INSTITUT CARNOT ISIFoR

Rapport d'activité 2025-2026



15 ans
AU SERVICE
DE LA RI&D
DES GÉOSCIENCES
- BILAN

Sommaire

Édito 4

01 | ISIFoR : 15 années avec la recherche partenariale 8

02 | La RI&D partenariale des entreprises 14

03 | La recherche financée par ISIFoR 22

04 | Le Réseau des Carnot 36

05 | Les années 2025-2026 40

Remerciements 50

15 ans du Carnot ISIFoR

AU PLUS PRÈS DE LA RECHERCHE PARTENARIALE

2025 et 2026 ont sans doute été parmi les années les plus troublées de l'histoire des Carnot. Le temps est en effet aux transformations et à l'élargissement du dispositif, qui évolue vers des formes nouvelles : consortia nationaux Carnot thématiques, consortia territoriaux multi-thématiques adossés à un PUI (Pôle Universitaire d'innovation), ainsi que Carnot historiques, permettant la poursuite de certains instituts Carnot pendant 1 à 3 années. Dans ce contexte de profonde évolution, 2026 est également une année particulière pour ISIFoR, qui célèbre ses 15 ans.

15 années fructueuses, consacrées au développement de la recherche partenariale, tout en soutenant la recherche académique au plus près des chercheurs et des besoins des acteurs socio-économiques. À l'occasion de cet anniversaire, les trois directeurs successifs d'ISIFoR retracent l'histoire de l'institut, son évolution et sa transformation actuelle, à l'heure où le dispositif Carnot lui-même entre dans une nouvelle phase de son histoire.



Gilles PIJAUDIER-CABOT

[ISIFoR]
Tu as monté le Carnot ISIFoR, seul Carnot dédié aux géo-ressources, dans quel contexte est-il né, quelle était son ambition ?

En 2009, le président de l'UPPA (Jean-Louis Gout), m'a confié la tâche de préparer un projet en réponse à un éventuel nouvel appel à projet pour la création d'instituts Carnot. Nous partions d'une feuille blanche, d'autant plus que la publication d'un tel appel était hypothétique.

Compte tenu de l'histoire de l'UPPA, de la solidité de sa recherche partenariale et de ses relations avec les acteurs économiques du territoire, il était parfaitement légitime de vouloir positionner l'université dans un tel cadre. Le génie pétrolier – ce n'était pas un gros mot – était certainement la filière de prédilection pour une telle entreprise. Ainsi est né le projet « d'institut pour le développement durable des ressources fossiles, ISIFoR ».

Les prérequis pour la recevabilité d'un tel projet étaient les suivants :

- tout d'abord, il était important de ne pas dupliquer un institut existant, et curieusement, il n'y en avait pas ! L'IFPEN avait souhaité se positionner autrement, plutôt sur le volet « moteurs » ;
- l'adhésion à la charte Carnot était un volet important du projet. On parlait à l'époque d'une « professionnalisation » de la recherche partenariale et d'une démarche d'amélioration continue collective. Pour cela, il fallait fédérer les acteurs (universités, organismes de recherche,...) et simplifier les procédures. Bref, se faire confiance au bénéfice des acteurs de la recherche et de leurs partenaires ;
- il fallait enfin (déjà) une certaine masse critique. Nous avons alors fait le choix de nous focaliser sur le « grand Sud-Ouest » et d'embarquer tous les acteurs importants de la recherche dans ce domaine sur ce territoire.

Après une petite année de préparation, l'appel à projet a été publié et accompagné par un cabinet avec qui nous avons connu plusieurs succès depuis, nous avons été retenus. Nous venions d'obtenir un label que quelques « poids lourds » du domaine, à Paris comme en province, nous enviaient... Le Sud-Ouest, terre de production d'hydrocarbures en France, devenait visible dans le domaine de la R&D académique au sein de cette filière.

ISIFoR avait pour ambition de fédérer la recherche académique dédiée aux enjeux énergétiques et environnementaux du sous-sol, en Aquitaine et en Midi-Pyrénées. Le positionnement scientifique de l'institut était la promotion d'une ingénierie responsable de l'exploration et de la production d'hydrocarbures avec trois objectifs :

- être un acteur de la transition énergétique ;
- agir pour la production durable d'hydrocarbures ;
- et promouvoir l'innovation au sein des PME et ETI.

ISIFoR rassemblait lors de sa création plus de 500 chercheurs, enseignants-chercheurs et ingénieurs à l'initiative de 6 tutelles. Il a depuis bien grandi.

Au-delà du label en lui-même, il faut retenir deux éléments fondamentaux de l'Esprit Carnot qui ont fait le succès de l'institut : (1) Une rigueur et une efficacité dans la mise en place et le suivi des relations partenariales contractuelles ou collaboratives. Chacun depuis les chercheurs impliqués jusqu'aux services supports a grandi et a su se perfectionner. C'était un prérequis, une nécessité. (2) Le principe même du ressourcement scientifique a ouvert les horizons et permis aux chercheurs d'avoir les moyens pour s'engager dans de nouvelles voies, parfois risquées. Cette liberté, confiée aux instituts Carnot placés au plus proche des acteurs socio-économiques était la contrepartie de la rigueur et de l'efficacité de la gestion de la recherche partenariale. Elle a favorisé les synergies, faisant du dispositif Carnot un des rares systèmes « gagnant-gagnant » existant à ce jour. Pour preuve, entre 2010 et 2014 les recettes de la recherche contractuelle d'ISIFoR ont augmenté de 78 % et la production scientifique a augmenté de plus de 25 % en 4 ans...



Pierre CÉZAC

En 2016 tu prends les rênes d'ISIFoR, pendant ta direction il y a eu, entre autres, un élargissement du nombre de laboratoires labellisés et une feuille de route redéfinie. Peux-tu nous parler de ces deux points ?

Avec plaisir ! Chronologiquement, l'élargissement du socle académique a précédé la redéfinition de la feuille de route stratégique. Comme l'indique son acronyme, le socle originel d'ISIFoR reposait sur les énergies fossiles : *Institute for the Sustainable Engineering of Fossil Resources*, ISIFoR. Très rapidement et bien avant 2016, la feuille de route du Carnot a évolué vers le rôle du sous-sol dans la transition énergétique. C'est avec cette ligne directrice que nous sommes allés à la rencontre de nouvelles unités et que nous avons construit le dossier de labellisation Carnot en 2016. Nous avons choisi de garder notre marque ISIFoR mais avec une évolution de la base-line en « ingénierie durable des géoressources ». Les années suivantes, nous avons travaillé collectivement, chercheurs, partenaires industriels et institutionnels présents dans notre Comité d'Orientation Scientifique et Stratégique (COSS), à l'évolution de la feuille de route de l'institut Carnot ISIFoR. Notre volonté était d'anticiper l'évolution du contexte national et international marqué à la fois par l'accroissement de la consommation d'énergie et les défis de la transition énergétique. Nous avons ainsi construit notre positionnement stratégique autour de deux grands axes : la durabilité de l'exploitation des géoressources et la décarbonation de l'énergie. Notre feuille de route affichait ainsi la place centrale du sous-sol dans la transition énergétique, le lien indissociable entre la surface et le sous-sol dans le modèle énergétique et l'apport des sciences humaines et sociales dans ce modèle. La dynamique collective a rendu cette construction passionnante !



Daniel BRITO

Directeur d'ISIFoR depuis 2024, quelle politique as-tu définie et menée pour l'institut depuis ta nomination ? Quelle nouvelle structure se constitue actuellement à la faveur du renouvellement du dispositif Carnot ?

Notre ambition, dès 2024, était de préparer une nouvelle labellisation de l'Institut Carnot ISIFoR, accompagnée d'un élargissement à la fois thématique et géographique, au-delà du sud-ouest de la France. Dans cette perspective, une réflexion collective a été engagée avec de nouveaux laboratoires candidats afin de définir les contours d'un projet renouvelé et d'élaborer une nouvelle feuille de route structurée autour de trois axes majeurs : « Exploration et production responsables des géoressources », « Stockage, recyclage et distribution des géoénergies » et « Dimensions sociales, politiques, économiques et juridiques des transitions énergétiques ».

Ce travail préparatoire a permis de répondre favorablement à la réforme du programme Carnot et au nouvel appel à candidatures lancé début 2026. L'Université de Pau et des Pays de l'Adour, établissement chef de file, porte ainsi aujourd'hui un nouveau Carnot thématique national intitulé GÉO-transitions. Résolument interdisciplinaire, ce projet est consacré aux énergies décarbonées en lien avec l'exploitation raisonnée des ressources minérales et énergétiques du sous-sol.

À travers la synergie entre recherche publique fondamentale et appliquée et les acteurs du monde socio-économique, le Carnot GÉO-transitions ambitionne de jouer un rôle structurant dans les transitions énergétique, numérique et écologique, en s'appuyant sur le sous-sol, ses ressources et ses usages.

Ce projet ambitieux fédère désormais la quasi-totalité des laboratoires de l'Institut Carnot ISIFoR, auxquels se sont associés des partenaires nationaux de premier plan tels que le BRGM, l'Institut de Physique du Globe de Paris, ainsi que plusieurs laboratoires d'excellence : ISTerre à Grenoble, l'ITES à Strasbourg, le LPG à Nantes, l'ISTO à Orléans, TREE à Pau, sans oublier les équipes-projets Cagire et Makutu d'Inria Sud-Ouest.

Le Carnot ISIFoR a, en quelque sorte, été une forme de tremplin pour le nouveau consortium Carnot GEO-transitions qui a l'ambition de poursuivre et d'amplifier, dans les années à venir, la dynamique et les succès qui ont fait la reconnaissance du réseau Carnot.

Faire vivre le Carnot ISIFoR au quotidien

ÊTRE PARTOUT POUR LE CARNOT

Est-il nécessaire de présenter les deux directrices opérationnelles d'ISIFoR ? Bras armé de notre Carnot, à la manœuvre sur tous les partenariats, les bilans administratifs et les événements elles font rayonner ISIFoR.

Au plus près des budgets, des détails pratiques ; lorsqu'une thèse CIFRE doit se monter, qu'un équipement de laboratoire doit être acheté… elles sont partout.

Virginie Buil a occupé ce poste entre 2011 et 2022, Virginie Caturla est l'actuelle directrice opérationnelle. Toutes deux nous parlent de ce poste très particulier.



Virginie BUIL

[ISIFoR]
Tu as été en charge de la direction opérationnelle d'ISIFoR entre 2011 et 2022 quelles ont été les formes d'actions du Carnot pendant cette période ?

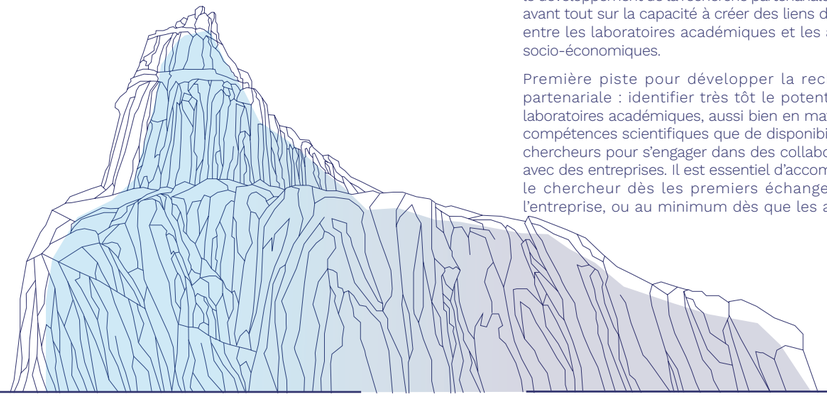
Je suis arrivée au sein d'ISIFoR quelques mois après sa création, pour être très exacte en septembre 2011. J'ai donc participé à la mise en route et à la structuration du Carnot. C'est avec les directeurs : Gilles Pijaudier-Cabot puis Pierre Cézac que j'ai travaillé à la mise en place de la gouvernance, à la définition et au déploiement du ressourcement (au moyen d'un appel à projets dédié) et bien d'autres éléments structurants… C'était un moment vraiment intéressant durant lequel nous avons bénéficié du retour d'expérience des Carnot issus de la première vague de labellisation (le programme Carnot a débuté en 2006). Ceci a été permis par notre rapide intégration au sein du Réseau des Carnot, animé par l'Association des Instituts Carnot.

Ces bases posées, notre équipe s'est très vite élargie, au gré des besoins que nous avions. Ainsi, Catherine Maupeu est arrivée en 2012 afin de mettre en place la démarche qualité qui nous a permis de devenir ISO 9001 dès 2015.

Autre élément à noter, la feuille de route qui guide notre activité a évolué quelques années après la naissance d'ISIFoR. Cela a été le fruit d'un important travail collectif avec les chercheurs de nos laboratoires. L'évolution des aspects scientifiques de ce document oriente ainsi résolument le Carnot dans le sens de la transition énergétique, afin d'en être un acteur incontournable. Enfin, nouvelle évolution que j'ai accompagnée, le développement de notre visibilité à travers des actions de communication renouvelées. Une transformation rendue possible par l'arrivée de chargés de communication : Chloé Auffredou puis Louis Decam qui lui a succédé.

En 2015 le projet Extra&Co a permis de recruter une équipe pour rendre notre offre RI&D plus accessible, en particulier auprès des TPE, PME et ETI du secteur des industries extractives. Ainsi, nous avons développé une démarche marketing proposant une offre coordonnée et orientée « marché ». Elle a été construite avec nos partenaires Carnot membres d'Extra&co et s'est notamment matérialisée par un CRM commun.

En fin d'année 2022, j'ai laissé les rênes de la direction opérationnelle à Virginie Caturla qui, depuis cette date, assure avec brio cette mission aux côtés de Daniel Brito en qualité de Directeur. Actuellement engagé dans une nouvelle dynamique avec le changement de format des Carnot, nul doute que l'expérience acquise et les actions menées par le Carnot ISIFoR depuis 2011 permettront de réussir sereinement cette transition.





Virginie CATURLA

Directrice opérationnelle d'ISIFoR depuis 2023 pour toi quelles pistes peuvent être explorées pour favoriser et développer la recherche partenariale ?

J'ai pris mes fonctions de directrice opérationnelle d'ISIFoR en mai 2023, à la suite de Virginie Buil. Mon précédent poste de chargée des contrats de recherche pour l'Université de Pau et des Pays de l'Adour m'a conduit à travailler en étroite collaboration avec Virginie et le Carnot ISIFoR pendant près de 10 ans. Cette expérience m'a permis de mesurer combien le développement de la recherche partenariale repose avant tout sur la capacité à créer des liens durables entre les laboratoires académiques et les acteurs socio-économiques.

Première piste pour développer la recherche partenariale : identifier très tôt le potentiel des laboratoires académiques, aussi bien en matière de compétences scientifiques que de disponibilité des chercheurs pour s'engager dans des collaborations avec des entreprises. Il est essentiel d'accompagner le chercheur dès les premiers échanges avec l'entreprise, ou au minimum dès que les aspects administratifs, contractuels et financiers sont abordés. Cet accompagnement permet de poser immédiatement un cadre clair : donner à connaître les règles de fonctionnement de l'Université tout en comprenant en retour les attentes, contraintes et objectifs de l'entreprise. Cette phase de dialogue et de co-construction est déterminante pour instaurer une relation de confiance durable. Dans le cadre du Carnot, je mène ce travail principalement avec les laboratoires de l'UPPA, puisque je suis basée sur place, ce qui facilite la proximité et la réactivité, de concert avec les business developpers du PUI et du CNRS.

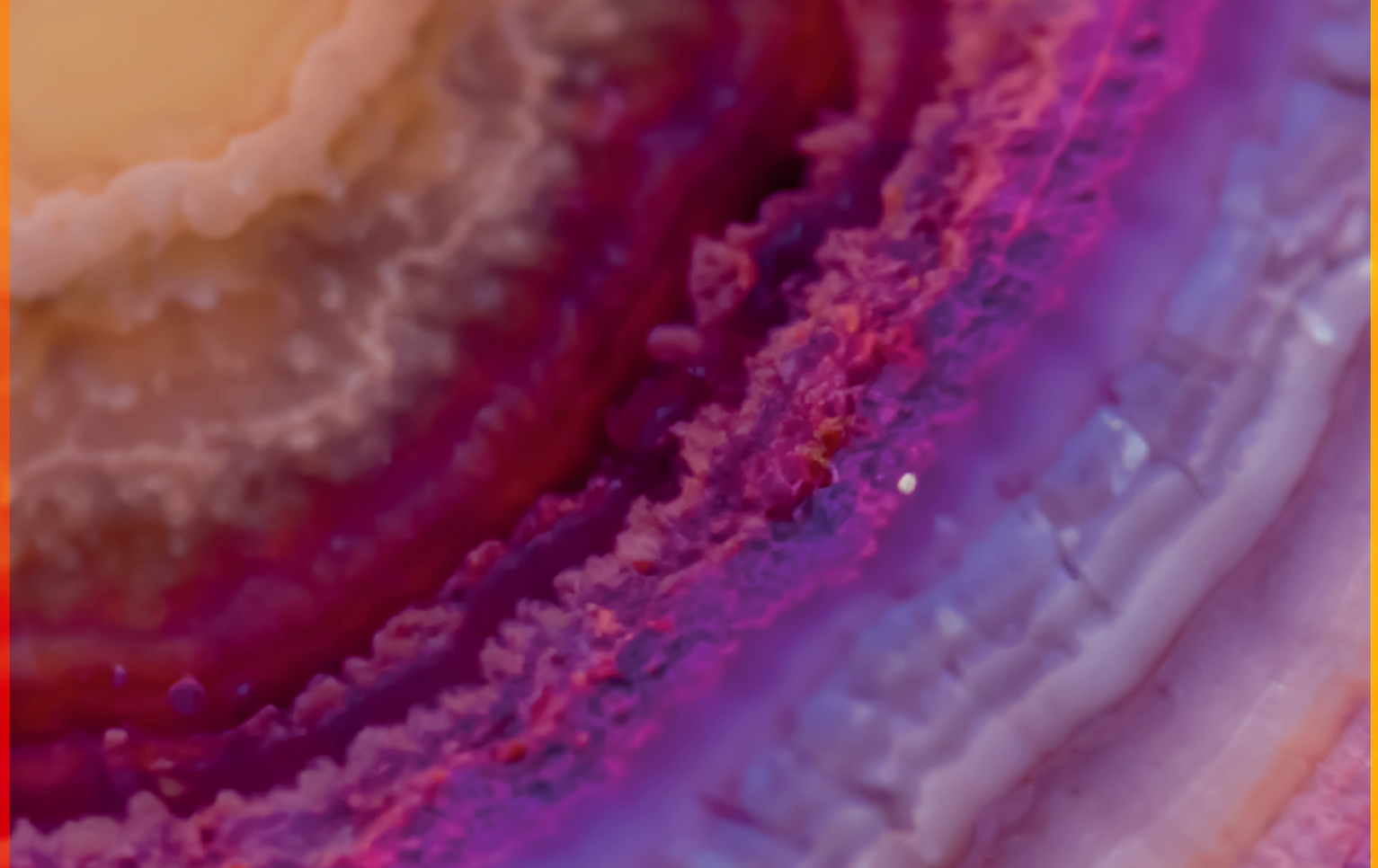
La deuxième piste est de renforcer la visibilité des compétences et des avancées scientifiques des laboratoires d'ISIFoR. Les entreprises ne perçoivent pas toujours l'étendue des savoir-faire académiques ni leurs potentiels d'application. À ce titre, plusieurs actions se sont révélées particulièrement efficaces, notamment l'organisation de webinaires à destination des membres d'AVENIA, le pôle de compétitivité de notre domaine, ainsi que des webinaires réunissant des chercheurs autour d'une même thématique entre plusieurs Carnot, dans le cadre du réseau RECATE [1] regroupant cinq instituts Carnot. Ces temps de présentation permettent de mettre en lumière la recherche en cours, les expertises développées et les capacités d'innovation des laboratoires. Ils constituent une véritable porte d'entrée pour les entreprises en recherche de solutions de RI&D : la recherche vient à elles, ouvre de nouvelles perspectives et fait émerger des opportunités de collaboration parfois inattendues.

La troisième piste repose sur l'importance des rencontres humaines et scientifiques. Les congrès, séminaires, journées thématiques ou événements de réseautage restent essentiels pour permettre aux communautés académiques et industrielles de se retrouver, d'échanger et de mieux se connaître. Le Carnot ISIFoR y contribue en finançant des mobilités des chercheurs lors de son appel à projets, ou en étant sponsor d'évènements organisés par les laboratoires. Ces moments favorisent souvent la naissance d'un premier contact qui, avec le temps, peut évoluer vers un projet collaboratif structurant. La recherche partenariale se construit rarement de manière immédiate ; elle repose sur des relations de confiance qui se développent progressivement.

Enfin, la quatrième piste, repose sur la valorisation des résultats et des impacts des collaborations qui est également essentielle. Les entreprises sont sensibles aux exemples de collaborations réussies, et aux retombées concrètes des projets (transfert d'innovations, développement de pilotes, etc). Communiquer sur ces réussites contribue à renforcer l'attractivité de la recherche partenariale et à insuffler une dynamique positive, un véritable enjeu au cœur du travail de Louis Decam, qui œuvre chaque jour avec brio à valoriser et faire rayonner ces initiatives.

En conclusion, la recherche partenariale ne peut réellement se développer que si les acteurs sont disposés à travailler ensemble, au-delà de leurs structures d'appartenance respectives et en encourageant une approche interdisciplinaire. Le rôle du Carnot est précisément de faciliter et de renforcer ce lien, en créant un environnement favorable à la collaboration et en allégeant autant que possible la charge administrative qui pèse sur les chercheurs tout en contribuant à fédérer plusieurs expertises scientifiques autour d'un même enjeu industriel ou sociétal.

[1] *RECATE : RÉseau des Carnot Pour la Transition Énergétique*



01

15 ANNÉES AVEC LA RECHERCHE PARTENARIALE

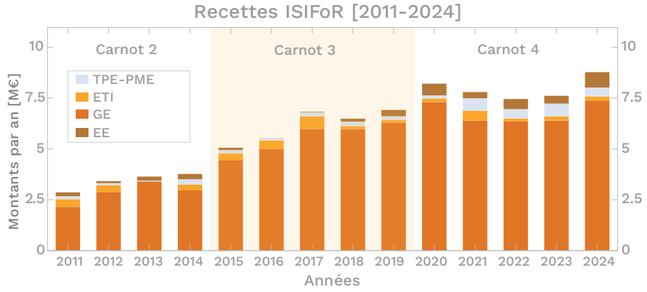
4 pages pour faire le bilan des 15 années d'activités du Carnot ISIFoR. Ressourcement versé aux chercheurs-euses, nombre de projets soutenus, de doctorants et de post-doctorants... tous les chiffres-clefs d'un dispositif, au service de la recherche partenariale, qui porte ses fruits.

L'INSTITUT CARNOT ISIFOR, 15 ANS EN CHIFFRES : UN BILAN TRÈS POSITIF

DES INDICATEURS EN CROISSANCE TOUT AU LONG DE LA PÉRIODE

Durant ses quinze années d'existence, l'institut Carnot ISIFoR a vu la recherche partenariale public-privé croitre de manière significative entre les laboratoires de recherche le constituant et les partenaires socio-économiques. Cette dynamique a progressivement élargi les champs d'activité et les thématiques scientifiques de l'institut, avec le soutien du programme Carnot porté par l'ANR.

À l'aide des 6 figures suivantes, nous revenons sur les résultats de cette histoire qui a fait travailler ensemble, chaque jour un peu plus, les entreprises et la recherche académique dans le domaine des géosciences et de l'ingénierie durable des géoressources.

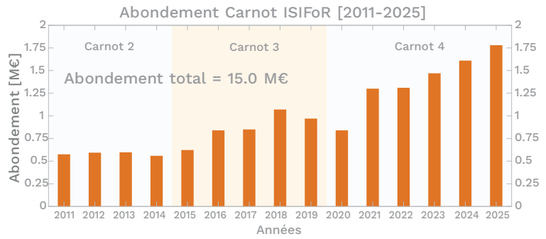


Recettes partenariales public-privé

En 15 ans, les recettes annuelles issues des partenariats public-privé des laboratoires membres d'ISIFoR ont été multipliées par plus de 3. À noter, que la part des entreprises TPE-PME et des EE [1] dans ces recettes, un des objectifs cible du programme Carnot, a également nettement progressé sur la période.

Cette évolution témoigne de la reconnaissance croissante du dispositif Carnot en général ainsi que de la spécialisation et de la notoriété de l'institut Carnot ISIFoR en particulier.

[1] TPE : très petites entreprises ; PME : petites et moyennes entreprises ; ETI : entreprises de tailles intermédiaires ; GE : grandes entreprises ; EE : entreprises étrangères.



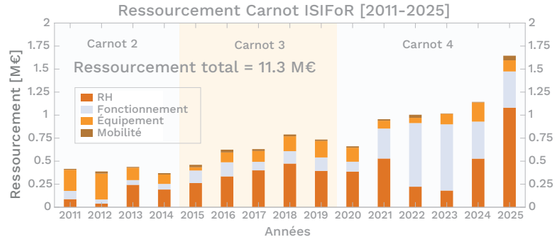
Abondement [2]

Chaque année, les instituts Carnot déclarent à l'ANR leurs recettes issues de la recherche partenariale. En retour, ils bénéficient d'un financement, l'abondement, destiné à soutenir différentes actions. Sur la période considérée, l'abondement perçu par l'institut Carnot ISIFoR a progressé en cohérence avec l'augmentation de ses recettes partenariales (cf figure p 10).

Cette dynamique s'inscrit dans une évolution similaire à l'échelle de l'ensemble du réseau Carnot. Elle témoigne de la réussite du programme Carnot et de l'engagement continu de l'ANR en faveur du développement de la recherche partenariale public-privé.

Pour ISIFoR, l'abondement est principalement consacré au ressourcement scientifique, à hauteur de 70 à 80 %, afin de soutenir des travaux susceptibles de générer de futurs partenariats de recherche. Les 20 à 30 % restants financent le fonctionnement et les actions de développement de l'institut, notamment sa participation à des salons et événements dédiés à la recherche partenariale dans le domaine des géosciences.

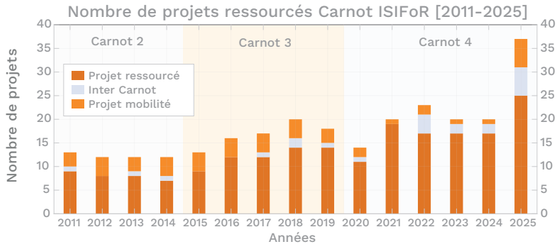
[2] Abondement : financement versé par l'ANR chaque année à un institut Carnot, celui-ci étant indexé sur les recettes annuelles.

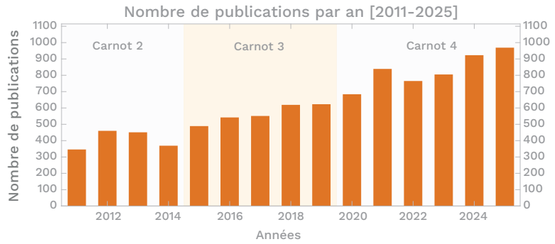


Ressourcement [3]

Chaque année ISIFoR consacre entre 70 et 80 % de son abondement au financement de la recherche à travers des appels à projets de ressourcement scientifique. Ces appels soutiennent des travaux de recherche amont dans les laboratoires membres de l'institut, afin de renforcer leurs compétences et de favoriser l'émergence de futurs partenariats. Très apprécié des chercheurs, ce dispositif accorde une place importante au financement de ressources humaines (RH), notamment des thèses et des post-doctorats. Il offre aussi la possibilité d'acquérir des équipements scientifiques spécifiques ainsi que le financement de mobilités scientifiques internationales, entrantes ou sortantes, favorisant l'émergence de nouvelles collaborations et le développement de nouvelles compétences.

[3] Ressourcement : part de l'abondement destiné à financer des actions de recherche scientifique auprès des laboratoires membres de l'institut. C'est une action menée en vue de conserver ou de développer l'avance de phase scientifique sur une thématique ou un sujet donné pour les laboratoires de recherche par rapport à l'état de l'art industriel.





Projets ressourcés

Le nombre de projets ressourcés a connu une belle croissance au cours de la période. Parmi eux, les projets inter-Carnot sont devenus de plus en plus fréquents, répondant à l'un des objectifs du programme Carnot : favoriser les collaborations entre instituts autour de travaux de recherche amont.

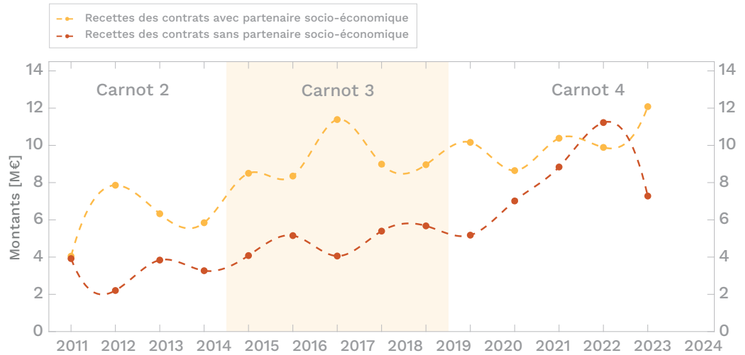
Au sein du réseau RECATE [4], composé de 5 Carnot rassemblés autour des enjeux énergétiques, ISIFoR a renforcé sa présence et sa visibilité, tout en élargissant ses domaines d'activité et en ouvrant de nouvelles perspectives de collaboration avec ce réseau.

Publications annuelles

Les publications scientifiques dans des revues à comité de lecture, qui témoignent de la production et du rayonnement de la recherche au sein de la communauté scientifique, ont été multipliées par 3 en 15 ans, une progression particulièrement remarquable. Cette évolution démontre qu'une forte implication dans la recherche partenariale public-privé est pleinement compatible avec une dynamique soutenue de publication scientifique.

[4] RECATE : RÉseau des CArnot pour la Transition Énergétique composé des instituts Carnot Énergies du Futur, Icéel, IFPEN Ressources Énergétiques, ISIFoR et M.I.N.E.S.

ÉVOLUTION DES RECETTES GÉNÉRÉES PAR LES CONTRATS AVEC ET SANS PARTENAIRE SOCIO-ÉCONOMIQUE



Contrats

Les recettes des contrats[5], issues de recherche académique subventionnée sans partenaire socio-économique (Région, ANR, Europe, etc., ligne rouge) et avec partenaire socio-économique - (recherche subventionnée ou non, ligne orange) ont progressé de manière concomitante. Cette évolution montre que les laboratoires membres d'un institut Carnot peuvent se développer de manière continue dans un modèle où coexistent différents modes de financement de la recherche.

Ces dernières années, les laboratoires du Carnot ISIFoR ont ainsi atteint un équilibre proche de 50/50 entre recherche sans partenaire socio-économique et recherche avec partenaire socio-économique, une tendance particulièrement significative qui illustre la complémentarité entre ces différents types de projets de recherche.

[5] Contrats : documents juridiques unissant les entreprises aux laboratoires membres du Carnot ISIFoR, ou les laboratoires entre eux. Ceux-ci peuvent prendre une grande diversité de formes en fonction des desiderata des parties prenantes et du type de financement.



02

LA RI&D PARTENARIALE DES ENTREPRISES

3 témoignages d'entreprises qui ont mené ou mènent des travaux de RI&D avec des laboratoires du Carnot ISIFoR. Trois exemples, trois conceptions différentes de la recherche, dans le monde des géosciences : Storengy, Arverne et Mantle8.

STORENGY

DES EXPERTISES INTERNES AUX PROJETS DE RECHERCHE PARTENARIALE

Storengy est l'un des leaders mondiaux dans le domaine du stockage de gaz souterrain. Filiale d'Engie elle exploite 21 sites de stockage en Europe sous plusieurs formes : cavités salines, gisements déplétés et nappes aquifères. C'est également une entreprise qui développe une remarquable politique R&D et de nombreuses collaborations avec la recherche académique. C'est à ce sujet que nous avons rencontré Delphine Patriarche pour évoquer la diversité de la R&D portée par son entreprise.



Delphine PATRIARCHE
Déléguée R&D

Le travail de R&D est permanent chez Storengy. Comment s'organise cette recherche ?

Storengy dispose de son propre budget et de ses propres ressources pour mener sa R&D. Si on veut être plus précis, nous avons une direction de l'expertise technique regroupant 70 à 80 personnes, ingénieurs et docteurs. La particularité chez nous, c'est que nos personnels cumulent souvent les fonctions : ils peuvent avoir l'étiquette «ingénieur» pour apporter leur expertise à l'appui à l'exploitation quotidienne des stockages et l'étiquette «chercheur» pour réaliser des études longs termes et travaux de R&D.

Notre programme est structuré selon deux types de projets :

- **Les projets « objet » :** comme Thermomeca, qui se concentre sur la thermodynamique des cavités salines, c'est-à dire consacré à un seul type de stockage.
- **Les projets « compétence » :** comme Monitor, dédié à la géophysique pour obtenir une vue 3D de la structure du sous-sol, et dont les développements peuvent servir à plusieurs types de stockages souterrains.

La recherche concrète se joue au niveau des actions de recherche et de leur forme. Par exemple nous faisons beaucoup de modélisation en interne, mais toute notre recherche n'est pas uniquement là et nous restons ouverts aux partenaires extérieurs.

Pour terminer, notre R&D se caractérise par sa dimension appliquée (elle se situe sur des TRL allant de 5 à 9). On fait très peu de recherche fondamentale (TRL 1 à 4), sauf pour des questions de très long terme.

Quel est l'intérêt de travailler en recherche partenariale pour une entreprise comme Storengy ?

C'est un cercle vertueux. Les questions d'exploitation viennent enrichir la R&D et, inversement, la R&D apporte des solutions aux problématiques de terrain. Pour l'entreprise, ce « dialogue » constant permet de **construire notre expertise dans le temps.** En effet, offrir à nos experts la possibilité de satisfaire leur curiosité intellectuelle est un atout majeur pour qu'ils s'impliquent au long cours avec Storengy. Donner un cadre de travail stimulant à nos collaborateurs c'est déterminant selon moi.

En ce qui concerne les travaux de recherche nous préférons la co-construction. Nous ne cherchons pas seulement de la prestation intellectuelle pure, mais des collaborations où les efforts intellectuels et financiers sont partagés. Cela nous **permet de confronter nos réflexions internes à celles d'entités partenaires** ; des académiques, des EPIC comme l'IFPEN, ou des consortiums industriels comme le CERG[1]. Cela apporte des réponses à nos questionnements et nous permet de favoriser la publication scientifique qui est l'une des missions des universités avec qui nous travaillons très régulièrement.

[1] *CERG : Centre d'Études et de Recherches de Grenoble*



Prélèvement d'eau sur un puits de stockage en nappe aquifère, afin de réaliser des analyses microbiologiques pour la compréhension des processus biogéochimiques impliquant les micro-organismes du sous-sol.

Storengy travaille de longue date avec l'UPPA (LaTEP, l'IPREM, et le LFCR)[2]. Qu'est-ce qui fait le succès d'une bonne relation partenariale selon vous ?

La confiance et l'honnêteté, avant tout. J'aime que l'on se dise les choses franchement, que ce soit positif ou plus compliqué, quand des difficultés peuvent apparaitre. Cela permet de trouver des solutions collectives. Avec l'UPPA, la relation est historique : nous collaborons depuis plus de 20 ans, bien avant mon arrivée !

Le succès repose aussi sur la **continuité relationnelle** sur des thématiques de long terme, comme le comportement du gaz dans les aquifères de stockage, dans le cadre d'un autre projet « objet » Perenaque, dédié au stockage en nappes aquifères. Ce qui est remarquable avec l'UPPA, c'est la capacité des laboratoires à travailler en symbiose. Par exemple, pour la réalisation des travaux sur les « nouveaux gaz », nous ne travaillons pas seulement avec le LaTEP, mais aussi dans une approche croisée avec l'IPREM pour sa compétence quasi-unique en France sur la microbiologie des environnements profonds. Cette interaction entre les laboratoires de l'UPPA est une vraie force, que l'on ne retrouverait peut-être pas ailleurs.

L'hydrogène paraît être un axe de recherche majeur et nouveau chez Storengy. Est-ce bien le cas ?

Oui et non. En réalité, nous avons commencé à travailler sur l'hydrogène via le biométhane il y a 7 ou 8 ans. C'est un axe crucial car, en France, pour devenir « plus vert » et s'affranchir du carbone fossile, la synthèse de **biométhane** (par méthanisation et/ou méthanation) est une des clés. On s'est d'abord interrogés sur la présence d'hydrogène dans le biométhane injecté et son impact sur la qualité du gaz produit par le stockage. Cela a représenté et demeure un axe de recherche.

Aujourd'hui, l'**hydrogène pur** est effectivement dans notre feuille de route. Mais attention : on ne transforme pas un stockage de gaz naturel en stockage d'hydrogène sans études (parfois de R&D) préalables. Les installations actuelles n'ont pas été initialement conçues pour accueillir de l'hydrogène (en particulier, en cas de conversion il faut vérifier la ténacité des aciers). Sachant que le gaz naturel coexistera avec l'H2 pendant une phase de transition plus ou moins longue, nous aurons donc besoin de deux types de stockage (cavités salines et nappes aquifères). L'avenir de l'hydrogène pur passera donc (mais peut-être pas uniquement) par de nouvelles installations, probablement en cavité saline car ce mode de stockage présente aujourd'hui un meilleur niveau de maturité que les stockages en milieu poreux.

Enfin, il y a le sujet de **l'hydrogène naturel**, nous détenons des permis d'exploration (comme celui de « Grand-Rieu », en partenariat avec la société 45-8), mais la question reste de savoir s'il existe des structures géologiques pouvant piéger l'H_2 naturel et constituer des gisements exploitables industriellement, au-delà de la simple production diffuse dans le sous-sol. Il s'agit là d'une question qui n'est pas tranchée.



Trois réacteurs contenant gaz naturel, eau et roche du réservoir de stockage permettant de simuler et analyser les réactions biogéochimiques (LaTEP & IPREM).

[2] *LaTEP : Laboratoire de Thermique, Énergétique et Procédés*
IPREM : Institut des Sciences Analytiques et de Physico-Chimie pour l'Environnement et les Matériaux
LFCR : Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs. Ces trois laboratoires sont labellisés par le Carnot ISIFoR.

ARVERNE

ARVERNE | 1ER FOURNISSEUR FRANÇAIS DE SOLUTIONS GÉOTHERMALES

UNE R&D QUI EXPLORE ET DÉVELOPPE LES RESSOURCES RENOUVELABLES DU SOUS-SOL

Dans un paysage de l'énergie en constante recomposition, soumis aux tensions géopolitiques et aux fluctuations des marchés internationaux, la géothermie occupe une place singulière. Locale, continue et décarbonée, elle s'impose comme une ressource stratégique encore largement sous-exploitée. « La géothermie, c'est une ressource souveraine, ancrée dans les territoires », pourrait-on résumer.

C'est précisément sur ce terrain qu'évolue Arverne, en développant son approche globale : une offre intégrée, une communication volontariste et une activité de R&D structurante. Tout ceci lui permet de couvrir l'ensemble de la chaîne de valeur géothermale, du forage à la valorisation des ressources.

Damien Bévillon a bien voulu nous présenter les enjeux de R&D que rencontre son entreprise et nous parler de manière plus large des points qui conditionneront l'avenir de la géothermie.



Damien Bévillon
Directeur technique

Que représente la R&D chez Arverne ?

En premier lieu, on peut affirmer qu'Arverne possède une véritable culture de la R&D. Quelques éléments permettent de s'en rendre compte : nos travaux de recherche couvrent des domaines variés comme les données géophysiques, la géochimie des fluides et des roches ou encore les procédés liés à l'extraction du lithium. De nombreux collaborateurs, dont onze docteurs, sont directement impliqués dans ces activités, ce qui est important pour une jeune entreprise avec une forte volonté d'innovation. Ces collaborateurs totalisent, à eux tous, une centaine de publications scientifiques et il y a actuellement trois thèses en cours. Nous collaborons également avec sept entités de recherche françaises et notre budget dédié à la R&D est significatif.

Chaque filiale mène-t-elle ses propres travaux de recherche ?

Oui, tout à fait. Chaque filiale développe des activités de R&D en lien direct avec son cœur de métier.

Arverne s'organise autour de plusieurs solutions géothermales : deux filiales de forage – *Arverne Drilling Services et DrillHeat* – et deux filiales opératrices, *2gré et Lithium de France*, qui produisent et valorisent la ressource, respectivement en chaleur et en lithium.



Les besoins en recherche émergent directement des nouveaux usages liés à l'exploitation et aux spécificités des territoires que l'on explore. Dès que l'on s'aventure sur des zones peu étudiées sous l'angle géothermal, des problématiques inédites apparaissent, cela implique des travaux de R&D.

Aujourd'hui, deux filiales portent particulièrement la dynamique recherche d'Arverne.

Lithium de France, en Alsace, travaille sur des eaux géothermales riches en lithium. Deux grands défis structurent cette recherche : l'extraction et la transformation du lithium.

Pour l'extraction, nous utilisons des systèmes d'absorption avec des matériaux capables de capter le lithium dans des conditions spécifiques – avec des eaux pouvant atteindre 150 °C.

Nous avons fait le choix de la technologie d'absorption parmi les différentes solutions de *Direct Lithium Extraction* .

Ensuite, il faut transformer le lithium extrait – sous forme de chlorure – en composés utilisables par l'industrie, comme l'hydroxyde ou le carbonate de lithium de qualité batterie.

En plus de cette valorisation, ces projets s'inscrivent aussi dans une logique territoriale : la production de chaleur associée. Celle-ci sera distribuée localement pour les besoins des populations, des collectivités et des entreprises.

2gré, de son côté, opère sur l'ensemble du territoire français, avec des projets allant de la géothermie de faible profondeur à des systèmes plus profonds, notamment dans le bassin parisien. Son activité se déploie également sur de l'exploration en Auvergne-Rhône-Alpes, près de Clermont-Ferrand.

Son activité R&D est, aujourd'hui, plus opérationnelle que celle de Lithium de France. Elle est centrée sur les réseaux de chaleur, en collaboration avec des acteurs comme Dalkia.

Mais la R&D y est également essentielle, notamment en géologie. Une thèse est actuellement menée avec l'UPPA[1] sur le bassin pyrénéen, à Pau, dans le cadre d'une CIFRE[2]. Ces travaux explorent des niveaux géologiques encore peu étudiés.

À terme, les niveaux de maturité en R&D entre les filiales devraient s'équilibrer. Au niveau du groupe, une politique globale de R&D devrait également émerger d'ici quelques années.

Et côté forage, existe-t-il également des perspectives de recherche ?

Il y a toujours des sujets à explorer. Certaines thématiques, comme la corrosion des matériaux par exemple, restent des sujets importants. Ce sont des problématiques anciennes en métallurgie, qui ont été très étudiées, mais elles doivent être réinterrogées en fonction du contexte géothermal. Des discussions sont d'ailleurs en cours avec le laboratoire LaTEP de l'UPPA pour approfondir ces questions.

Selon vous, quel est le futur de la géothermie ?

Pour que la géothermie se développe, il faut avant tout que son équation économique soit viable.

La géothermie a vocation à remplacer le gaz importé car elle permet une électrification de la chaleur avec une consommation réduite à des prix très compétitifs car développée en conjonction avec le nucléaire.

Certains leviers sont entre nos mains : les avancées technologiques ou l'amélioration des performances que j'ai déjà évoquées. Les pompes à chaleur peuvent gagner en efficacité et Arverne pourrait s'associer dans le futur à de telles optimisations. Enfin, la réduction des coûts de forage et l'augmentation de la durée de vie des puits seront des points qui contribueront à rendre l'équation géothermique encore plus profitable.

Il y a aussi d'autres facteurs qui relèvent du contexte macroéconomique, politique et nous n'avons pas de prise sur ceux-ci.

La collaboration avec la recherche académique est-elle structurante pour vos projets R&D ?

Je dirais qu'elle est indispensable. Dans notre domaine des géosciences du sous-sol, la connaissance est largement portée par le monde académique. Nous ne disposons pas de laboratoire interne et nous ne concevons pas de nouveaux produits à proprement parler : nous nous appuyons sur l'expertise, la connaissance des universités et des organismes de recherche.

Qu'il s'agisse de l'UPPA, du BRGM, de l'IFPEN, de l'Université de Strasbourg, ou de l'Université de Lorraine et d'autres encore, ces institutions concentrent des savoirs essentiels en géologie et en géosciences.

Sur des sujets très particuliers, comme les procédés d'extraction du lithium par exemple, nous devons collaborer avec des acteurs de premier plan comme le CEA. Ce sont des domaines particulièrement pointus sur lesquels nous avons besoin de l'expertise de la recherche académique.

C'est avec ces partenariats que se construit la capacité d'innovation d'Arverne.



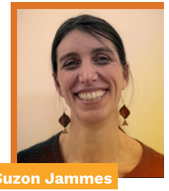
[1] *UPPA : Université de Pau et des Pays de l'Adour*
[2] *CIFRE : Dispositif des Conventions Industrielles de Formation par la REcherche (Cifre), son objectif est de favoriser le développement de la recherche partenariale publique-privée et de placer les doctorants dans des conditions d'emploi*

mantle8

L'EXPLORATION DE L'HYDROGÈNE NATUREL PAR LA SCIENCE

Fondée par une équipe de chercheurs passionnés, Mantle8 s'est imposée comme un acteur à part dans le paysage de la transition énergétique. Son objectif : comprendre les mécanismes de génération, de migration et d'accumulation de l'hydrogène naturel pour déterminer où le trouver. S'appuyant sur l'expertise géoscientifique de ses fondateurs, Mantle8 vient du monde académique avec qui elle cultive une relation très étroite. Cette proximité, l'agilité de cette jeune structure et l'excellence scientifique permettent à Mantle8 d'aller vite afin de proposer des techniques d'exploration inédites.

Aujourd'hui c'est Suzon Jammes qui nous éclaire sur cette aventure et l'organisation de son entreprise centrée sur une R&D de pointe.



Suzon Jammes
Responsable scientifique et technologique

Comment est née votre conviction que l'hydrogène naturel est une question majeure et comment celle-ci a mené à la création de Mantle8 ?

Personnellement, tout a commencé avec ma rencontre avec Emmanuel Masini (fondateur de Mantle8) lors de nos thèses respectives. Nous travaillions alors, avec des approches différentes, sur les processus géologiques qui conduisent les roches du manteau terrestre à remonter près de la surface, notamment dans les Pyrénées. À la fin de ma thèse, j'ai poursuivi ma carrière académique à l'étranger, tandis qu'Emmanuel Masini est parti apprendre le travail d'exploration chez Total, avant de revenir à la R&D en pilotant le programme scientifique « Orogen ». C'est là qu'il a commencé à réaliser le potentiel de l'hydrogène naturel et surtout à développer une approche géologique « prédictive ». Ce potentiel de l'hydrogène naturel comme solution bas-carbone et le besoin d'une R&D ambitieuse pour le débloquer a conduit Emmanuel à quitter les hydrocarbures pour fonder une entreprise de géosciences, à la frontière entre le monde académique et le monde industriel, que j'ai rapidement rejointe.

Au départ, nous étions une société de service dans le domaine des géoressources, avec comme idée de mettre notre expertise sur les roches du manteau pour mieux explorer les ressources qui y sont associées mais peu à peu, l'hydrogène naturel s'est imposé dans les demandes de nos clients. Nous développions des « prospects » pour d'autres, jusqu'au jour où des investisseurs sont venus nous voir et nous ont dit : « Nous savons que votre équipe technique est derrière des projets que nous voyons passer. Nous cherchons les nouvelles technologies nécessaires pour accélérer le développement de cette nouvelle ressource. Pourquoi ne pas mener vous-même l'exploration de bout en bout en plus de la recherche ? ». Nous étions quatre ou cinq, convaincus d'avoir des clés pour comprendre le système hydrogène naturel associé à la serpentinisation du manteau, et nous avons sauté le pas. Mantle8 est née de cette identité : « Mantle » car le manteau est notre cœur d'expertise et le chiffre 8 qui qualifie une de ses caractéristiques physiques lorsqu'il préserve son potentiel en hydrogène.

La R&D est le cœur battant de votre entreprise. Comment s'organise-t-elle au quotidien ?

C'est effectivement notre moteur. Puisque tout reste à construire autour de l'hydrogène naturel, l'exploration passe nécessairement par la recherche et le développement de technologies et de méthodes innovantes adaptées. Notre équipe, passée de 5 à 20 personnes en un an et demi, s'est structurée en quatre verticales : **Géologie, Géophysique, Géochimie et Data Science**. Le principe qui guide cette organisation, comme l'ensemble de notre démarche R&D, est celui de la transversalité et de l'intégration géoscientifique. Nous abordons chaque problématique en la traitant sous plusieurs angles, à l'intersection de différentes disciplines.

La plupart de nos collaborateurs sont issus de la recherche (PhD, post-doctorants). Pour l'imagerie, nous collaborons étroitement avec Sébastien Chevrot du GET[1] (laboratoire labellisé du Carnot ISIFoR). Notre équipe géophysique est d'ailleurs basée à Toulouse pour maintenir cette proximité. En parallèle, nous disposons de notre laboratoire de géochimie, tout en externalisant certaines analyses spécifiques. Cette organisation nous permet d'adapter une approche d'exploration issue des industries pétrolière et minière, tout en créant des protocoles et technologies spécifiquement conçus pour les systèmes hydrogène naturel.

Vous utilisez déjà trois outils propriétaires (Geologix, Apogeh et Horex). Quels sont vos besoins R&D pour les années à venir ?

Nous allons affiner, davantage automatiser, et interconnecter ces outils. **Geologix** sert à cibler et qualifier les zones d'intérêt grâce à des données publiques et nos sources propres. **Apogeh** intervient sur le terrain pour quantifier le système et le contraindre spatialement. **Horex**, est notre outil d'imagerie multiphysique qui permet d'imager le sous-sol en 3D et d'identifier et évaluer des prospects.

La grande nouveauté de 2026 est notre quatrième brique : **Simul8**, un outil de modélisation 4D. Son objectif est d'intégrer la dimension temporelle dans l'évaluation des systèmes hydrogène, c'est un point critique et une spécificité de l'hydrogène par rapport aux hydrocarbures. La géomodélisation, quand elle est contrainte par des données réelles, constitue un outil essentiel pour tester nos hypothèses avant d'envisager des forages.

Compte tenu de votre équipe de haut niveau, la recherche partenariale a-t-elle toujours du sens pour vous ?

Plus que jamais ! On ne peut pas tout faire seul. Nous parlons le même langage que les universitaires. Notre collaboration avec le GET est une relation de long cours ; d'ailleurs nous montons actuellement un « Labcom » (Laboratoire Commun) avec eux pour les cinq prochaines années. Nous savons où nous voulons aller, mais nous savons aussi d'où nous venons.

Nous avons également des thèses en partenariat avec l'IFPEN et l'Université de Strasbourg, qui débutent en 2026. Notre conseil scientifique est, quant à lui, composé de chercheurs expérimentés venus du monde académique. Ce modèle est particulièrement efficace : nous apportons des financements et des problématiques concrètes, ils apportent leur excellence académique, nous réfléchissons ensemble et la science avance. C'est une continuité naturelle de nos parcours respectifs, chacun y trouve du grain à moudre.

Comment observez-vous les travaux sur l'hydrogène naturel ailleurs dans le monde, notamment aux États-Unis ou en Australie ?

Nous regardons cela de près, mais nos approches diffèrent. Aux États-Unis ou en Australie, on observe souvent une démarche « top-down » : l'idée est généralement de détecter des évidences directes ou indirectes d'hydrogène en surface où dans des anciens puits pétroliers. C'est le point de départ avant de forer en espérant tomber sur un réservoir. C'est important mais ce n'est pas suffisant s'il s'agit de détecter des zones à fort potentiel sans indices de surface. Que serait l'industrie pétrolière si nous étions restés seulement au pétrole qui suinte en surface ?

Chez Mantle8, nous capitalisons d'abord sur une compréhension de la géologie du sous-sol avec notre approche holistique et systémique. Nous voulons comprendre le système entier avant de forer, c'est pour nous la meilleure solution pour optimiser les chances de succès (et les quantifier !). C'est une course contre la montre : il faut aller vite pour prouver que la ressource existe dans des conditions commerciales, mais sans précipitation. Des forages infructueux faits au petit bonheur la chance risqueraient de « tuer » l'enthousiasme pour cette nouvelle ressource qui pourrait bouleverser une équation a priori insoluble : comment offrir une solution énergétique propre et compétitive avec les hydrocarbures, et donc contribuer à la bascule vers le monde énergétique de demain. C'est notre mission, et on y met toute notre énergie, aujourd'hui.



L'équipe de Mantle8

[1] *GET : Géosciences Environnement Toulouse*



03

LA RECHERCHE **FINANCÉE PAR ISIFoR**

3 exemples de projets financés par le Carnot ISIFoR en 2025 - la vie des chercheurs sous l'angle d'activités souvent méconnues - la liste des projets ressourcées à l'issue de l'appel à projets 2025. Aperçu des types de soutiens qu'apporte ISIFoR à la recherche.

Projet ChaBio

des charbons biosourcés pour booster la production de biométhane

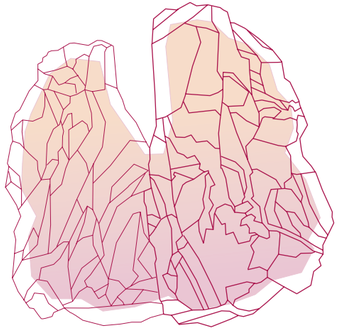
Le projet de recherche ChaBio (Développement de charbons actifs biosourcés pour l'épuration de biogaz) a pour ambition de développer des charbons actifs, issus de la biomasse, particulièrement performants. L'objectif ? Purifier le biogaz en éliminant le dioxyde de carbone (CO_2), l'humidité et les polluants, afin d'en faire un gaz comparable à du gaz naturel.

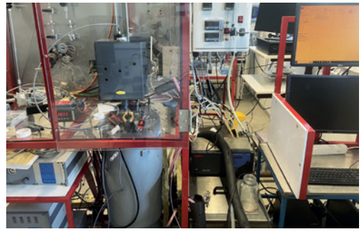
Financé par l'Institut Carnot ISIFoR, ce projet associe le Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (LFCR) et l'Institut de Science des Matériaux de Mulhouse (IS2M). David Bessières, porteur de ce projet, nous en explique les défis techniques et environnementaux.



David Bessières

enseignant -chercheur (LFCR)





Dispositif scientifique du projet ChaBio

Dans votre projet, vous avez pour ambition de créer des charbons biosourcés utiles à la transformation des biogaz en biométhane par adsorption. Pouvez-vous nous expliquer les défis majeurs qui se présentent dans ce cadre ?

Notre défi majeur consiste à concevoir un matériau qui combine viabilité économique et performances scientifiques. La première question est industrielle : le matériau doit être facilement transférable à grande échelle. Cela implique de trouver des matières premières disponibles en abondance et à bas coût.

Le second verrou est purement technologique, il concerne les indicateurs de sélectivité et de régénérabilité. L'adsorption repose sur la capacité des molécules de gaz à se fixer à la surface d'un matériau poreux. Nous devons donc « designer » un charbon actif qui possède une affinité naturelle très forte avec le CO_2 pour le piéger, tout en laissant passer le méthane. Enfin, ce matériau doit être facilement lavable (ou régénérable) pour libérer le CO_2 capturé et pouvoir être réutilisé à échelle industrielle.

De quelle manière allez-vous façonner votre charbon actif, matière première de votre adsorbant, afin qu'il soit le plus efficace possible ?

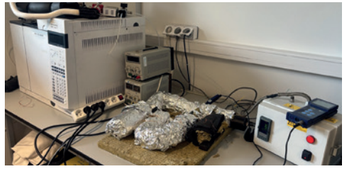
Nous nous inscrivons pleinement dans une logique d'économie circulaire en nous appuyant sur deux ressources biosourcées et locales. D'une part, le moût de raisin, un résidu de l'industrie viticole. D'autre part, le chitosane, un biopolymère issu des déchets de carapace de crustacés. Ma collègue de l'IS2M (Camélia Ghimbeu) à Mulhouse se charge de la synthèse de ces matériaux par pyrolyse — une technique de chauffage à très haute température qui permet de développer une porosité optimale et d'augmenter la surface d'adsorption.

Pour capter le CO_2, la littérature scientifique montre qu'il faut intégrer des fonctions azotées (comme les amines) à la surface du charbon. C'est là tout l'intérêt du chitosane : il est naturellement riche en azote. La structure obtenue par pyrolyse intègre directement cette propriété sans modification chimique lourde, ce qui représente un avantage considérable. Pour le moût de raisin, nous venons greffer ces fonctions azotées juste après la pyrolyse. À Pau, notre rôle est ensuite de tester ces échantillons en y injectant un mélange de gaz pour mesurer précisément leur pouvoir de séparation et leur capacité de régénération.

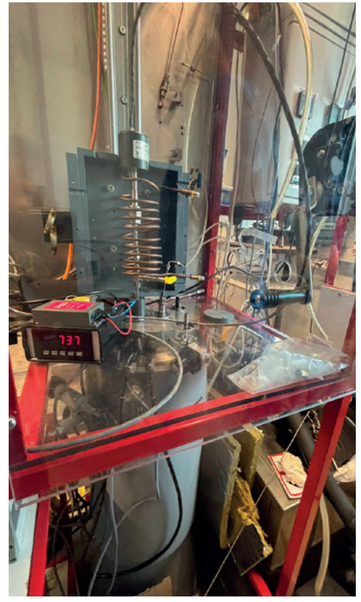
Quel sera l'avantage du charbon actif que vous envisagez d'utiliser par rapport aux matériaux que l'on emploie actuellement ?

Aujourd'hui, des laboratoires étudient d'autres types d'adsorbants comme les MOF (Metal Organic Frameworks), ou les zéolithes. Ces matériaux obtiennent de magnifiques résultats en laboratoire, avec des sélectivités très élevées (ils peuvent capter 50 molécules de CO_2 pour une seule molécule de méthane). Cependant, leur production à grande échelle demeure complexe.

Les charbons actifs ont l'avantage inverse : ils sont bon marché et industrialisables, mais leur sélectivité reste faible (le plus souvent inférieure à 10). Notre valeur ajoutée avec le projet ChaBio, c'est de réussir à faire sauter ce verrou de la sélectivité grâce à nos fonctionnalisations, tout en conservant le bénéfice d'une filière d'approvisionnement locale, durable et économique.



Chromatographe couplé à un dispositif d'adsorption Haute Pression Haute Température



Dispositif manométrique-calorimétrique Haute Pression, Haute Température pour mesurer les effets énergétiques associés à l'adsorption

Projet MoPHyN

dévoiler les secrets de l'hydrogène naturel

Financé par l'Institut Carnot ISIFoR, le projet MoPHyN (Modeling Processes of Natural Hydrogen) s'attaque à un défi d'importance pour la transition énergétique : comprendre comment l'hydrogène naturel est produit, migre et se stocke dans les profondeurs de la Terre. En se focalisant sur des zones de collision où le manteau terrestre remonte à faible profondeur, comme dans les Pyrénées et à Taïwan, ce projet multidisciplinaire vise à apporter une estimation du potentiel réel de cette ressource prometteuse.

Porteuse du projet, Alexandra Robert nous en dit plus sur ce travail qui permettra d'avancer dans la connaissance de l'hydrogène naturel.



Alexandra Robert
enseignante-chercheuse (GET)

Votre projet propose de travailler sur les processus affectant l'hydrogène (production, migration, piégeage) de manière inédite. Que cherchez-vous à mettre en évidence ?

C'est une thématique absolument exceptionnelle. Avec MoPHyN, nous allons mener une étude complète et intégrée, pluridisciplinaire, allant de la structure profonde jusqu'aux émanations de surface. Nous nous concentrons sur des zones de convergence spécifiques où le manteau terrestre se situe à faible profondeur. Une zone particulièrement importante pour nos travaux.

Notre grande force, c'est l'intégration de données massives et variées, qui est une nouveauté à une telle échelle. Nous combinons géologie, géophysique, géochimie et modélisation numérique. Concrètement, nous utilisons des données géophysiques de haute résolution — principalement gravimétriques et sismologiques — que nous couplons à de la modélisation pétro-physique. Cela nous permet de « voir » sous la terre : nous déterminons ainsi la structure, la profondeur, mais aussi la composition chimique et le taux d'hydratation des corps mantelliques qui produisent l'hydrogène.

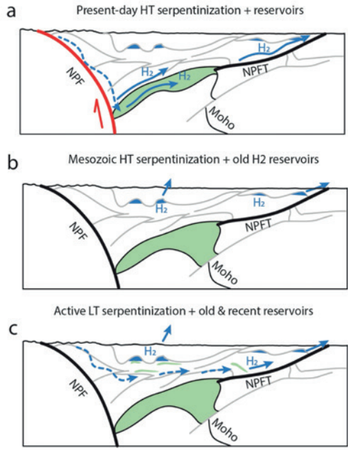
Ensuite, la géologie nous aide à comprendre l'évolution de la structure de la chaîne de montagnes, tandis que la géochimie trace l'origine des fluides. Enfin, nous injectons tout cela dans une modélisation numérique des circulations de fluides (interactions fluides/roches) à l'échelle de la croûte. C'est cette vision, de la structure profonde aux émanations de surface, qui va nous permettre, nous l'espérons, d'arriver à une estimation la plus précise possible du potentiel de production d'hydrogène naturel.

Comment s'est construit ce projet réunissant le GET et le LFCR[1] ?

Tout s'est fait naturellement. Le GET et le LFCR sont deux laboratoires déjà très investis dans l'étude des systèmes hydrogène. Mais nous sommes surtout une équipe de chercheurs (Anne Battani, Frédéric Mouthereau, Jean-Paul Callot et moi-même) qui travaillons ensemble depuis des années. Les compétences étaient déjà là, sous la main, prêtes à s'associer.

Le GET apporte son expertise en tectonique, géodynamique et modélisation. Nous avons ainsi développé les modèles ayant permis de caractériser le corps mantellique sous le bassin de Mauléon ce qui nous a permis d'estimer le potentiel de production d'hydrogène dans cette zone. Le LFCR, de son côté, est particulièrement tourné vers l'étude des fluides de subsurface. Ils utilisent les gaz rares comme traceurs : comme ils sont chimiquement inertes, ces derniers nous racontent l'histoire physique du voyage des fluides sans être perturbés par la biologie. Anne Battani apporte ici ses 20 ans d'expérience et pilote un laboratoire de pointe avec des spectromètres de masse de nouvelle génération.

Appuyés sur cette organisation, nous avons recruté un doctorant, Mael Derian et un étudiant de Master 2 qui sont dédiés à 100 % au projet. Tous ces éléments développent une énergie remarquable pour MoPHyN, cela nous permet d'avancer rapidement.



Différents scénarios de production, migration et piégeage de l'hydrogène naturel dans les Pyrénées, au niveau du bassin de Mauléon (Pajang et al., 2025)

Pourquoi avoir choisi d'étudier simultanément les Pyrénées et Taïwan ?

Parce que c'est une comparaison qui s'avère particulièrement pertinente dans le cadre d'un travail tourné vers l'hydrogène naturel.

Ces deux régions présentent un contexte très favorable : ce sont des zones de collision où le manteau est proche de la surface (entre 6 et 25 km de profondeur), il y règne des températures idéales pour la serpentinisation (200 °C à 400 °C) processus favorable à la génération d'hydrogène.

Mais dans le même temps elles sont très différentes. Les Pyrénées sont une zone « froide » issue de la convergence ancienne entre l'Ibérie et l'Eurasie. Taïwan, à l'inverse, est une zone de collision active, « chaude », avec un climat extrêmement humide. Les pluies torrentielles s'y infiltrent profondément et alimentent un système hydrothermal particulièrement actif. Comparer ces deux environnements est une clé fondamentale pour comprendre la diversité des mécanismes de production d'hydrogène.

MoPHyN peut-il aider à répondre à la question des grands réservoirs d'H_2 dans le sous-sol ?

C'est une question à laquelle nous nous intéressons dans ce projet. Dans les Pyrénées, nos premières modélisations estiment un potentiel maximal de production de l'ordre de 72 Mt/an si tout le volume de manteau identifié était instantanément serpentinisé. Mais la grande question reste : l'hydrogène que l'on voit s'échapper aujourd'hui est-il produit en continu par un système actif, ou provient-il de réservoirs anciens datant du Crétacé ? Dans les deux cas, notre modélisation des circulations de fluides va tester ces scénarios pour y voir plus clair.

Quel est le lien entre l'hydrogène et la géothermie dans vos recherches ?

Ils sont liés. Cela repose sur la structure thermique de la lithosphère. En modélisant la circulation des fluides pour l'hydrogène, nous obtenons une cartographie thermique de la croûte d'une précision exceptionnelle. Ces données sont très intéressantes pour évaluer le potentiel géothermique d'une région. Ainsi ce qui sert à l'hydrogène, sert à la chaleur renouvelable. Qui plus est les modèles que nous avons développés, avec des collègues allemands autour des questions d'hydrogène naturel, pourraient même être déclinables pour la recherche minérale, ce qui nous mène au-delà de la question géothermique.



[1] *Le GET (Géosciences Environnement Toulouse) et le LFCR (Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs) sont des laboratoires labellisés du Carnot ISIFoR.*

Projet DEEP

vers des panneaux photovoltaïques transparents

Le projet DEEP (Développement d'Encres Ecologiques pour le Photovoltaïque) s'inscrit dans le cadre du développement du photovoltaïque organique (OPV) qui est une des voies possibles pour créer de l'électricité à partir de l'énergie solaire. Cette approche vise à créer des panneaux respectueux de l'environnement et énergétiquement efficaces. Cela représente une avancée majeure face au photovoltaïque au silicium, le plus commun parmi les « panneaux solaires », dont la réalisation s'avère être particulièrement polluante.

Christine Lartigau-Dagron porteuse de ce projet nous le présente en quelques phrases.



Christine Lartigau-Dagron

enseignante-chercheuse (IPREM[1])



Antoine Bousquet

enseignant-chercheur (IPREM)

Comment est né le projet DEEP ?

L'activité OPV est présente à l'UPPA depuis plus de 20 ans, elle s'est principalement déclinée sur le développement de matériaux pour la couche active afin d'en améliorer la stabilité chimique et les propriétés d'absorption. Les rendements des dispositifs OPV ont fortement progressé ces dernières années, atteignant 20% en laboratoire, toutefois après une mise en œuvre utilisant souvent des solvants toxiques pour leur fabrication. Depuis quelques années, un important travail de groupe avec Antoine Bousquet et Sylvain Chambon[2] a permis de démontrer que les matériaux actifs de la couche active pouvaient être déposés à partir d'encres (dispersions aqueuses) rendant la fabrication de telles cellules solaires respectueuses du manipulateur et de l'environnement. DEEP vient à la suite de projets qui ont permis aux laboratoires IPREM et IMS[3] d'acquérir une forte expertise dans la réalisation de ces encres, concrétisées par des publications à très fort impact et des conférences invitées. Ces projets ont fédéré au total quatre doctorants depuis 2020, grâce aux financements Solutions pour l'Energie et l'Environnement : projet d'excellence universitaire porté par l'UPPA, MSCA EDENE[4], ANR WATER-PV[5]. Le projet ECOSOLORG 80 PRIME CNRS, a en particulier permis l'étude exploratoire qui sera poursuivie dans le projet DEEP.

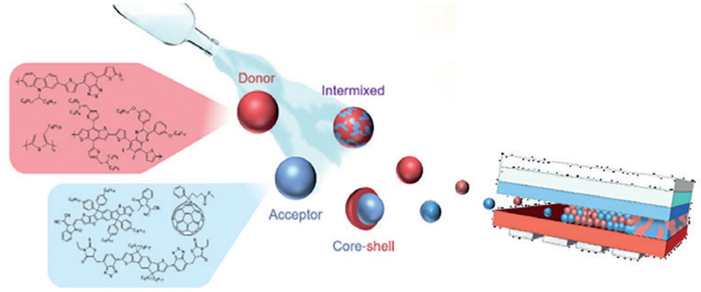
L'un des objectifs de DEEP c'est de rendre la conversion du photovoltaïque organique encore meilleure (de l'ordre de 15 % contre 9 % actuellement) quelles sont les voies envisagées pour y parvenir ?

Les travaux antérieurs réalisés par nos laboratoires se sont essentiellement focalisés sur la maîtrise du mélange des deux matériaux nécessaires (donneur et accepteur) au fonctionnement de la couche active des cellules OPV. Ce mélange est réalisé dès la formation des nanoparticules qui sont dispersées dans l'eau pour créer les encres. Cependant, divers paramètres doivent être optimisés afin d'en contrôler le mélange après dépôt, appelé morphologie. Nous avons à présent une maîtrise sur ce point, mais la marge de manœuvre de ces paramètres ne permet pas d'atteindre les qualités de mélange obtenues lors du dépôt par voie classique avec solvant. Cela se traduit par des conversions photovoltaïques plus faibles, en raison d'un transport des charges amoindri, lié à une coalescence des nanoparticules qui n'est parfois pas optimale. L'approche proposée dans DEEP vise à élaborer des chemins privilégiés de transport des charges en créant un gradient de composition entre les matériaux transportant les trous et les électrons vers leurs électrodes respectives. Il est prévu que cette graduation de composition soit amenée par le dépôt successif de couches (système multi-couche) de compositions différentes en matériaux donneur et accepteur.

[1] *Institut des Sciences Analytiques et de Physico-Chimie pour l'Environnement et les Matériaux (laboratoire labellisé du Carnot ISIFoR) - [2] Directeur de recherches CNRS - IMS - [3] laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système - [4] Programme doctoral européen en Énergie et Environnement*

En plus de l'encre elle-même, qui est nécessaire à une meilleure conversion, il faut l'accompagner et la compléter de cellules multi-couches. Quelles sont les difficultés liées à la création de cette multi-couche ?

Effectivement, le choix de l'encre est important pour accéder à une meilleure conversion, mais comme nous l'avons évoqué précédemment, la qualité du film obtenu après dépôt est déterminante. Même pour un dépôt monocouche, il faut tenir compte des énergies de surface du substrat et de l'encre, qui influence la mouillabilité de l'encre sur le substrat et en conséquence la qualité de la couche déposée. Pour des dépôts successifs et réaliser un système multi-couches, les problématiques sont exactement les mêmes, et sont liées à la nature des propriétés de surface de la dernière couche déposée.

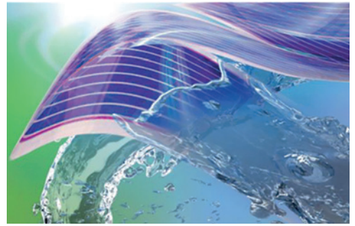


Encres constituées de nanoparticules semi-conductrices dispersées dans l'eau pour le dépôt de la couche active de cellules solaires organiques [6]

Il y a un enjeu d'emprise territoriale dans le projet DEEP. Il cherche, en effet, à permettre le déploiement d'une véritable agriculture sous les panneaux en laissant passer les rayons solaires. Jusqu'à présent les panneaux étaient opaques et une telle agriculture n'était pas possible, comment fonctionne cette solution novatrice ?

Le grand potentiel des matériaux organiques par rapport au silicium est de pouvoir moduler à façon leur structure chimique pour adapter leurs propriétés, en particulier d'absorption. Ces dernières années, des avancées majeures ont été réalisées pour le développement de matériaux accepteurs (accepteurs non-fullerènes) qui permettent non seulement la séparation des charges, mais y participent également grâce à leur grande capacité d'absorption, ce qui n'était pas le cas auparavant avec les dérivés du fullerène. Les efforts des chercheurs ont été principalement consacrés, ces dernières années, à l'optimisation de l'absorption du spectre d'émission du soleil afin de capter le maximum des photons envoyés.

Pour le déploiement de panneaux au-dessus de cultures, il est nécessaire de laisser une partie de l'énergie lumineuse aux plantes afin d'en permettre la croissance. En sélectionnant les matériaux en fonction de leurs propriétés d'absorption, il est possible de réaliser des dispositifs photovoltaïques permettant d'être transparents (ou semi-transparents) dans la PAR (Photosynthetic Activity Region) pour ne pas compromettre la croissance de la plante, tout en créant de l'électricité grâce à l'absorption en dehors de cette région. Il est toutefois évident que dans ce cas, l'efficacité énergétique du panneau ne sera pas optimale, mais doit être optimisée pour avoir un compromis entre le rendement photovoltaïque et le rendement de la culture.



[5] *Le projet WATER-PV a pour objectif de fabriquer des dispositifs OPV à l'état de l'art et en utilisant des encres aqueuses - [6] Review of waterborne organic semiconductor colloids for photovoltaics, A. Holmes, E. Deniau, C. Lartigau-Dagron, A. Bousquet*, S. Chambon*, N. P. Holmes*, ACS Nano 2021, 15, 3, 3927-3959*

La vie des chercheuses et des chercheurs

La vie de la recherche c'est une infinité de petites tâches qui conduisent à des avancées, des découvertes et des hypothèses sans cesse renouvelées. Nous abordons quelques-unes de celles-ci, souvent invisibles, qui jalonnent et façonnent le travail au quotidien des chercheuses et des chercheurs.

Achat de matériel : le cœur des expériences



Salaheddine Chabab

enseignant-chercheur (LaTEP[1])

Quel a été l'apport des achats de matériel financés par ISIFoR dans ton travail de chercheur ?

J'ai pu acquérir deux équipements de pointe via des financements du Carnot ISIFoR (projets H2STOCK et H2STOCK2). Utiles pour mesurer l'humidité des gaz ou la quantification de leur dissolution ils m'ont été précieux dans le cadre de ma chaire HYDR[2]. Dans le même temps la maitrise acquise sur ces deux équipements a permis à notre équipe de monter en expertise et proposer des projets de recherche partenariale avec des acteurs du secteur privé (par exemple Teréga et Aramco).

Brevet scientifique : être protégé et reconnu



Valérie Chavagnac

chercheuse (GET)

Par rapport à ton travail que t'apporte ou que t'assure ton brevet ?

Il y a une dimension de protection juridique et commerciale et une dimension de reconnaissance du travail accompli.

Mener un projet compliqué jusqu'à son terme et apporter une réponse technique à une question scientifique c'est valorisant. Ceci vaut pour moi en tant que chercheuse mais aussi pour le partenaire industriel car cela accroît sa légitimité sur son secteur d'activité.

Pour finir il y a une reconnaissance des pairs. Lever un verrou apporte une forme de respect. Cela peut sembler étonnant mais la science est un monde où chacun représente sa structure, son laboratoire, alors quand il y a une avancée reconnue par le brevet cela visibilise et assoit le travail réalisé.

[1] Laboratoire de Thermique, Énergétique et Procédés (laboratoire labellisé du Carnot ISIFoR)
[2] Chaire junior de l'UPPA portant sur l'impact du stockage d'hydrogène (pur ou mixte) sur les aquifères profonds

Thèse CIFRE : un doctorat entre entreprise et laboratoire



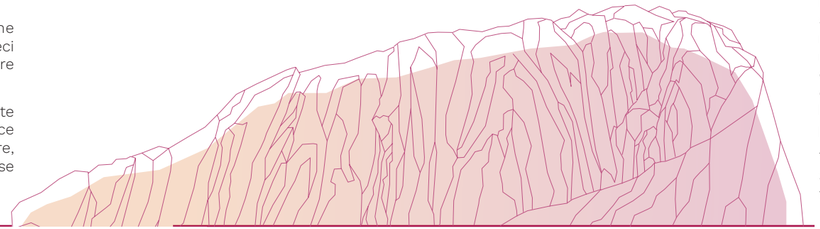
Thomas Colin de Verdière

Expert technique chez Newheat. Il a réalisé une thèse CIFRE (soutenue en 2025) entre la société Newheat et le LaTEP[1]

Selon toi quel serait l'intérêt majour de la thèse CIFRE ?

Chez Newheat il y a toujours eu des liens très étroits avec la recherche académique et le souci de développer, jour après jour, des solutions nouvelles pour nos clients.

L'intérêt majeur de la thèse CIFRE, c'est qu'elle permet de « sanctuariser » du temps. Dans une petite entreprise, les experts techniques sont souvent des « pompiers », qui gèrent les urgences du quotidien. La thèse nous pousse à travailler trois ans sur un sujet stratégique sans être interrompus « trop longtemps » dans notre travail. Le partenariat avec le LaTEP a apporté une rigueur académique et une compréhension globale du système. Cela a permis d'explorer des pistes de pilotage avancé pour nos centrales.



Mobilités : élargir son horizon scientifique



Marie-Pierre Isaure

enseignante-chercheuse (IPREM) En mobilité scientifique à Northwestern University, USA

Pratiquement, que t'ont apporté les mobilités dans ton parcours de chercheuse ?

Se déplacer dans le cadre d'un projet de recherche présente beaucoup d'avantages. On va plus vite sur le projet, c'est plus efficace dans la réalisation des expériences et mesures, on échange en direct sur des détails. Ce côté « humain » est vraiment important.

En plus de ce dialogue de chercheur à chercheur, l'opportunité de réaliser des campagnes de mesures sur de nouveaux instruments, en particulier de « Grands Instruments » est intéressante. Par exemple, le synchrotron Advanced Photon Source près de Chicago dispose de lignes de lumière en nano-imagerie et en spectroscopie qui nous ont permis de travailler sur les microorganismes étudiés à Northwestern University, et de tester de nouveaux dispositifs instrumentaux.

Les déplacements donnent aussi à voir des cultures, des approches scientifiques qui ne vont pas être totalement les mêmes que les nôtres. C'est enrichissant, cela déplace le regard, pose les choses un peu autrement. L'organisation de la recherche est également différente, en France on travaille plutôt par équipes de chercheurs et aux États-Unis d'Amérique ils sont plus dans des structures tubulaires sous la houlette d'un PI (Principal Investigator). Cela ne donne pas la même coloration au travail.

Tous ces points, notamment les nouvelles approches qu'on est amené à considérer développent mon travail de chercheuse, c'est tout à fait bénéfique.

Projet PYRSMin

un ressourcement inhabituel

Lors de son appel à projet 2025, le Carnot ISIFoR a proposé, pour la première fois, une possibilité de financement de 210 K€ pour mener à bien des projets scientifiques selon de nouvelles modalités.

Les conditions pour bénéficier de ce ressourcement inhabituel ? Proposer un projet multi-laboratoires (au moins 3 laboratoires ISIFoR) et inclure le recrutement de personnels non permanents. PYRSMin porté par Patrice Baby a rempli toutes ces conditions avec la collaboration de l'IPREM[1] et du LFCR[3].



Patrice Baby

directeur de recherche (GET[2])

PYRSMin signifie : Pyrénées et Système Minéral. Quel est ce projet de recherche ?

Je dirais que ce projet est un projet assez innovant parce qu'il se propose d'étudier des gisements de métaux dans les Pyrénées avec une approche intégrée à l'échelle du bassin sédimentaire. Un tel sujet n'a pas été traité depuis les années 1970 et PYRSMin envisage donc de le faire d'une manière nouvelle : intégrale et régionale. Nous allons travailler avec le concept de système minéral appliqué aux bassins sédimentaires. C'est une approche qui, à l'origine, a été appliquée dans l'exploration pétrolière. Nous allons étudier des bassins, des objets géologiques à très grande échelle pour essayer de comprendre comment ils se forment, comment les fluides s'y déplacent. Parce que, comme le pétrole, les métaux peuvent se déplacer sous forme de fluides avant de se retrouver piégés. C'est une méthodologie que nous avons appliquée et vérifiée au Pérou dans le cadre d'un projet ISIFoR (projet Orpet) dont les résultats se sont révélés être particulièrement intéressants.

Pour le dire rapidement PYRSMin va nous permettre de comprendre la formation des gisements métalliques pyrénéens en travaillant de l'objet géologique jusqu'à l'atome.

Comment ce projet, comprenant plusieurs laboratoires et chercheurs, s'est-il construit ?

Je connais ce type de projets pour en avoir mené de similaires, impliquant des chercheurs et laboratoires œuvrant sur un même objet. C'est un cadre logique car il est rare de trouver toutes les compétences regroupées dans une seule et même structure. J'avais donc l'idée de cette recherche sur les Pyrénées avec l'approche système minéral, mais il me fallait trouver les compétences pour la mener à bien. J'ai donc naturellement pensé à Jean-Paul Callot du LFCR et Christophe Pecheyran de l'IPREM. Je connais bien Jean-Paul Callot et depuis longtemps, il a travaillé sur des sujets approchants (matière organique, minéraux, pétrole) et parfois sur les Pyrénées, le terrain d'étude que je souhaitais aborder. C'est cette conjonction qui nous a permis d'avancer et de proposer un projet ambitieux avec toutes les compétences pour le mener à bien.

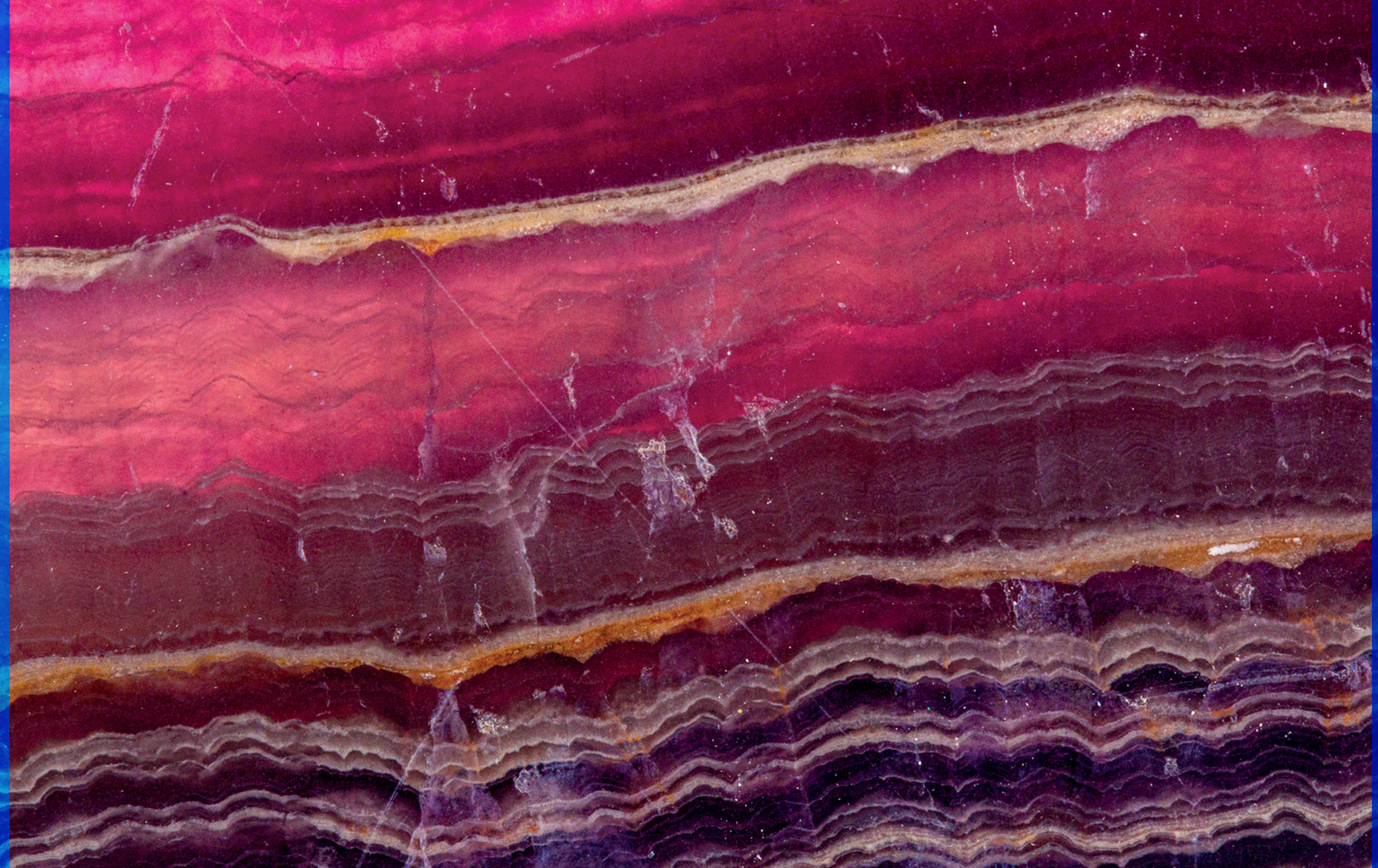
[1] IPREM : Institut des Sciences Analytiques et de Physico-Chimie pour l'Environnement et les Matériaux
[2] Le GET : Géosciences Environnement Toulouse
[3] Le LFCR : Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs

Projets ressourcés 2025

Laboratoires	Responsable du projet	Mobilité - Titre du projet	Montant du ressourcement
LFCR	Joseph DIAZ	**ARGIMET :** Capture et stockage du CO_2 à l'aide d'argiles naturelles enrichies en oxydes métalliques comme adsorbants solides	**13 490 €**
LFCR	Dan NICHITA	**EQUIMOD-CO_2 :** Équilibres et modélisation des phases et propriétés thermophysiques des systèmes contenant du CO_2 et leur rôle dans le captage, l'utilisation et le stockage du carbone (CCUS)	**5 605 €**
LFCR	David BESSIÈRES	**NABMEX :** Nouveaux adsorbants pour l'épuration de biogaz. Application dans le contexte de communautés rurales au Mexique	**4 750 €**
EPOC	Myriam SCHMUTZ	**SWAG-Mob :** Soil water availability by geophysics: imagerie de la réserve utile des sols par assimilation de données (analyses d'échantillons et mesures géophysiques)	**11 875 €**
LFCR	Federico SANJUAN	**IARADAR :** Traitement du signal radar millimétrique à l'aide d'algorithmes avancés de traitement du signal d'apprentissage profond (IA)	**4 750 €**
SIAME	Anton GUSEV	**IHPP-CO_2 :** Étude internationale sur les générateurs de hautes puissances pulsées à état solide pour la conversion du CO_2 par plasma non thermique	**9 500 €**
			49 970 €

Laboratoire(s)	Responsable du projet	Titre du projet	Montant du ressourcement
GET LFCR IPREM	Patrice BABY	**PYRSMIN :** Pyrénées et système minéral	**199 500 €**
DMEX	Pascale SÉNÉCHAL	**EPOCH2 :** Étude expérimentale du potentiel et de la cinétique de production d'H_2 dans des roches continentales	**66 500 €**
EPOC	Myriam SCHMUTZ	**SWAG :** Soil water availability by geophysics: imagerie de la réserve utile des sols par assimilation de données (analyses d'échantillons et mesures géophysiques)	**66 500 €**
GET	Alexandra ROBERT	**MoPHyN :** Modélisation de la production d'hydrogène naturel dans les Pyrénées et à Taïwan	**66 500 €**
IMFT	Nicolas HENGL	**MiFiCellHyUS :** Production de microfibrilles de cellulose en conditions hydrothermales assistées par ultrasons de basse fréquence pour le contrôle de la rhéologie des fluides de forage	**33 269 €**
IMFT	Matthieu MERCIER	**SPORT :** Sédimentation de particules intruses dans une suspension de sédiments en régime turbulent	**66 500 €**
IPREM	Christine LARTIGAU-DAGRON	**DEEP :** Développement d'encres écologiques pour le photovoltaïque	**66 500 €**
IPREM	Sadia RADJI	**LiNP :** Développement d'un matériau composite à base de nanoparticules biogéniques pour la récupération du lithium à partir des saumures géothermales	**66 500 €**
IPREM	Philippe CARBONNIÈRE	**PermselectH_2 :** Amélioration de la perméation sélective de l'hydrogène au travers de membranes organiques : étude par modélisation moléculaire	**66 500 €**
LFCR	David BESSIÈRES	**ChaBio :** Développement de charbons actifs biosourcés pour l'épuration de biogaz	**66 500 €**
LFCR	Romain VERMOREL	**MAGIC-CM :** Mesure d'adsorption de gaz dans les matériaux microporeux par imprégnation de nanoparticules sur des microbalances à cristal de quartz	**31 445 €**
SIAME	Céline PERLOT	**CASTER :** Chitosane et agar pour la stabilisation de terres d'excavation et résidus miniers : valorisation en matériaux de construction	**65 787 €**
SIAME	Yves LE GUER	**Bio-ACE :** Bio-convective algea culture enhancement	**52 250 €**

Laboratoire(s)	Responsable du projet	Titre du projet	Montant du ressourcement
GET	Yohan DENÈLE	**DISSOLUTE :** Circulations fluides et bréchification par dissolution des évaporites : le cas du détachement de Labastide-Esparros	**66 500 €**
SIAME	Robert RUSCASSIÉ	**DEMAREET :** Développement efficient d'une méthodologie d'allocation des ressources en énergies électriques et thermique dans une optique d'exploitation optimisée	**66 500 €**
IMFT	Gérald DEBENEST	**PLUME :** Pyrolyse de résidus plastique et biomasse en lit fixe par utilisation de mousse métallique	**66 500 €**
IPREM	Panagiotis KARAMANIS	**ORGANOTHERM :** Matériaux thermoélectriques organiques n-conjugués : modélisation et développement pour la valorisation énergétique	**66 500 €**
GET	Hamed POURKHORSANDI	**LANTHAN :** Potentiel en terres rares des régolithes d'Afrique de l'Ouest : approche géochimique et minéralogique	**53 390 €**
IMFT	Thomas BONOMETTI	**VISIGOT :** Viscous inversion generated in a vertical or inclined tube; inversion de fluides visqueux de rhéologie complexe en tube vertical ou incliné	**61 750 €**
LaTEP	Pierre CÉZAC	**CarboVini :** Carbonisation hydrothermale (HTC) : application à des sous-produits vinicoles et à leurs valorisations	**66 500 €**
EPOC	Anne-Laure ARGENTIN Olivier ATTEIA	**NEURONEH_2 :** Intégration de réseaux de neurones adaptatifs dans un modèle numérique de simulation du stockage d'hydrogène	**49 875 €**
LFCR	Peter MOONEN	**BESCO :** Banc expérimental pour l'analyse des mécanismes de stockage de CO_2	**64 600 €**
LaTEP	Pierre CÉZAC	**Microco :** Épuration de biogaz en réacteur micro-fluidique : co-absorption CO_2/H_2S	**29 450 €**
LFCR	Henri BATALLER	**PRESTO :** Nouvel éclairage sur la précipitation des sels dans les procédés de stockage du CO_2 en milieu poreux	**66 500 €**
SIAME	Hélène CARRÉ	**CAP3D :** Intégration de capteurs de pression capillaire dans les mortiers bas carbone pour l'impression 3D	**22 800 €**
			1 595 116 €



04

LE RÉSEAU **DES CARNOTS**

Les chiffres-clefs de l'association des Carnot qui fédère tous les instituts afin de mettre la RI&D publique au service des entreprises.

Le Réseau des Carnot

Préparer l'avenir économique et industriel de la France

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, DE LA RECHERCHE ET DE L'ESPACE

Liberté
Égalité
Fraternité

La recherche CARNOT pour l'innovation des entreprises

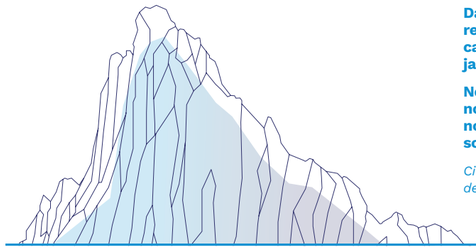
Un institut Carnot c'est quoi ?

Un institut Carnot est une structure de recherche publique labellisée par le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Espace.

Chaque institut Carnot s'engage à développer son activité de RI&D en faveur de l'innovation des entreprises : PME, ETI, grandes entreprises. Chaque Carnot présente une « spécialisation » (énergies, aéronautique, automobile, sport, santé...) qui lui permet de répondre aux besoins d'innovation d'entreprises situées au sein d'environnements concurrentiels, aux évolutions rapides.

Le réseau des instituts Carnot

Aujourd'hui il existe **39 instituts Carnot**, présents partout en France, ils couvrent un champ de recherche particulièrement étendu. Ils ont d'ores et déjà dépassé les objectifs qui leur avaient été assignés lors de leur création et ceci avec de remarquables résultats (voir les infographies page ci-contre).



Le Réseau des Carnot comme moteur

Le Réseau des Carnot structure ce réseau. Au cours de l'année 2025 Le Réseau des Carnot a, entre autres, proposé :

- des partages de bonnes pratiques : séminaires stratégiques, ateliers chargés d'affaires et communicants, rencontres des directions,
- une visibilité augmentée : via une présence sur les salons les plus importants (Global Industrie, Viva Technology) et via les Rendez-vous Carnot qui ont été un moment fort de la vie du Réseau.



Alexandre BOUNOUH
Président du Réseau des Carnot

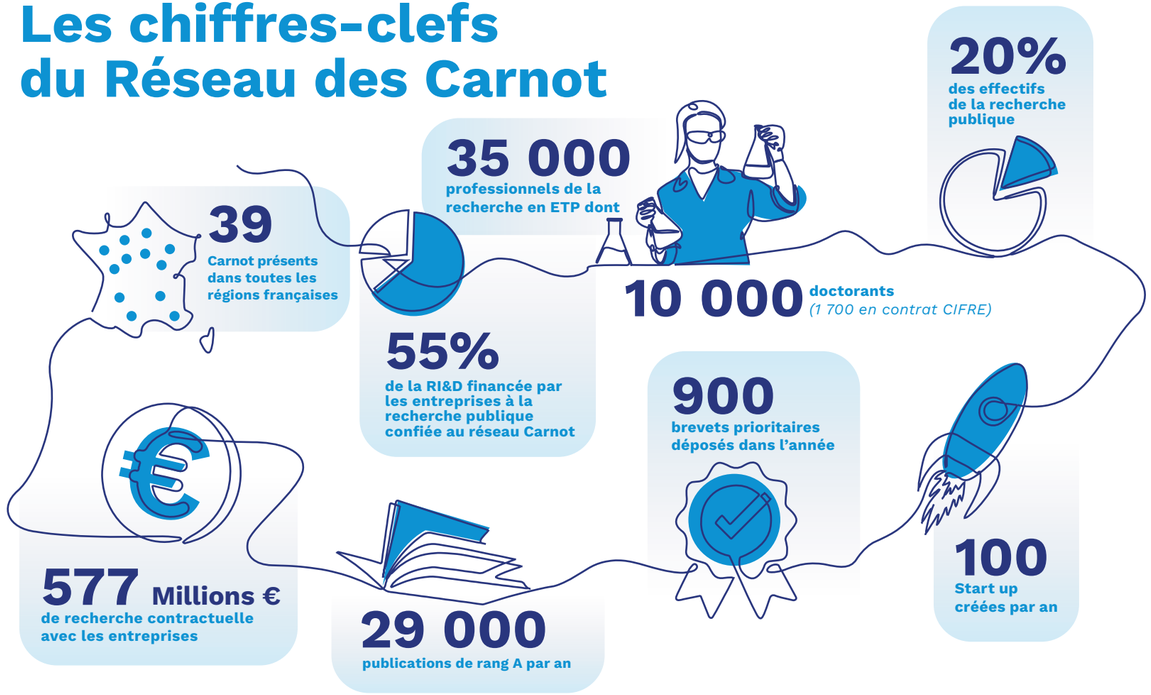
« Les collaborations concrètes, les succès industriels, les partenariats noués avec les entreprises et les acteurs de l'innovation montrent que le modèle Carnot sait produire de la valeur, de la confiance et de l'impact.

Dans un pays qui doit réindustrialiser, décarboner et renforcer sa souveraineté technologique, cette capacité à relier science et économie est plus que jamais décisive.

Nous sommes prêts à évoluer, à nous renforcer et à nous ouvrir davantage, mais sans perdre ce qui fait notre singularité : l'alliance du temps long scientifique et du temps court de l'innovation. »

Citation ex. : Rapport d'activité 2025 du Réseau des Carnot, p. 10

Les chiffres-clefs du Réseau des Carnot



Chiffres 2025 - source AI Carnot



05

LES ANNÉES 2025-2026

Retour sur les temps forts du Carnot ISIFoR tout au long des années 2025 et 2026

2025

Janvier

WEBINAIRE SCIENTIFIQUE AVENIA-ISIFOR #1

24 janvier // En ligne

Présentations aux industriels de projets de recherche ressourcés en lien avec le sous-sol

avenia

FORMATION COMMUNICATION DE L'AI CARNOT

3-4 mars // Paris

Formation LinkedIn & YouTube



Mars



ISIFoR dans ses laboratoires labellisés pour répondre aux questions des chercheurs et présenter l'AAP 2025



GEODAYS *Connect*

11-12 mars // En ligne

Participation de L'équipe ISIFoR



RENDEZ-VOUS DES RÉGIONS

27-28 mars // Montpellier

ISIFoR co-organisateur de l'événement avec AVENIA, Terinov Geosciences et AD'OCC : *Géosciences et Risques Naturels dans le cadre du changement climatique*

WEBINAIRE SCIENTIFIQUE AVENIA-ISIFOR #2

14 mars // En ligne

Présentations aux industriels de projets de recherche ressourcés en lien avec le sous-sol



ANRT

13 mars // Paris

Colloque *Recherche Partenariale : quelles stratégies pour une collaboration efficace ?*

Avril

SÉMINAIRE STRATÉGIQUE DES DIRECTEURS CARNOT

1-2 avril // Brest

CONGRÈS ICMF

12-16 mai // Toulouse

International Conference on Multiphase Flow organisé par l'IMFT – ISIFoR exposant

VISIOCONFÉRENCE GROUPE DE TRAVAIL INTERNATIONAL DE L'AI CARNOT

9 avril // En ligne

Mai

NOMINATION

18 juin

Frédéric Mouthereau (GET) est nommé membre de l'Institut Universitaire de France senior

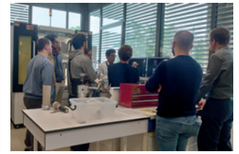
RENCONTRE NATIONALE DU CLUB DE PARIS

5 juin // Paris

Juin

PRÉSENTATION DES LABORATOIRES ISIFOR À LA SOCIÉTÉ AMARILE

3 juin // Pau



SÉMINAIRE ANNUEL DE L'AI CARNOT

18-20 juin // Montpellier



JOURNÉES DE LA GÉOTHERMIE 2025

19-20 juin // Biarritz

Juillet

SOIRÉE DES PARTENAIRES DE L'UPPA

11 juillet // Anglet



Septembre

CONVENTION D'ENTENTE STRATÉGIQUE

9 septembre // Toulouse

Entre l'Université de Toulouse et les 7 organismes nationaux de recherche du site toulousain

Tutelle ISIFoR

Octobre



CONFÉRENCE TAD

1-3 octobre // Paris

Transition Analytics for Decarbonization
ISIFoR sponsor

REMISE DE PRIX

28 octobre // Paris

Charles-Édouard Bréhier (LMAP) reçoit le prix Blaise Pascal de l'Académie des sciences pour ses travaux sur des algorithmes innovants

COLLOQUE HYDROGEMM

30-31 octobre // Strasbourg

ISIFoR sponsor

24 HEURES DE L'INNOVATION AU CENTRE DE LA TERRE

13-14 novembre // Pau

10ème édition organisée par le pôle AVENIA

H-NAT SUMMIT

13-14 novembre // Paris

Novembre

JOURNÉE ANR À L'UPPA

11 septembre // Pau

Plan d'action 2026 et rendez-vous PUI

UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR

RDV CARNOT

15-16 octobre // Lyon

ISIFoR exposant



RENCONTRE NATIONALE DU CLUB DE PARIS

13 novembre // Paris



LANCEMENT DE LA CHAIRE INDUSTRIELLE ANR SATURNE

27 novembre // Pau

Techniques durables et avancées pour la récupération de l'uranium dans de nouveaux types d'exploitations (LFCR) par l'UPPA / CNRS, Orano et l'ANR

Décembre

TERÉGA INNOV DAY

27 novembre // Pau

Pierre Cézac (LaTEP) présente des projets dans lesquels ISIFoR est impliqué

RÉUNION DE COMMUNICATION DE L'AI CARNOT

9 décembre // Paris

SÉMINAIRE DES DIRECTEURS CARNOT

4 décembre // Paris

ASSISES DE LA RECHERCHE PARTENARIALE

2 décembre // Paris

ANRT en partenariat (dont le Réseau des Carnot)



2026

Janvier

14ÈMES JOURNÉES DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE DE L'ADSORPTION

27-29 janvier // Pau

Organisé par le LFCR
ISIFoR sponsor

AUDIT DE CERTIFICATION QUALITÉ D'ISIFOR PAR LE BUREAU VERITAS

23 janvier // Pau

Février

WEBINAIRE SCIENTIFIQUE AVENIA-ISIFOR #1

13 février // En ligne

Webinaire sur les métaux

Mars

SEMAINE DES TRANSITIONS DE L'UPPA

23-27 mars // Pau

WEBINAIRE GRDF R3 TESNA

5 mars // En ligne

Avril

SÉMINAIRE STRATÉGIQUE DES DIRECTEURS CARNOT

2 avril // Paris

WEBINAIRE SCIENTIFIQUE AVENIA-ISIFOR #2

6 mars // En ligne

Webinaire sur le stockage de gaz



WEBINAIRE SCIENTIFIQUE AVENIA-ISIFOR #3

10 avril // En ligne

Webinaire sur les matériaux

RÉPONSE À L'APPEL À CANDIDATURE PROGRAMME CARNOT 2026 DE L'ANR

09 avril

anr
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Mai

SPECTRATOM

19-22 mai // Pau

Scientifiques et opérateurs francophones de la spectrométrie atomique (optique et masse) organisé par l'IPREM – ISIFoR sponsor

RENCONTRES LABORATOIRES-ENTREPRISES

27 avril // Bordeaux

Organisé par le R3 TESNA
ISIFoR exposant



Juin

SÉMINAIRE ANNUEL DE L'AI CARNOT

8-9 juin // Paris



GEODAYS

16-17 juin // Pau

ISIFoR exposant

18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ZARAGOZA-PAU ON MATHEMATICS AND ITS APPLICATIONS

10-12 juin // Saragosse

Organisée par le LMAP
ISIFoR sponsor

Juillet

SOIRÉE DES PARTENAIRES DE L'UPPA

3 juillet // Pau

RÉUNION CHARGÉS D'AFFAIRES & COMMUNICATION DE L'AI CARNOT

7 juillet // Paris



Octobre

15 ANS D'ISIFoR

1er octobre // Pau

SÉMINAIRE R3 TESNA

5-6 octobre // Bordeaux

Sur la thématique
des matériaux
pour l'énergie



RENDEZ-VOUS CARNOT

21-22 octobre // Paris

GÉO-transitions exposant

15 ANS DU CARNOT ISIFOR

Le jeudi 1er octobre 2026, l'institut Carnot ISIFoR a organisé une après-midi consacrée à ses 15 années d'existence.





À quelques semaines d'un changement de cap vers le consortium Carnot GÉO-transitions, ce moment a été l'occasion de rappeler, par la voix de ses directeurs successifs (Gilles Pijaudier-Cabot, Pierre Cézac et Daniel Brito) les étapes qui ont jalonné la vie du Carnot ISIFoR :

- stratégie et positionnement originel,

- élargissement du nombre de laboratoires labellisés,

- cap mis sur la transition énergétique,

- jusqu'au travail des derniers mois en vue de la constitution d'un nouveau Carnot thématique national : le consortium Carnot GÉO-transitions.

Merci à tout-e-s les intervenant-e-s pour leurs communications qui ont parfaitement mis en lumière l'intérêt du dispositif Carnot : financer la recherche académique et promouvoir la recherche partenariale.

Merci également à Christophe Derail (Vice-Président Partenariat et Innovation - UPPA) dont l'intervention s'est fait l'écho de l'indéfectible soutien que l'UPPA a apporté au Carnot tout au long de ces années.

Enfin, ultime témoignage de gratitude à Claude Jaupart (géophysicien – membre de l'Académie des Sciences – ancien directeur de l'IPGP) qui a clôt cette après-midi par un exposé sur la Zone critique.

Une page se tourne pour ISIFoR, qui termine cette année son existence sous la forme définie par le dispositif Carnot en 2006, tout en continuant d'accompagner à leur terme les projets ressourcés en cours ainsi que les engagements pris dans le cadre de ses activités.

À bientôt pour de nouvelles aventures avec le consortium national thématique Carnot GÉO-transitions.









Merci à eux



Ils ont travaillé pour ISIFoR

Merci à toutes les personnes qui ont œuvré au développement, au rayonnement et à la vie du Carnot ISIFoR







INSTITUT CARNOT ISIFoR

INSTITUT CARNOT ISIFoR

www.carnot-isifor.eu

Université de Pau et des Pays de l'Adour
Présidence - ISIFoR
Avenue de l'Université
BP 576 - 64012 Pau CEDEX

institut-carnot-isifor

ISIFoR | RAPPORT D'ACTIVITÉ 2025-2026