modèles hydro-sédimentaires 2D intégrant des lois plus universelles pour l'étude de processus géomorphologiques complexes que sont les crues des cours d'eau de montagne à forte charge solide.



Gestion
des risques naturels



Durée
3 ans
2023-2026



Porteur du projet Ressourcement
Guillaume Piton



Unité impliquée dans ce projet
IGE



Les organismes tutelles



Directeur de la publication Stéphane RUY, Directeur du Carnot Eau & Environnement
Rédaction Noémie VOYAZOPOULOS
Création graphique ©Bird Idea | Mise en page ©Lilou.B
Crédits photo ©INRAE, ©Carnot Eau & Environnement, Freepik.com, Pxhere.com,
Christian Chauvin, Bertrand Nicolas





www.carnot-eau-environnement.fr