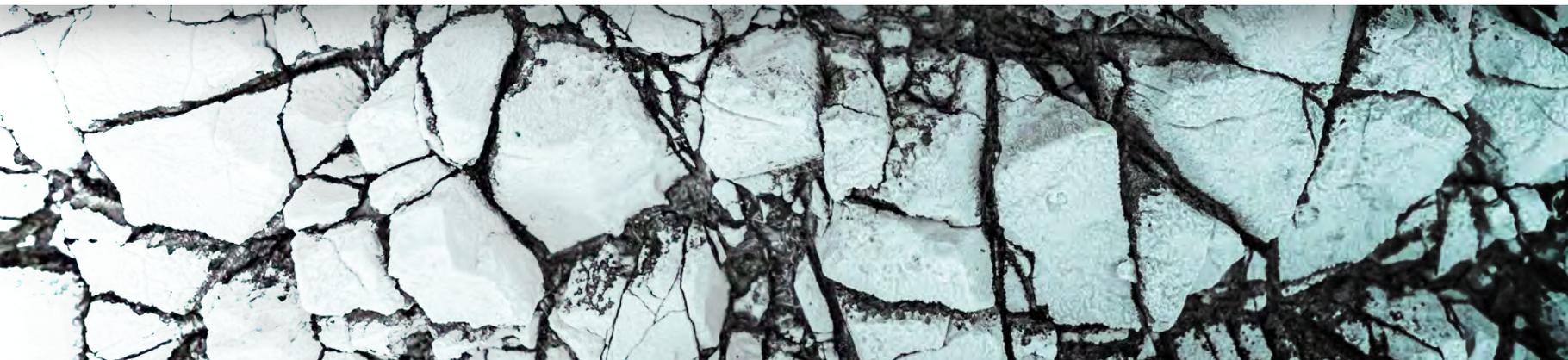


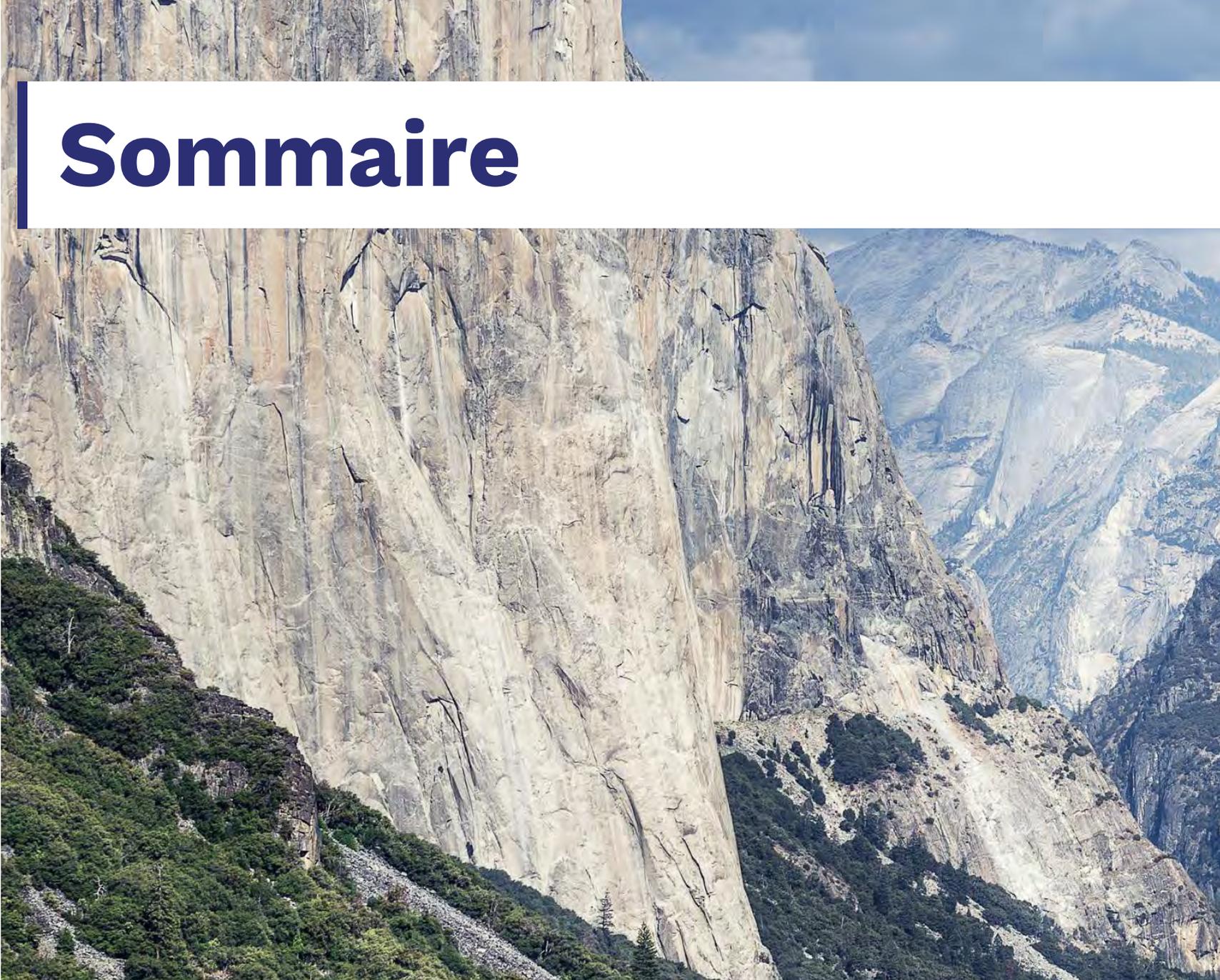


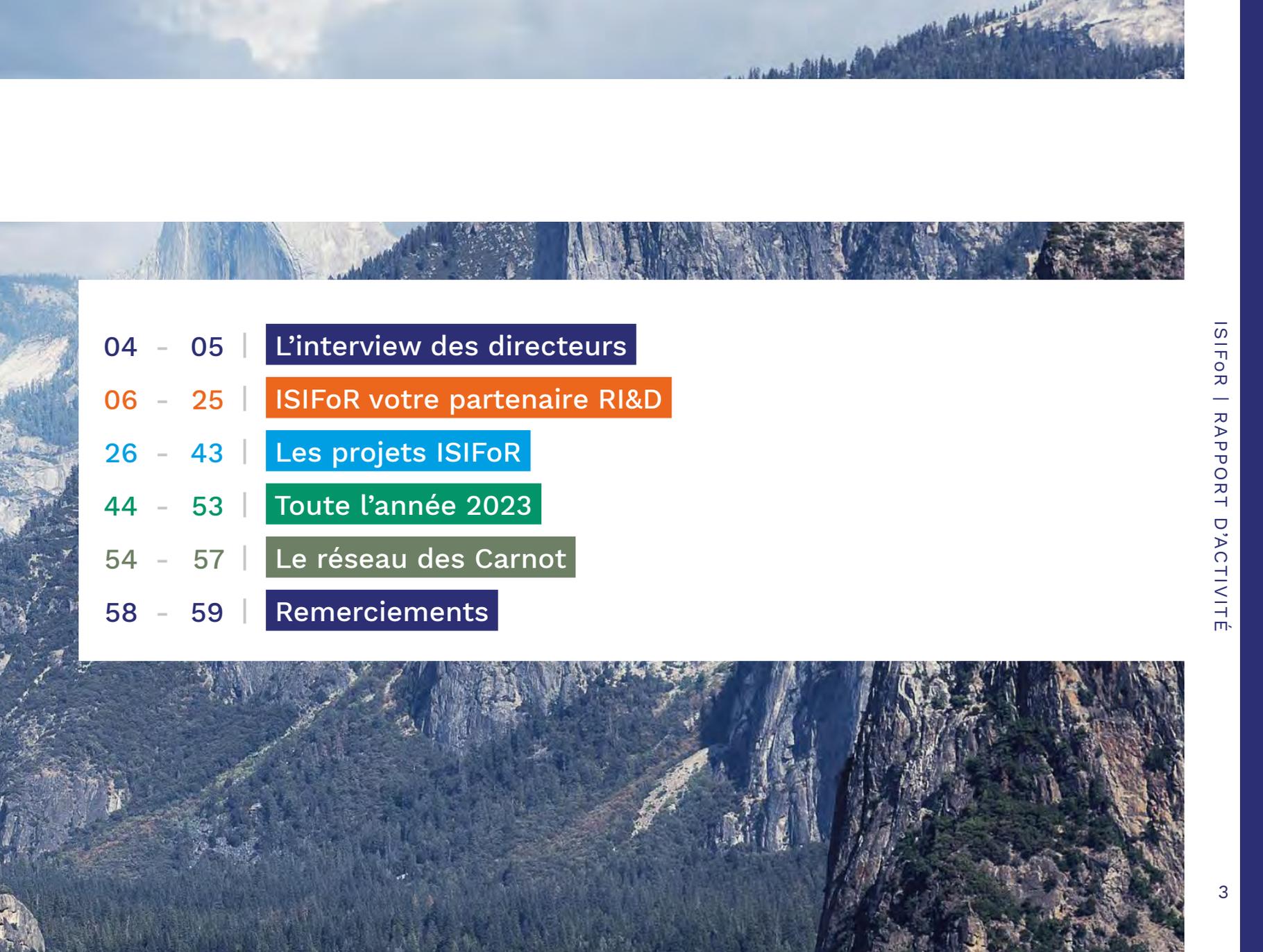
RAPPORT 2023
D'ACTIVITÉ



VOTRE PARTENAIRE RI&D DANS L'INGÉNIERIE DURABLE DES GÉORESSOURCES

Sommaire





04 - 05 | L'interview des directeurs

06 - 25 | ISIFoR votre partenaire RI&D

26 - 43 | Les projets ISIFoR

44 - 53 | Toute l'année 2023

54 - 57 | Le réseau des Carnot

58 - 59 | Remerciements

L'interview des directeurs



▲ Daniel Brito et Pierre Cézac

2023 a été une année particulière pour ISIFoR, notamment parce que nous avons eu deux directeurs : Pierre Cézac et Daniel Brito (qui a assumé le poste de directeur adjoint).

Aujourd'hui (début 2024) le premier tire sa révérence pour aller vers d'autres projets et le second prend la direction de notre institut. Nous les avons réunis pour que l'un, Pierre, nous parle de ses années ISIFoR et que l'autre, Daniel, nous dessine l'institut de demain.

Quel regard portez-vous sur le chemin parcouru ?

[Pierre Cézac] Un regard rempli de sourires. Les chercheurs, les directeurs d'unité, les tutelles, les entreprises membres du COSS ont constitué un groupe qui a porté une vraie dynamique ; aussi bien scientifique, avec les évolutions successives de la feuille de route ISIFoR, que collective. C'est cette dynamique qui nous a permis de prendre place dans la représentation nationale des Carnot. La confiance des tutelles, des présidents successifs de la tutelle principale (l'UPPA !) ainsi que des directeurs d'unités a également été essentielle à cet élan.

Autre point de satisfaction : notre capacité à nous transformer. Issu d'un socle énergies fossiles lors de sa première labellisation en 2011, ISIFoR a su, très vite, entamer sa transition énergétique et écologique (dès 2013).

Quel regard portez-vous sur le chemin à parcourir ?

[Daniel Brito] Il y a différents objectifs sur notre route, comme France 2030 ou zéro émission nette dont l'horizon est 2050. Ce ne sont pas que des mots, nous devons poursuivre cette ligne vitale pour la société. Notre Carnot se situe sur les secteurs clefs des géoénergies et des géoressources. Ils connaissent une mutation très importante (l'hydrogène natif ou les nouveaux matériaux par exemple). Il nous faut donc accompagner pleinement la RI&D sur ces domaines pour continuer à être partie prenante de cet impératif changement.

Quelles sont les choses dont vous êtes le plus fier ?

[Pierre Cézac] Difficile de n'en retenir que quelques-unes... L'évolution de la feuille de route, travail collectif des unités de recherche et de l'équipe opérationnelle en est une. Quel plaisir de partager des visions scientifiques entre des géophysiciens, des mathématiciens, des chimistes, des procédés, des mécaniciens (...), d'en débattre, de construire ensemble



une feuille de route dont l'équipe opérationnelle s'empare jusqu'à échanger des schémas papiers le dimanche. L'illustration qui en découle éclaire le positionnement scientifique du Carnot ISIFoR. Ce n'est pas le produit d'une agence de communication mais le fruit des membres d'ISIFoR. Quelle fierté de voir des directeurs d'unité reprendre ce schéma qu'ils se sont appropriés lors des évaluations HCERES.

La notion de collectif ISIFoR est également un point de fierté. Nous avons co-construit ce Carnot, en particulier avec les directeurs d'unité. Il n'y a jamais eu de points de blocage/tension entre nous alors que nous avons fléché plus de 10 M€ sur des projets recherche dans les différents laboratoires. Il y a des discussions, des échanges mais la transparence de notre fonctionnement et de nos prises de décisions communes ont toujours permis d'avancer sereinement.

Nous avons aussi été un laboratoire d'essai pour les grands projets de l'UPPA ; l'I-Site e2s par exemple. Enfin, un point qui me tient particulièrement à cœur, c'est que le Carnot

soit devenu un véritable facilitateur pour les chercheurs.

Quelles sont les choses qui vous paraissent les plus motivantes ?

[Daniel Brito] À moyen terme, ma motivation première sera le réseau. Nous devons continuer à tisser un réseau partenarial de recherche public-privé le plus complet qui soit, au niveau national, voire international. Son élargissement a pour objectif de répondre le plus efficacement possible aux enjeux d'ingénierie dans le domaine des géoénergies et géoressources qui est notre socle. Pour y arriver nous avons tout le travail réalisé depuis notre première labellisation en 2011 et cela constitue une bonne base.

Nous devons donc l'étendre en nous ouvrant sur l'extérieur mais aussi en répondant aux sollicitations. Car le label Carnot est un gage de confiance qui attire, incorporer des nouveaux partenaires dans ISIFoR est un enjeu important.

Un réseau solide, grand ; dont la dynamique et l'agilité demeurent, quoi de plus inspirant ?

Comment imaginez-vous le Carnot dans 10 ans ?

[Daniel Brito] Encore plus assuré sur ses domaines d'expertise, parfaitement visible et identifié des industriels de l'énergie du sous-sol. De nombreux signes nous indiquent que les partenariats de recherche vont croître dans les 10 années à venir. Les PUI (Pôles Universitaires d'Innovation) vont dans ce sens, dans le même temps des programmes comme le PEPR sous-sol vont faire grandir l'expertise sous-sol et proposer aux industries des recherches encore plus à la pointe avec des sujets et des applications renouvelées. Voici donc beaucoup d'éléments, dont le soutien accru pour les années à venir du MESR et de l'ANR à l'égard du dispositif Carnot, qui concourent à faire monter en puissance notre Carnot, à travers une RI&D plus forte en France et dans le paysage international.



ISIFOR,
VOTRE PA
RI&D



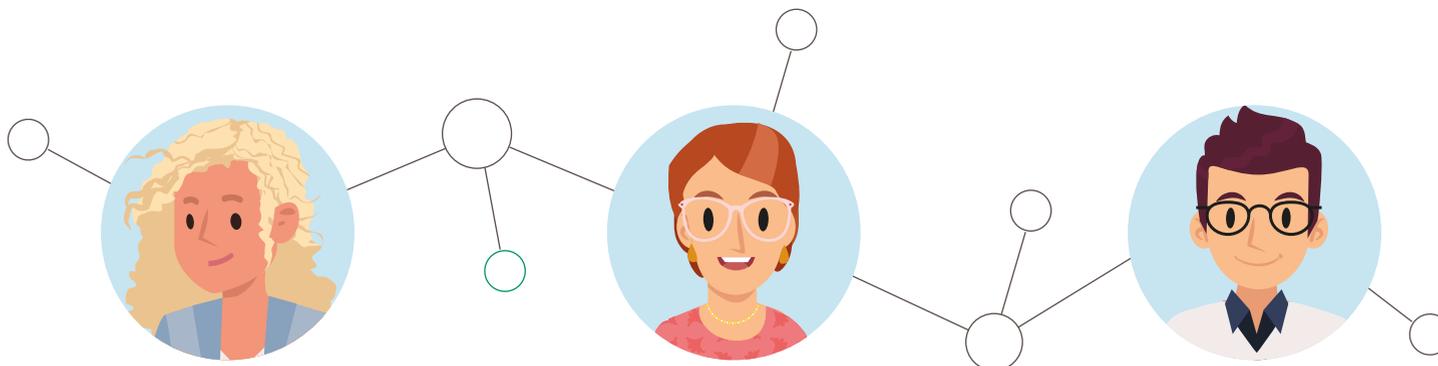
ARTENAIRE



ISIFoR,
VOTRE
PARTENAIRE
RI&D



L'équipe ISIFoR



Virginie CATURLA

Directrice Opérationnelle

à partir de mai 2023

06 31 02 17 57

virginie.caturla@univ-pau.fr

Catherine MAUPEU

Responsable Qualité

catherine.maupeu@univ-pau.fr

Peter MOONEN

Correspondant à l'International

05 59 40 73 30

peter.moonen@univ-pau.fr



Louis DECAM

Responsable

Communication et Événementiel

06 27 18 05 94

louis-frederic.decam@univ-pau.fr

Daniel BRITO

Directeur Adjoint

Directeur (01/01/24)

05 59 40 74 18 | 06 59 61 24 03

daniel.brito@univ-pau.fr

Pierre CÉZAC

Directeur

pierre.cezac@univ-pau.fr

La feuille de route du Carnot ISIFoR

Aller vers la décarbonation des énergies



Géologie Le sous-sol est un domaine clé pour la transition énergétique : on y trouve les énergies fossiles, la chaleur de l'énergie géothermale, des ressources en eau, des réservoirs pouvant stocker de l'énergie et des matières premières essentielles pour la transition.

CCUS Les technologies de captage, stockage et d'utilisation peuvent contribuer à l'objectif de neutralité carbone en attendant le développement à plus grande échelle d'un mix énergétique décarboné.

Stockage énergie Le sous-sol peut être un lieu de stockage d'énergie afin de répondre à l'intermittence de la production des énergies renouvelables.

Hydrogéologie Cette science étudie les interactions entre les structures géologiques du sous-sol et les eaux souterraines qui y circulent.

Biogaz Le biogaz est le gaz produit par la fermentation de matières organiques en l'absence d'oxygène.

Mix énergétique Répartition d'énergies primaires diverses dont la variabilité doit être ajustée en permanence dans un contexte de production intermittente.

Géorressources Elles représentent l'ensemble des ressources énergétiques issues du sous-sol.

Le fonctionnement du Carnot ISIFoR :

un institut dédié à l'accompagnement de la recherche partenariale

ISIFoR en sa qualité d'institut Carnot, a pour vocation d'accompagner le développement des travaux de recherche, entre les laboratoires académiques et les acteurs socio-économiques, principalement des entreprises (de la PME aux grands groupes), en réponse à leurs besoins.

La recherche partenariale constitue un important levier pour l'économie en favorisant l'innovation des entreprises, gage de compétitivité et de croissance.

EN MODE COLLABORATIF

En répondant ensemble à des appels à projet de type ANR, Europe, etc. - bénéficiant de financement public.

EN MODE CONTRACTUEL

En direct entre votre entreprise et nos laboratoires - les conditions de collaborations étant décrites dans un contrat.

EN PARTENARIAT AVEC LES ACTEURS DE L'INNOVATION

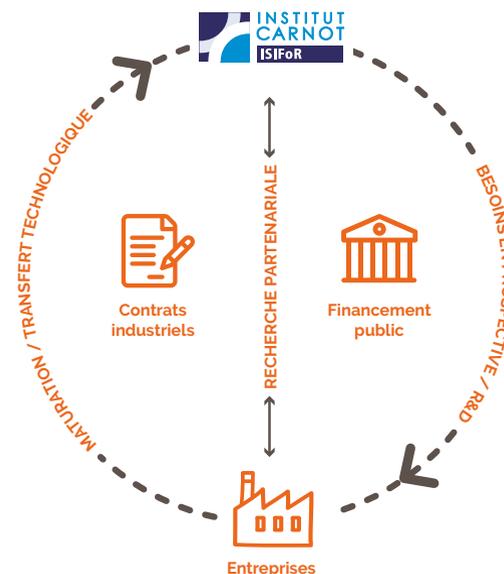
Pôles de compétitivité, SATTs, ADI (Agence Développement de l'Innovation), CCI Réseau Régional de l'Innovation (RRI), etc.

EN BÉNÉFICIAIRE DU RESSOURCEMENT

Grâce à l'abondement, chaque année l'institut finance, par le biais d'un appel à projet interne, une vingtaine d'actions de recherche sélectionnées par le COSS (après proposition du CoDiR)

Ces actions dites de ressourcement ont pour objectifs de développer le potentiel de recherche partenariale, d'augmenter la visibilité et de structurer l'offre de compétences et de services.

Les modes d'action



La gouvernance ISIFoR

Composée de trois instances (Bureau, CODIR et COSS) la gouvernance d'ISIFoR a pour mission de définir une ligne scientifique, positionner le Carnot stratégiquement et mettre en œuvre au quotidien ses décisions.



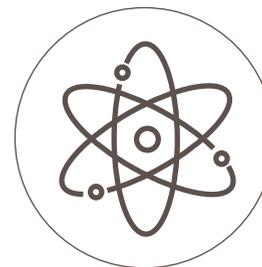
COSS

Comité d'OriEntation Stratégique et Scientifique



CODIR

COmité de DIRection



Bureau

Rôle Il définit les axes stratégiques d'ISIFoR et répartit les moyens financiers.

Composition Il se compose pour moitié d'académiques et pour moitié d'industriels et de partenaires socio-économiques.

Rôle Il œuvre à la mise en œuvre du ressourcement en cohérence avec la politique scientifique et selon les recommandations du COSS.

Composition il rassemble des membres de direction des laboratoires et des tutelles.

Équipe 2023

Pierre CÉZAC (directeur)

Daniel BRITO (directeur adjoint)

Virginie CATURLA (directrice opérationnelle)

Catherine MAUPEU (responsable qualité)

Louis-Frédéric DECAM (communication et événements)

Les chiffres clés d'ISIFoR en 2022



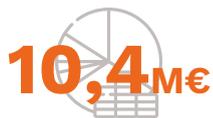
LABORATOIRES
de recherche publique



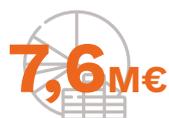
ETP
équivalent temps plein



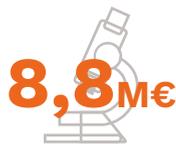
DOCTORANTS
dont 32 CIFRE



RECHERCHE
partenariale* avec le
monde socio-économique



RECHERCHE
contractuelle avec le
monde socio-économique
(pour l'abondement)



RECHERCHE
partenariale* hors monde
socio-économique



PUBLICATIONS
de rang A

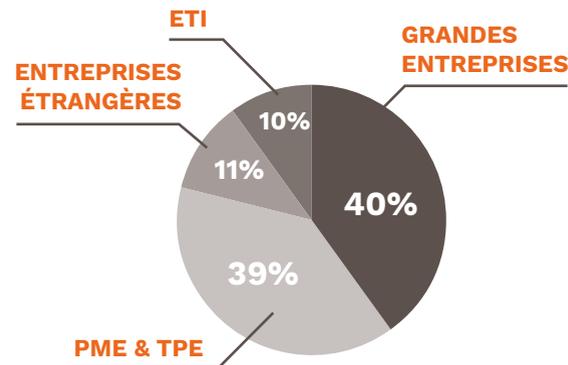


BREVETS
en portefeuille

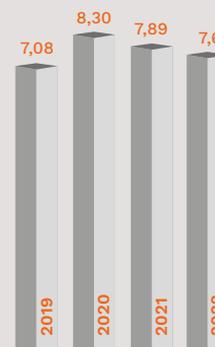


DÉCLARATIONS
d'inventions et
et brevets déposés

Typologie des entreprises partenaires



Recherche contractuelle public-privé du Carnot ISIFoR



Recherche contractuelle pour l'abondement de 2019 à 2022 en millions d'euros

* Sur l'année 2019, changement de périmètre

* Recherche partenariale = recherche contractuelle + recherche collaborative subventionnée

LES ACTIONS FINANCÉES EN 2023

Le ressourcement ISIFoR est réalisé sur la base d'une subvention annuelle accordée par l'ANR (abondement). Au terme d'un Appel à Projets communiqué à l'ensemble des laboratoires labellisés ISIFoR une vingtaine de projets scientifiques et mobilités internes chercheurs ont été ressourcés.

Laboratoire(s)	Responsable du projet	Nom du projet	Montant subvention
EPOC	Raphael Bourillot	AMORES de l'affleurement numérique au modèle réservoir : application aux réservoirs géothermiques deltaïques et estuariens	60 000 €
GET	Sébastien Chevrot	IMACOM Imagerie passive des corps de manteau exhumé dans la région du Comminges	57 000 €
GET & IMFT	Stéphanie Duchêne	PyrTherm Potentiel du front des Pyrénées pour la géothermie profonde	60 000 €
IMFT	Franck Plouraboué	DIGITPORFRAC Méthodes images digitales pour l'estimation des couplages hydrauliques et de transport en milieux poreux fracturés	60 000 €
IPREM	Robert Duran	BioVal Valorisation de déchets par des communautés microbiennes produisant des bioplastiques : caractérisation des communautés microbiennes et optimisation du bioprocédé	60 000 €
IPREM	Karinne Miqueu	ActHyCO2-MoAL Activation de H ₂ et CO ₂ par des systèmes moléculaires Molybdène/Acide de Lewis pour la synthèse de substrats à haute valeur ajoutée	60 000 €
IPREM	Dirk Schaumlöffel	TRANSITION Métaux critiques dans les roches riches en aluminium et les boues rouges : évaluation du potentiel économique de ces matériaux par imagerie NanoSIMS	60 000 €
LaTEP & LFCR DMEX	Marie Poulain	ReaThermStock Caractérisation thermodynamique et cinétique des systèmes (gaz+eau+roche) pour les applications de stockage souterrain de gaz	60 000 €
LaTEP Inter-Carnot M.I.N.E.S	Frédéric Marias	MOPYFLUID Adaptation de modèles cinétiques pour la pyrolyse rapide de biomasse en lit fluidisé	56 500 €
LFCR & IPREM	Patrice Bordat	COSMICC Conception de silices micro-/mésoporeuses pour la capture du CO ₂	60 000 €
LFCR & IPREM	Clarisse Bordes	MONITOR Monitoring haute densité des émanations d'hydrogène	60 000 €
LFCR & DMEX GET	Hannelore Derluyn	CarnoNET'S Étude 4-D des interactions fluide-roche sur les scories des mines de la Nouvelle-Calédonie : implication pour la carbonatation minérale à basse température et les « Negative Emission Technologies »	60 000 €
DMEX & LFCR	Peter Moonen	MICOR Minimisation de la consommation d'eau dans la récupération du lithium in situ	60 000 €
LFCR	Laurent Perrier	CITHYSE Cinétique de capture de l'hydrogène dans des matériaux hybrides obtenus par confinement d'urée au sein de matrices nanoporeuses	60 000 €
DMEX & LFCR Inter-Carnot IFPEN RE	Pascale Sénéchal	ExploH₂ Étude du potentiel H ₂ de la zone intracratonique nord-américaine	60 000 €
SIAME & LaTEP	Anton Gusev	HPP-CO2 Générateur de hautes puissances pulsées à état solide pour la conversion du CO ₂ par plasma non thermique	60 000 €
SIAME & LaTEP	Tarik Kousksou	H2PCSC Élaboration d'un outil permettant l'analyse dynamique d'une installation de production, compression, stockage et conversion de l'hydrogène vert	60 000 €
			1 013 500 €

Nos laboratoires

IPREM

Institut des sciences analytiques
et de Physico-chimie pour
l'Environnement et les Matériaux
Pau / Anglet / Mont-de-Marsan

LFGR

Laboratoire des
Fluides Complexes
et leurs Réservoirs
Pau / Anglet

LaTEP

Laboratoire
de Thermique,
Énergétique
et Procédés
Pau / Tarbes

LMAP

Laboratoire
de Mathématiques
et de leurs
Applications
Pau / Anglet

SIAME

Laboratoire des Sciences
pour l'Ingénieur Appliquées
à la Mécanique et au génie
Électrique - Pau / Anglet

EPOC

Environnements et
Paléoenvironnements
Océaniques et
Continents - Bordeaux

GET

Géosciences
Environnement
Toulouse

IMFT

Institut de Mécanique
des Fluides de Toulouse

DMEX

Développement
de Méthodologies
Expérimentales - Pau

CHLOE

Computational
Hydrocarbon Laboratory
for Optimized Energy
Efficiency - Pau

OPERA

Applied Geophysical
Research Group - Pau





EPOC

NOM

Environnements et Paléoenvironnements
Océaniques et Continentaux
Équipes GeolSed et PROMESS de l'UMR EPOC
UMR CNRS 5805, Univ Bdx, INPB

SECTEURS D'APPLICATION

- ◆ Environnement
- ◆ Géoressources

COMPÉTENCES

GeolSed

La thématique générale de l'équipe est de comprendre les processus sédimentaires, structuraux et diagénétiques à l'origine des systèmes sédimentaires actuels et anciens.

Elle se structure autour de quatre axes et deux actions transverses :

- ◆ l'axe 1 rassemble les travaux sur l'architecture des bassins sédimentaires aussi bien dans l'ancien que pour les bassins modernes,
- ◆ l'axe 2 traite des hétérogénéités dans les systèmes sédimentaires réservoirs,
- ◆ l'axe 3 propose d'étudier les transferts, processus et environnements sédimentaires marins et continentaux, à différentes échelles de temps et d'espace,

- ◆ l'axe 4 a pour objectif l'étude des aléas géologiques directement ou indirectement associés aux séismes et aux mouvements gravitaires.

Deux actions transverses viennent compléter ces axes :

- ◆ l'action transverse 1 rassemble les activités d'observations ou instrumentation de l'équipe,
- ◆ l'action transverse 2 regroupe les activités de modélisation.

PROMESS

L'équipe PROMESS a un objectif majeur : développer une approche scientifique globale permettant de répondre aux enjeux liés au changement climatique et à la pollution des sols et des eaux souterraines. Nos quatre grandes problématiques sont : la caractérisation, la compréhension des transferts et réactions, la modélisation inverse et enfin l'aide à la décision sous incertitude. Ces problématiques sont appliquées à plusieurs échelles sur les sols et les eaux souterraines, systèmes particulièrement hétérogènes.



GET

NOM

Géosciences Environnement Toulouse
UMR CNRS 5563 - UR 234 IRD, UM97 - Paul Sabatier, CNES

SECTEURS D'APPLICATION

- ◆ Sciences de la Terre (Terre interne, Géodynamique, Géoressources)
- ◆ Sciences de l'environnement (Zone critique, Ressources en eau, Variabilité climatique, Interactions Contaminants – Environnement – Santé)
- ◆ Ressources énergétiques (métaux stratégiques, géothermie, H₂ naturel) – Stockage et valorisation du CO₂, géomatériaux
- ◆ Observation spatiale

COMPÉTENCES

Approche pluridisciplinaire : Géologie, Géophysique, Géochimie, Géodésie, Hydrologie, Pédologie, Sociologie

- ◆ **Évolution et dynamique Terrestre**
 - Evolution de la Terre et des reliefs (Formation de la Terre primitive ; Différenciation, structure et déformation de la lithosphère ; Construction et érosion des reliefs ; Transferts aux interfaces)

- Géoressources (ressources stratégiques et ressources énergétiques décarbonées ; Exploitation durable des géoressources ; Géomatériaux)
- Aléas Telluriques (Caractérisation des aléas sismiques, volcaniques, gravitaires)

◆ Environnements & Climats actuels et passés

- Grands cycles hydrologiques et (bio)géochimiques (Cycle de l'eau et des éléments chimiques, Disponibilité et qualité des ressources en eau ; Dynamique des grands fleuves et bassins versants ; Interactions fluides-roches-vivant dans la zone critique)
- Paléo-environnements et paléo-biosphères (Reconstitution des paléo-environnements ; Climats et biodiversité ; Evolution du climat)
- Cycle du C et GES (Stockage, séquestration et usage du CO₂ (CCUS); Gaz à effets de Serre (GES) en milieu aquatique ou arctique)

◆ Interactions Environnement - Sociétés

- Vulnérabilité des écosystèmes et habitabilité des territoires (Usages et qualité de l'eau et des sols ; Remédiation et réhabilitation des milieux exploités ; Recyclage,

déchets, mines urbaines)

- Cycle et transferts des contaminants (Cycle des contaminants métalliques, métalloïdes, microplastiques ou biologiques ; Traçage des sources ; Interactions fluides-roches-vivant)
- Risques sanitaires et environnementaux (Interactions Contaminants - Environnement – Santé)

◆ Observations, données et modèles pour les géosciences et l'environnement

- Préparation et exploitation de missions spatiales : Terre solide/hydrologie (mission d'observation de la Terre ou planétaires)
- Services d'appui à l'étude du système Terre : Géodésie/hydrologie/océanographie/géochimie Produits et systèmes de référence géodésique terrestre ; Services et infrastructures de recherche)
- Activités R&D : Géochimie/géophysique/hydro-météorologie (Imagerie/traitement du signal/code numérique ; Instrumentation; Expérimentation)



IMFT

NOM

Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse
UMR CNRS 5502, Toulouse INP, UT3 - Paul Sabatier

SECTEURS D'APPLICATION

- ◆ Ingénierie (énergies, procédés, matières premières...)
- ◆ Génie nucléaire et pétrolier
- ◆ Aéronautique, Transports et applications spatiales
- ◆ Environnement

COMPÉTENCES

- ◆ Aérodynamique, Interactions fluide-structures, Turbulence
- ◆ Phénomènes de Transfert et réactions, Combustion
- ◆ Ecoulements diphasiques, changements de phase
- ◆ Ecoulements et Transferts dans les milieux poreux
- ◆ Hydro-Géologie, éco-hydraulique



IPREM

NOM

Institut des Sciences Analytiques et de Physico-Chimie pour l'Environnement et les Matériaux

UMR CNRS 5254 - Université de Pau et des Pays de l'Adour

SECTEURS D'APPLICATION

- ◆ Environnement
- ◆ Stockage et conversion de l'énergie
- ◆ Santé, Cosmétique
- ◆ Transport (Aéronautique, Automobile)
- ◆ Valorisation de la biomasse
- ◆ Gestion du sous-sol et des ressources carbonées

COMPÉTENCES

- ◆ **Chimie Analytique, Physique et Théorique**
 - Développement de nouveaux concepts, outils et méthodes d'analyse, de caractérisation et de modélisation (expérience et théorie).
 - ◆ **Chimie et Microbiologie de l'Environnement**
 - De la molécule à l'écosystème : compréhension des mécanismes chimiques et biologiques contrôlant le devenir et les effets des contaminants et des traceurs.
 - ◆ **Physico-Chimie des surfaces et Matériaux polymères**
 - Les thèmes de recherche du Pôle «Physico-Chimie des Surfaces et Matériaux Polymères» concernent la synthèse et l'élaboration des matériaux, leur caractérisation physico-chimique, l'étude de leur réactivité, ainsi que la compréhension de la relation entre leur structure et leurs propriétés à plusieurs échelles.
- 

LaTEP

NOM

Laboratoire de Thermique, Energétique et Procédés

UR 1932 - Université de Pau et des Pays de l'Adour

SECTEURS D'APPLICATION

- ◆ Énergie
- ◆ Environnement
- ◆ Biomasse, biocarburants
- ◆ Industries chimiques et pétrolières
- ◆ Production, distribution, stockage et conversion de l'énergie
- ◆ Moteurs, cogénération

COMPÉTENCES

- ◆ **Expérimentation et optimisation numérique des systèmes énergétiques**
 - L'axe thématique « Expérimentation et optimisation numérique des systèmes énergétiques » s'intéresse à l'étude des systèmes de production, conversion, stockage et distribution de l'énergie.

◆ Procédés pour l'environnement

- L'axe thématique « Procédés pour l'environnement » s'intéresse à des phénomènes de transferts couplés (quantité de mouvement, matière et chaleur), de séparation solide-liquide et solide-gaz, et aux processus de cinétique et de sorption afin de développer des outils innovants pour améliorer la qualité de l'environnement, l'élimination et la valorisation des déchets.

◆ Thermodynamique des systèmes aqueux multiphasiques réactifs et procédés associés

- La caractérisation thermodynamique des systèmes complexes, est une compétence historique du LaTEP. Depuis une dizaine d'année, le laboratoire a développé une forte compétence dans la caractérisation des systèmes électrolytiques réactifs multiphasiques sous pression. Le domaine d'application principal est le transport, le stockage et la production d'énergies bas carbone.

LFCR

NOM

Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs

UMR CNRS 5150 - Université de Pau et des Pays de l'Adour

SECTEURS D'APPLICATION

- ◆ Exploration-production du pétrole et du gaz
- ◆ Matériaux innovants
- ◆ Caractérisation des comportements des fluides en subsurface
- ◆ Captage et stockage du CO₂
- ◆ Gestion et monitoring de la subsurface
- ◆ Réservoirs en subsurface, milieux poreux
- ◆ Bio-carburants
- ◆ H₂ natif

ÉQUIPES

◆ Interfaces et Systèmes Dispersés

- L'équipe ISD (Interfaces et Systèmes Dispersés), pilotée par Patrice CREUX, s'intéresse à la physicochimie et thermodynamique des interfaces et à leurs effets sur les systèmes dispersés en milieux libres ou confinés, en se basant sur un parc expérimental dédié (microscopie et ombroscopie, capillaires microfluidiques, large gamme HP HT) nourrissant des simulations numériques, dans le but d'étudier émulsions et dispersions de gaz et d'hydrates, la séparation et la purification de mélanges gazeux, le piégeage/dépiégeage en milieu poral.

◆ Propriétés Thermophysiques

- L'équipe Propriétés Thermophysiques, dirigée par Romain VERMOREL, étudie le comportement microscopique et moléculaire des fluides en milieux très confinés, en associant l'expérimentation, la modélisation, puis simulation (moléculaire) pour déterminer les comportements des fluides et mélanges de fluides en subsurface.

◆ Mécanique et Physique en Milieux Poreux

- Le groupe MPPM (Mechanics and Physics of Porous Media), piloté par David GREGOIRE, s'intéresse au comportement mécanique des milieux poreux, aux couplages fluides-solides et aux propriétés de transport dans ces milieux au sens large, ainsi qu'aux matériaux de construction innovants et biosourcés, enfin aux méthodes de captage et purification de gaz (entre autres le CO₂).

◆ Caractérisation des Réservoirs Géologiques

- L'équipe CRG (Caractérisation des Réservoirs Géologiques), pilotée par Daniel BRITO, a pour objectif l'analyse des propriétés et des caractéristiques des systèmes réservoirs géologiques, la dynamique des bassins montagneux et salifères, le développement de méthodes géophysiques et géochimiques innovantes d'études de la subsurface (monitoring des masses d'eau, de l'H₂, traçages par gaz rares), et les systèmes naturels de production d'H₂ natif.



LMAP

NOM

Laboratoire de Mathématiques et de leurs Applications de Pau

UMR CNRS 5142 - Université de Pau et des Pays de l'Adour

SECTEURS D'APPLICATION

- ◆ Énergie
- ◆ Aéronautique
- ◆ Environnement
- ◆ Sécurité de fonctionnement

COMPÉTENCES

- ◆ **Analyse mathématique** : analyse des équations aux dérivées partielles déterministes ou stochastiques, optimisation, systèmes dynamiques, modélisation mathématique,
- ◆ **Analyse numérique et simulation** : méthodes de discrétisation pour les EDP, approximation, problèmes inverses, calcul scientifique et calcul haute performance,
- ◆ **Probabilités et statistique** : modélisation stochastique, analyse probabiliste, traitement statistique des données, big data, intelligence artificielle, inférence semi-paramétrique et non paramétrique.

SIAME

NOM

Laboratoire des sciences pour l'ingénieur appliquées à la mécanique et au génie électrique

UR 4581 - Université de Pau et des Pays de l'Adour

SECTEURS D'APPLICATION

- ◆ **Génie civil** : sûreté des ouvrages et construction bas-carbone
- ◆ **Procédés haute tension** : militaires (protection des populations, radar), traitements agro-alimentaires, géophysiques (fracturation) et médicales (électro-chimiothérapie)
- ◆ **Écoulements et énergétique** : systèmes énergétiques, automobile, bâtiment, énergies renouvelables
- ◆ **Génie côtier** : submersion, impact, ouvrages de protection, tsunami, énergie houlomotrice

COMPÉTENCES

◆ Géomatériaux et Structures

- Comportement des géomatériaux (sol, béton, roche), matériaux et structures environnement sollicitants (incendie, attaques chimiques, pression / température), valorisation sous-produits miniers et terre d'excavation

◆ Procédés Haute Tension

- Génération de hautes tensions transitoires et de forts courants impulsionsnels, développement de dispositifs de mesure HT, optimisation de processus industriels à partir des hautes puissances pulsées.

◆ Écoulements et Énergétique

- Écoulements multiphasiques, intensification des transferts, mélange chaotique, stockage d'énergie thermique, matériaux à changement de phase, caractérisation thermique

◆ Interactions Vagues-Structure

- Modélisation numérique des vagues et notamment de l'interaction vagues / structure, mesures in situ de l'environnement physique littoral.

CHLOE

NOM

Computational Hydrocarbon Laboratory for Optimized Energy Efficiency

ADERA & Université de Pau et des Pays de l'Adour

SECTEURS D'APPLICATION

- ◆ Industrie pétrolière
- ◆ Stockage de gaz et d'énergie
- ◆ Transition énergétique

COMPÉTENCES

CHLOE est une plateforme scientifique R&D, spécialisée dans la modélisation des processus hydromécaniques dynamiques dans les roches à différentes échelles, des pores microscopiques aux réservoirs souterrains à grande échelle. C'est un acteur reconnu dans la modélisation de l'écoulement des fluides, dans un cadre multiphysique (y compris l'énergie électrique à l'intérieur des réservoirs), par sa capacité à développer et à intégrer des méthodes innovantes permettant d'aborder les sujets à l'échelle optimale via une description physique idoine et des analyses pertinentes.

CHLOE a développé une expertise avec des codes industriels et de R&D à la pointe de la technologie pour répondre aux besoins suivants :

- ◆ Simulation multiphysique et couplage à différentes échelles : écoulement, géomécanique, thermique (échangeur de chaleur optimisé, pyrolyse...), et transport réactif incluant la géochimie et les dépôts solides,
- ◆ Analyse comparative,
- ◆ Modélisation près du puits, phénomènes transitoires et/ou couplés,
- ◆ Evaluation et amélioration des performances des puits,
- ◆ Modélisation de fluides complexes et thermodynamique avancée,
- ◆ Conception et analyse d'expériences en laboratoire et de projets pilotes sur le terrain,
- ◆ Outils d'analyse et de visualisation des données.

Récemment, CHLOE est impliqué dans :

- ◆ Le développement des outils et des flux de travail pertinents pour les simulations à l'échelle des pores de la roche afin d'en déduire les perméabilités absolues et relatives,

- ◆ L'amélioration significative de la compréhension du stockage géologique du CO₂ ou de nouveaux carburants (y compris H₂), l'élaboration des modèles et des méthodologies appropriés, l'évaluation des simulateurs couplés réservoir-géomécanique, et de projets industriels,
- ◆ Le développement des modèles à mettre en œuvre dans les simulateurs de réservoirs et de stockage de gaz,
- ◆ L'évaluation de techniques de production d'énergie souterraine.

DMEX

NOM

Développement de Méthodologies
EXpérimentales

UAR 3360 - CNRS - Université de Pau et des
Pays de l'Adour

SECTEURS D'APPLICATION

- ◆ Géosciences
- ◆ Science des matériaux
- ◆ Transition énergétique.

COMPÉTENCES

- ◆ Imagerie 3D et 4D non destructive
- ◆ Imagerie in situ (sous pression, température, etc.) et operando (écoulement, cyclage électrochimique, contrainte mécanique, etc.)
- ◆ Traitement d'image avancé
- ◆ Développement instrumentation et protocoles dédiés



OPERA

NOM

Applied Geophysical Research Group

ADERA & Université de Pau et des Pays de l'Adour

SECTEURS D'APPLICATION

- ◆ Industrie pétrolière
- ◆ Environnement

COMPÉTENCES

- ◆ Méthodes géophysiques appliquées.
- ◆ Caractérisation et monitoring des réservoirs du sous-sol.
- ◆ Imagerie 3D sismique pour les réservoirs complexes.
- ◆ Simulation numérique de la propagation des ondes.
- ◆ Traitement de signal appliqué aux données géophysiques.
- ◆ Résolution numérique des problèmes inverses en géophysique.



The background is a marbled paper pattern with a mix of blue, teal, and gold-brown colors. The pattern consists of irregular, vein-like shapes and spots. A solid blue vertical bar is located on the left side of the image.

LES PRO
SIFOR

PROJETS

LES
PROJETS
ISIFoR

—

Chaire de géologie structurale et d'exploration : 10 années de support par le Carnot ISIFoR

Née d'une rencontre ; celle de Jean-Paul Callot¹ et Jean-Claude Ringenbach² ; la chaire de géologie structurale et géologie d'exploration a œuvré pendant 10 ans à la recherche géologique sur de nombreux sujets.

ACCOMPAGNEMENT AU LONG COURS

Un Carnot peut suivre de très près, durant de longues années, certains projets spécifiques de ses laboratoires. Voici, dans les pages qui suivent, trois exemples de compagnonnages étroits entre le Carnot ISIFoR et la recherche (chaire de géologie structurale, Unité Mixte de Service DMEX et l'exemple du stockage de gaz souterrain avec le laboratoire EPOC). Ils illustrent la manière dont le Carnot s'associe à une politique scientifique ambitieuse ou fournit un soutien opérationnel et administratif solide qui facilite la recherche.



▲ Virginie Buil et Virginie Caturla

En 2011 cette chaire fait ses premiers pas, tournée dans un premier temps sur la tectonique salifère, puis rapidement elle grandit, augmentant son champ d'action, pour explorer de nouveaux terrains de recherche.

Tout juste créé cette même année, l'institut Carnot ISIFoR s'est avéré être un compagnon de route de la jeune chaire. Il a en effet été à la manœuvre, nécessaire travailleur de l'ombre, lors du montage de ce partenariat industriel avec la DRV³ de l'UPPA. Une première côté recherche, côté UPPA et pour ISIFoR. Nous revenons sur ce moment particulier avec : Jean-Paul Callot, Virginie Buil⁴ et Virginie Caturla⁵.

[ISIFoR] Vu côté recherche, en quoi le travail d'ISIFoR a été important lors de la création de la chaire géologie, puis tout au long de son existence ?

[Jean-Paul Callot] Le premier avantage qu'offre ISIFoR est sa compréhension du monde industriel qui est aussi aiguë que celle du monde académique. La construction, le montage et la mise en route des collaborations se fait de manière naturelle et efficace, ce qui est éminemment appréciable.

Qui plus est l'existence d'interlocuteurs de formation scientifique, à la position stable dans le temps, sont autant d'éléments rassurants et qui permettent de se projeter à chaque instant lors du développement de nouveaux projets.

Par ailleurs, l'existence d'une structure permettant le financement de projets innovants est un plus qui permet d'envisager, en complémentarité des projets collaboratifs avec nos partenaires, de proposer de financer des sujets plus borderline ou novateurs, qui peuvent ne pas trouver dès le début du soutien auprès des partenaires.

[ISIFoR] Vous étiez en charge du montage de ce partenariat industriel hors norme. Comment s'est passée la mise en place de la chaire géologie côté ISIFoR et UPPA (DRV) ?

[Virginie Buil & Virginie Caturla] Nous étions toutes les deux dans de nouveaux postes (depuis quelques mois pour l'une et l'autre) et la chaire est arrivée. On prenait notre rôle sur le montage, situation qui nous a conduit à faire un certain nombre de choix pour se structurer : fonctionnement (nécessité d'une parfaite coordination) et choix sur les outils à mettre en place. Cela nous a demandé

¹ Professeur des universités à l'UPPA, directeur du LFCR (UMR 5150), porteur de la chaire ² Expert en géologie structurale chez Total ³ Direction de la Recherche et de la Valorisation

⁴ Directrice du service des grands projets, elle a occupé le poste de directrice opérationnelle du Carnot ISIFoR de 2011 à 2023 ⁵ Directrice opérationnelle du Carnot ISIFoR depuis 2023, elle était lors du montage de la chaire Chargée des contrats R&D à la DRV



▲ Jean-Paul Callot en discussion avec des collègues australiens (crédits J.-C. Ringenbach)

de la réflexion car ces derniers n'existaient pas encore et la chaire était appelée à vivre plusieurs années. Pour ne pas refaire sans cesse les mêmes choses il fallait construire des outils pérennes. Ce rapprochement entre valorisation (DRV) et le Carnot a été bénéfique pour tout le monde.

Concrètement, nous avons en ligne de mire une chose principale : décharger le chercheur pour qu'il se consacre au maximum à la science. Pour cela il a fallu dans un premier temps travailler le contrat-cadre de la chaire où l'on trouve, les parties prenantes et les données d'entrée comme le projet scientifique et les éléments financiers (avec les fiches de coût notamment). Cela donnait une structure et c'est cette structure qui a accompagné la chaire pour toute sa durée.

[ISIFoR] Une fois cet important travail initial réalisé quel a été le rôle d'ISIFoR tout au long des dix années d'existence de la chaire géologie ?

[Virginie Buil & Virginie Caturla] Tout était posé comme on vient de l'exposer, mais il restait à accompagner la chaire. Il y a un quotidien, ancré dans le suivi des actions et du travail, ceci n'est

cependant qu'une partie de ce que nous avons fait. Il y avait des requêtes qui pouvaient « sortir du chapeau » en fonction des besoins ; missions sur le terrain, nouveau doctorant ou post-doc... pour chacune de ces situations il y avait des accords spécifiques prêts à être utilisés et surtout prénégociés avec le partenaire. Le chercheur n'avait plus qu'à venir avec les données d'entrée (dates, coûts, projet scientifique, recrutement...) et tout allait très vite. Cela fonctionnait comme cela en « interne ». En ce qui concerne le partenaire (avec son service contrats) il y avait un point annuel pour faire le bilan du réalisé et de ce qui était prévu.

[ISIFoR] Quels ont été les enseignements d'une telle expérience ?

[Virginie Buil & Virginie Caturla] Ils sont nombreux. En premier lieu la solidité et la permanence du binôme que nous étions devenu a permis un travail sans soubresaut et agile. Par ailleurs, la confiance manifestée dès le départ par Jean-Paul Callot et Jean-Claude Ringenbach de Total vis-à-vis de

notre « équipe » a également été l'un des garants de la réussite de cette chaire : chacune était dans son rôle et cela se sentait.

Un tel travail est également utile car il a permis à l'UPPA d'inspirer d'autres projets importants comme les chaires e2s par exemple. Côté ISIFoR, le Carnot était tout jeune à l'époque, cela a été une formidable vitrine de ce que faisait l'un de nos laboratoires, cela a été mis en avant lors de présentations au réseau des Carnot, enfin c'était une manière d'être visible chez le partenaire qui nous identifiait et nous reconnaissait.

DMEX : d'UMS (Unité Mixte de Service) à UAR (Unité d'Appui à la Recherche) la multiplicité de l'accompagnement d'ISIFoR

Né en 2011, le Centre d'imagerie DMEX (Développement de Méthodologies EXpérimentales) a noué un dialogue fructueux et continu avec le Carnot ISIFoR.



▲ Peter Moonen¹

Depuis son entrée dans le Carnot en 2016, DMEX a en effet travaillé, directement comme porteur ou comme intervenant sur 11 projets financés par ISIFoR. C'est l'illustration d'une belle rencontre ; cohérente, sur des terrains partagés.

À l'origine uniquement concentré sur les géosciences DMEX a à présent ajouté bien des aspects de la transition énergétique dans le scope de ses activités (pollution, biodiversité et santé notamment). Dans le même temps ISIFoR a, lui aussi, vu sa feuille de route évoluer afin de « monter en surface » et appuyer également les thématiques géoressources de la transition.

Pour résumer DMEX a grandi, passant d'une UMS (Unité Mixte de Service) à une UAR (Unité d'Appui à la Recherche), élargissant ses compétences pour travailler avec des laboratoires à l'échelle de la France et plus loin encore. Comment le Carnot a pu s'associer à ce processus ? C'est ce que nous allons découvrir.

[ISIFoR] Dans le contexte naturel de la vie d'un centre comme DMEX, qui suppose changements et nouveaux positionnements, comment le Carnot a pu vous accompagner ?

[Peter Moonen] ISIFoR, via le dispositif Extra&Co², a soutenu la démarche qualité de l'unité. Cela a permis de nous organiser ; définir des objectifs quantifiables, identifier des actions, suivre l'évolution des indicateurs et réajuster nos objectifs en continu. Cette démarche était indispensable à la trajectoire de croissance que l'on souhaitait pour DMEX.

Par le soutien de projets de recherche, ISIFoR nous a permis de développer de nouvelles compétences qui servent à travailler notre positionnement matériel et scientifique à moyen et à long terme. On pourra remarquer dans ce processus les points suivants :

- ◆ **imagerie in-situ** : DMEX a acquis cette compétence avec le projet ISIFoR PRESS-RX. Il marque aussi la première collaboration avec le LMAP³. Depuis, cette activité est devenue une compétence-phare de l'unité qui a su intéresser des grands groupes dans le domaine de l'extraction des ressources stratégiques et du stockage de CO₂.
- ◆ **imagerie multi-échelle** : DMEX a participé au projet EndoMa et a porté le projet MicrotoXMEB. Ils visaient à comprendre l'anisotropie des roches



▲ Micro-tomographe à rayons X (Zeiss Xradia Versa 510) permet d'atteindre des résolutions sub-microniques par grandissement optique

¹Professeur à l'UPPA et Directeur de DMEX ² Extra&Co était un dispositif public d'accompagnement des TPE, PME et ETI (françaises) de la filière économique "Industries Extractives & Première Transformation" dans leurs projets de R&D-Innovation, il a été actif de 2016 à 2021. ³ Laboratoire de Mathématiques et de leurs Applications de Pau (UMR-CNRS 5142), membre d'ISIFoR.



◀ Illustrations d'échantillons analysés par micro tomographie : de gauche à droite une batterie lithium-ion, une roche subissant une injection de CO₂ et un clathrate utilisé dans le captage de CO₂

à différentes échelles en s'appuyant sur différentes techniques. À la suite de ceux-ci, une thèse e2s⁴ a été obtenue et a déclenché un projet avec TotalEnergies (caractérisation des électrodes de batteries)

- ◆ **imagerie multi-modale** : le projet BioTom explorerait différentes façons de visualiser des bio-films se développant dans des réservoirs de stockage de (bio-)gaz. Des essais ont été effectués avec tomographie conventionnelle, tomographie à contraste de phase, neutronographie, etc. Les résultats se sont révélés utiles pour de nombreuses collaborations de recherche (RINGS / RINGS-2 / ORHYON) qui impliquent des partenaires socio-économiques comme Storengy ou Teréga. Ces travaux vont prendre encore plus d'ampleur avec notre scanner spectral (dédié aux matériaux inorganiques) et l'achat envisagé d'un interféromètre Talbot (dédié aux matériaux organiques).

[ISIFoR] Est-ce que le dispositif Carnot permet d'aller au-delà du cercle habituel des personnes et des structures avec lesquelles vous travaillez au quotidien ?

[Peter Moonen] Même si beaucoup de projets se montent entre des personnes qui se connaissent déjà, ISIFoR joue effectivement un rôle facilitateur. Trois exemples :

- ◆ ISIFoR (co-)organise **les Café Carnot** depuis 2023. Suite à mon intervention dans ce cadre, j'ai été contacté par une personne du LaTEP. Nous avons discuté à plusieurs reprises et depuis le mois de mars nous accueillons une stagiaire sur une thématique commune : les phénomènes d'adsorption dans les biochars,
- ◆ ISIFoR **aide à la diffusion des offres d'emploi**. L'une des offres (post-doctorat financé par ISIFoR) a été vue par un chercheur dans le Michigan qui l'a transmise à sa postdoctorante travaillant dans le domaine et en recherche d'emploi. Cela peut être le point de départ d'un lien fort avec l'université du Michigan.
- ◆ ISIFoR **soutient des projets inter-Carnot**. Ils permettent de réunir un cercle de chercheurs plus vaste et de tisser des nouveaux liens. Pour DMEX, c'est le cas avec certaines personnes de l'IFPEN.

[ISIFoR] En quoi faire partie d'ISIFoR peut-il faciliter le montage de projets scientifiques ?

[Peter Moonen] Faire partie d'ISIFoR est une preuve que notre unité s'engage dans la recherche partenariale avec les entreprises. Cela permet d'être plus crédible si on discute avec un partenaire socio-économique. Ils savent que nous nous engageons professionnellement sur les délais, sur les livrables... autant de points qui créent un cadre solide et rassurant, c'est un élément de plus pour convaincre les partenaires de travailler avec nous.



▲ Micro-tomographe à rayons X (Tescan UniTOM XL Spectral) restitue la forme et la composition des objets grâce à ses deux détecteurs

⁴ e2s UPPA est un projet visant à associer autour des membres du consortium (UPPA, INRIA, INRA) l'ensemble des acteurs du territoire impliqués dans l'enseignement supérieur et la recherche, au service de deux ambitions : l'excellence académique et le développement socio-économique et culturel.

La recherche sous l'angle du stockage géologique de gaz

Des travaux relatifs à l'altération des roches carbonatées et aux risques d'effondrement de carrières ont conduit Corinne Loisy et Adrian Cerepi (enseignants-chercheurs) à Saint-Émilion. Cette recherche initiale a été le point de départ d'une longue série d'études, parfois accompagnées par le Carnot ISIFoR, qui s'est avec le temps diversifiée pour s'intéresser aujourd'hui au stockage souterrain d'hydrogène.



▲ Corinne Loisy et Adrian Cerepi

Pour comprendre le fil des travaux autour du stockage de gaz il faut revenir en 2009, date à laquelle les professeurs Loisy et Cerepi investissent un site pilote naturel dans le cadre de leur premier projet CO₂-Vadose (simulant des fuites de CO₂ dans la zone non saturée). Celui-ci a permis d'initier de nombreux travaux ultérieurs : fuites, réaction du milieu, tests d'outils de monitoring, de disposition des capteurs de CO₂... travaux qui aboutissent aujourd'hui à de nouvelles recherches orientées vers le stockage de méthane (projet AquiferCO₂-Leak) et d'hydrogène (ANR HyStorEn).

Il y a une forte continuité et cohérence de cette recherche au long cours. Le Carnot ISIFoR s'y est associé à deux reprises dans le contexte du stockage de CO₂. Nous nous intéressons ici à la manière dont ISIFoR a pu participer à ce déploiement.

[ISIFoR] Que permet le dispositif Carnot ?

[Corinne Loisy et Adrian Cerepi] Le dispositif des Carnot a permis de faire connaître notre recherche dans l'ensemble du réseau Carnot qui est vaste car il rassemble le côté académique (universités, laboratoires), des EPIC, des entreprises. Cela nous a donné plus de visibilité.

[ISIFoR] Quels peuvent être les usages des ressourcements que l'on peut obtenir avec le Carnot ?

[Corinne Loisy et Adrian Cerepi] Les ressourcements présentent plusieurs intérêts. Ils peuvent pour partie financer un projet ou peuvent apporter un salaire sur le long terme par le biais d'une demi-bourse de thèse. C'est important car cela permet d'avoir une personne en continu sur un point de recherche bien précis par exemple. Mais ce n'est pas tout car in fine, et c'est sans doute le plus important, cela contribue à former un jeune chercheur.

Il y a une autre dimension à souligner, si l'on prend du recul et que l'on considère les manières de financer la recherche en France. Les AAP (Appels À Projets) nationaux, régionaux ceux de l'ADEME et d'autres encore ne permettent pas de tout faire. Par exemple un travail hors des frontières nationales est souvent plus complexe à financer et là le dispositif Carnot présente plus de souplesse, c'est un point vraiment intéressant.

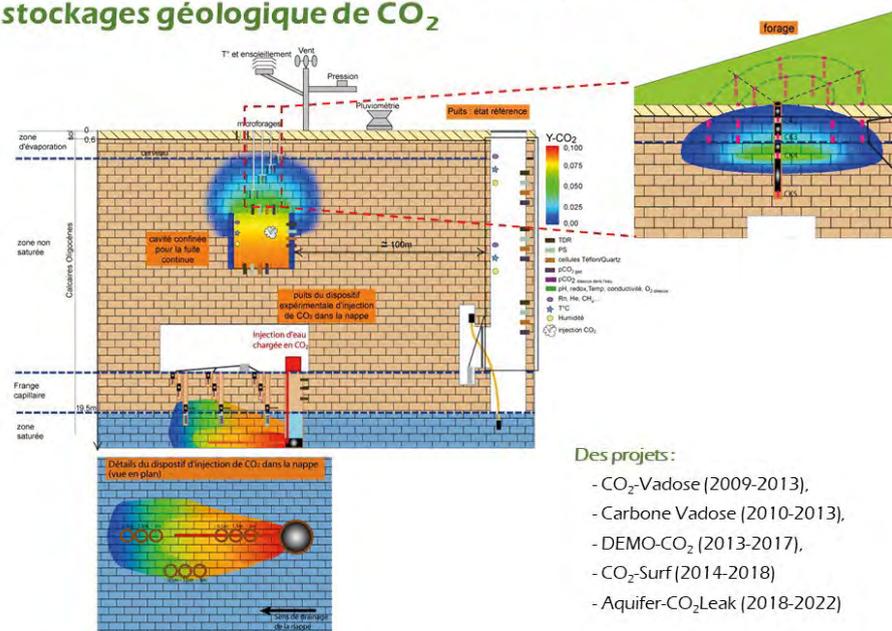
¹ Ce réseau rassemble le Carnot Énergies du Futur, le Carnot Iceel, le Carnot IFPEN RE, le Carnot ISIFoR et le Carnot M.I.N.E.S.

[ISIFoR] Est-ce que faire partie d'un Carnot vous permet de recruter d'autres chercheurs et chercheuses dans ce réseau ? ou de suivre des travaux qui touchent à votre recherche ?

[Corinne Loisy et Adrian Cerepi] Pour le moment nous n'avons pas expérimenté cette situation. À vrai dire c'est l'inverse qui s'est produit : l'une de nos doctorantes de l'année 2023 est partie en post-doc au GET (Géosciences Environnement Toulouse – laboratoire membre d'ISIFoR). Cela illustre les interconnaissances logiques qui parcourent la recherche sur des sujets parents.

Depuis quelques mois le Carnot ISIFoR organise au sein du réseau des Carnot pour les Énergies à Faible Impact Carbone (EFIC) des webinaires hebdomadaires. Ces rendez-vous présentent des recherches en cours, dont certaines peuvent nous intéresser. C'est une bonne idée car cela illustre très concrètement des travaux en cours de réalisation que nous ne connaissons pas forcément.

Projets de recherche contribuant à la sécurité des stockages géologiques de CO₂



▲ © Loisy, 2018.

Rechercher aujourd'hui les voies d'intégration des gaz décarbonés de demain

On peut affirmer sans risque de se tromper qu'une recherche partenariale qui tient ses promesses, c'est-à-dire qui apporte satisfaction à tous ses acteurs, se matérialise par une succession de projets de recherche. Il en va ainsi pour Teréga et l'UPPA, car l'une et l'autre dialoguent et travaillent ensemble depuis plus vingt ans. Un dialogue au sein duquel le Carnot a pris part notamment via le laboratoire commun SEnGA (Stockage des Énergies Gaz en Aquifère).

LA RECHERCHE PARTENARIALE

Elle est au cœur du dispositif ISIFoR. Son objectif ? Faire dialoguer la recherche académique et la recherche privée afin de favoriser l'innovation des entreprises. Les raisons qui conduisent une entreprise à s'engager sur cette voie sont multiples, voici l'éclairage d'un partenaire industriel à ce sujet.



▲ Pierre Chiquet

Aujourd'hui nous échangeons avec Pierre Chiquet¹ qui joue un rôle clef dans ce dispositif de recherche partenariale au long cours. Briviste, de formation scientifique, il choisit Pau et l'ENSGTI où il fait ses premières armes dans le domaine de « l'énergie ». Il poursuit ensuite son cursus et réalise une thèse au LFCR sur le stockage du CO₂ en 2006. Il entre alors chez Total puis choisit Teréga au moment de la réorganisation de cette première ; afin de rester sur un domaine qui le passionne. Pour mémoire Teréga est l'un des deux gestionnaires du réseau de transport de gaz en France avec GRTgaz. Son réseau s'étend sur un large quart sud-ouest de la France. Teréga opère également deux stockages en nappe aquifère qui représentent 25% des capacités françaises de stockage de gaz.

[ISIFoR] Est-ce que la démarche de recherche-partenariale poursuivie par votre entreprise est ancienne ?

[Pierre Chiquet] Il y a plus de vingt ans d'échanges continus et sous différentes formes entre Teréga et l'UPPA. Cela existait avant même que je n'arrive. À partir de 1998 il y a eu une succession de travaux avec les projets GAZELLE et IMPALAS par exemple. Ces derniers visaient à évaluer le potentiel



¹ Responsable du service Géosciences de Teréga

d'atténuation naturelle de composés hydrocarbures monoaromatiques dans les aquifères de stockage de gaz naturel. Depuis les échanges n'ont plus cessé et pris des formes diverses.

[ISIFoR] Comment peut se poursuivre cette collaboration après tellement d'années ?

[Pierre Chiquet] Le développement d'un tel partenariat sur le long terme s'est fait naturellement. Les avancées scientifiques ouvrent de nouvelles perspectives, les questionnements s'en trouvent renouvelés et les champs d'applications aussi. C'est un processus continu qui est très dynamique, dans le même temps les possibilités et les modalités de la coopération évoluent. Nous avons ainsi œuvré ensemble à la création d'un laboratoire commun (*SEnGA*) qui s'intéresse au *stockage de gaz en réservoirs géologiques* en 2021. C'est une démarche engageante car elle implique une importante mise en commun de moyens et ceci pour plusieurs années. Il faut bien se connaître pour monter un tel projet, être en confiance. Les nouvelles thématiques de recherche peuvent, quant à elles, être illustrées par le projet **IMPULSE 2025** qui vise à *optimiser la performance globale des systèmes énergétiques actuels et leurs*

impacts environnementaux. Là on avance sur des questions qui n'avaient jusqu'à présent pas beaucoup été traitées. Ces deux exemples illustrent des formes de recherche partenariale que nous mettons en place et montrent que la relation Teréga-UPPA est très vivante.

[ISIFoR] Qu'apporte la recherche-partenaire selon vous ?

[Pierre Chiquet] La recherche-partenaire est particulièrement intéressante si elle est adaptée à la structure de l'entreprise. C'est le cas avec Teréga ; nous avons un département R&I mais pas de laboratoire de recherche en interne. Pour pouvoir nous projeter à moyen terme et long terme nous devons changer et innover et pour cela nous avons besoin de la Recherche. Il nous faut tracer des voies d'exploration et d'évolution qui soient conformes à la roadmap de l'entreprise et réalistes en fonction de la science. C'est un équilibre délicat, un exercice subtil, mais qui, lorsqu'il fonctionne, donne un avantage stratégique. Le but ultime c'est anticiper. C'est ce que nous avons fait hier, et aujourd'hui nous sommes en phase avec l'évolution énergétique de la société, préparés pour demain.

[ISIFoR] Et demain ?

[Pierre Chiquet] Demain est déjà tracé dans les grandes lignes. En octobre 2023 Teréga et l'UPPA ont en effet signé un accord renouvelant leur partenariat pour travailler à la décarbonation du territoire des Pays de l'Adour. C'est une base de travail commun, l'engagement d'être dans un dialogue constant. Voilà qui devrait favoriser cette démarche partenariale dont nous parlons pour les années à venir. Je ne suis pas inquiet, nous avons beaucoup de pistes à explorer et les chercheurs de l'UPPA sont particulièrement ouverts à nos métiers, nous sommes donc en phase, pour faire avancer Teréga et la recherche.

HPP-CO₂ : hautes puissances pulsées pour la conversion du CO₂

Convertir le CO₂ en carburant synthétique est une voie prometteuse dans le contexte de transition énergétique que nous connaissons actuellement. Une telle conversion est l'objectif du projet HPP-CO₂ élaboré par Anton Gusev¹. Pour y parvenir il propose d'utiliser le plasma non thermique via le développement d'un générateur haute tension. Un travail qui débute tout juste et qu'il nous présente dans les lignes qui suivent.

NOUVEAUX PROJETS

Deux projets qui commencent sont abordés dans les pages qui suivent. De quoi comprendre sur quoi s'appuient les travaux de recherche et quels sont leurs premiers pas.



▲ Anton Gusev¹

[ISIFoR] Peux-tu nous présenter le projet HPP-CO₂ en quelques phrases ?

[Anton Gusev] Le projet contribue aux efforts mondiaux d'atténuation du changement climatique. Aligné sur la feuille de route du Green Deal Européen, il vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre, notamment le dioxyde de carbone (CO₂) et le méthane (CH₄). La technologie du plasma non thermique (NTP) est une technique prometteuse pour la conversion et l'utilisation du CO₂. Les gaz à effet de serre peuvent être transformés en sous-produits précieux et en carburants synthétiques grâce au NTP.

Le projet se concentre sur le développement et le test d'un générateur de hautes puissances pulsées. Le générateur proposé est basé sur une nouvelle approche consistant à utiliser des diodes de suppression de tension transitoire (TVS) comme commutateur haute tension nanoseconde, qui a récemment fait l'objet d'une démonstration par les auteurs de ce projet. Des tests préliminaires de conversion du CO₂ seront effectués à l'aide de ce générateur d'impulsions.

[ISIFoR] Est-ce que ce travail est la poursuite d'une recherche ancienne ou s'agit-il d'un nouveau champ d'étude pour toi ?

[Anton Gusev] La recherche combine mon expérience dans le domaine de la haute puissance pulsée et la chimie des plasmas que je découvre. Disposant d'un outil puissant tel qu'un générateur de puissance pulsée à l'état solide orienté vers l'industrie, j'aimerais m'essayer à l'application liée à l'environnement, à savoir la conversion des gaz assistée par plasma. Comme c'est souvent le cas, les innovations naissent de la fusion entre plusieurs domaines, lorsque l'expertise de l'un permet d'aborder un problème de l'autre sous un angle différent.

[ISIFoR] Tu travailles avec 2 autres chercheurs (Simon Bland de l'Imperial College et Marie Poulain du LaTEP) comment se construit ce travail que tu coordonnes ? Comment les as-tu rencontrés ?

[Anton Gusev] Il y a quelques années, j'ai été présenté à Simon BLAND de l'Imperial College London grâce à Bucur NOVAC, titulaire de la chaire e2s UPPPA Pulsed Power Applications (PULPA).

¹ Enseignant-chercheur à l'UPPA – Porteur de la chaire junior S2P2 (e2s-UPPA)

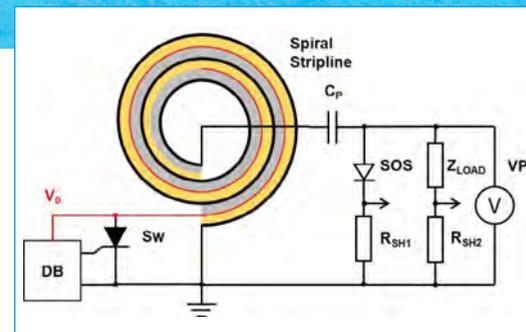
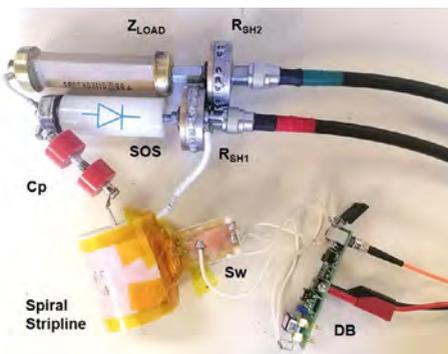
Simon, expert mondialement reconnu en matière de haute puissance pulsée et de physique des plasmas, a soutenu mon enthousiasme pour le projet de haute puissance pulsée à l'état solide qui avait été réalisé dans le cadre d'une collaboration entre l'UPPA et l'Imperial College. Aujourd'hui, je suis heureux d'avoir une relation scientifique solide avec Simon, je sais que je pourrai compter sur ses conseils pour mon projet HPP-CO2 et également pour d'autres travaux à venir.

J'ai eu le plaisir de rencontrer Marie POULAIN grâce au réseau du Carnot ISIFoR, le laboratoire LaTEP faisant partie de cet Institut. Comme je l'ai déjà dit, la chimie des plasmas est un monde totalement nouveau pour moi, c'est pourquoi une spécialiste telle que Marie contribuera de manière significative au projet HPP-CO2, en apportant son expérience de la caractérisation des gaz.

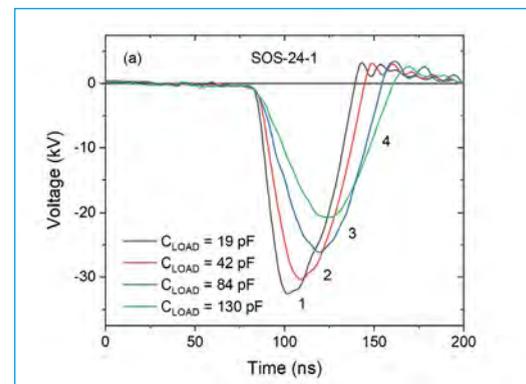
Générateur (à l'état solide) d'impulsions nano-seconds à haute tension basé sur des diodes SOS et une ligne de formation d'impulsions en spirale



▲ Générateur SOS basé sur le transformateur d'impulsion saturable



▲ Schéma électrique du générateur SOS basé sur une ligne de formation d'impulsions en spirale



▲ Courbes de tension du générateur SOS sur une charge capacitive

Géothermie profonde des Pyrénées, une ressource énergétique durable pour répondre aux besoins de la population ?

Le projet PyrTherm, coordonné par Stéphanie Duchêne¹ et financé par le Carnot ISIFoR commence début 2024. Tourné vers la géothermie profonde dont le potentiel est pour l'instant peu considéré en France, il a été construit avec de nombreux autres chercheurs/eurs du GET et de l'IMFT.

▼ Stéphanie Duchêne et Olivier Vanderhaeghe



Nous la rencontrons entourée d'Olivier Vanderhaeghe² également à l'origine du projet, d'Audrey Taillefer³ qui commence un post-doctorat sur ce sujet et de Sylvia Becerra⁴ qui s'intéressera aux questions sociologiques que soulève, sur le terrain, cette possible source d'énergie locale et non délocalisable.

[ISIFoR] Qu'est-ce que le projet PyrTherm ?

[Olivier Vanderhaeghe] Aux origines de PyrTherm il y a une rencontre importante avec une entreprise : TLS Geothermics qui est une société d'ingénierie géoscientifique basée à Toulouse. Vers 2017, elle nous a sollicité pour travailler autour de la géothermie profonde ; l'idée étant d'aller chercher, le moins profond possible, une source de chaleur permettant de produire de l'électricité. Dans un premier temps cela nous a semblé à Stéphanie (Duchêne) et moi même, saugrenu : en tant que géologues spécialistes de la croûte profonde, nous n'étions pas familiers de ce type de sujets en « proche surface ». Mais cette proposition de TLS et la perspective de travailler sur un champ de recherche inédit nous plaisait. L'idée faisant son chemin, nous avons rapidement saisi ce que nous pouvions apporter avec nos expertises concernant la dynamique des racines des continents et des transferts de matière et de

chaleur associés à la tectonique, au magmatisme et au métamorphisme dans la croûte profonde.

[Stéphanie Duchêne] PyrTherm vise à étudier le rôle des failles et de la topographie dans le transport de fluides géothermaux et la formation d'anomalies thermiques locales. Ce potentiel géothermal, sur le front Nord des Pyrénées, marqué par de nombreuses sources hydrothermales, n'a été que peu évalué. Nous avons donc pour objectif de combler cette lacune afin de produire un modèle géologique numérique géothermal des Pyrénées. Nous avons aussi dans l'idée de transposer cette méthodologie sur des contextes similaires en France ou dans le monde.

[Audrey Taillefer] Pour ma part, la partie à laquelle je vais m'attaquer en tant que post-doctorante sera un travail de cartographie des évidences de circulation hydrothermales et de caractérisation des failles et des roches réservoirs qui portent ces fluides. Les anomalies thermiques générées par ces failles, tout comme leur perméabilité, vont particulièrement m'intéresser. Étant donné qu'on possède peu de données thermiques profondes, l'utilisation de données de surface est la seule manière d'évaluer le géotherme régional.

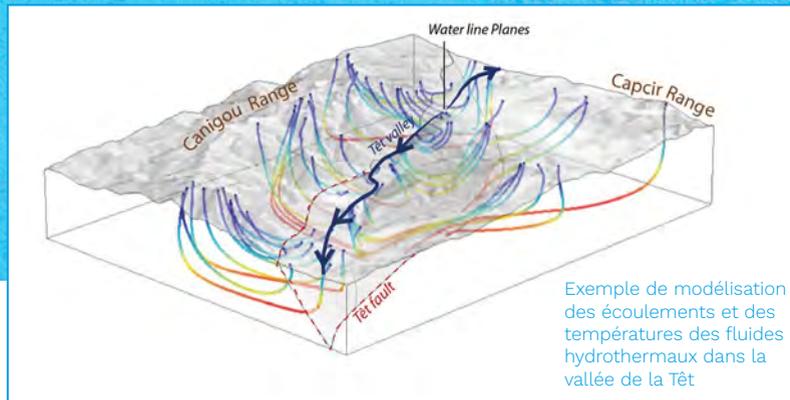


▲ Audrey Taillefer et Sylvia Becerra

[ISIFoR] PyrTherm vient s'articuler et s'associer à un travail sociologique financé par le Défi clé Circulades. Cette complémentarité scientifique va-t-elle de soi ?

[Olivier Vanderhaeghe] La géothermie profonde que nous allons étudier a pour finalité ultime de produire de l'électricité. Celle-ci servira, par exemple, à de la petite industrie, ou pourrait fournir de la chaleur industrielle. Nous n'en sommes pas là pour le moment. Nous menons un travail d'amélioration des connaissances afin d'identifier des sites où cette géothermie pourrait se développer. Un tel projet ne se conçoit pas sans les habitants qui vivent au-dessus ou à côté d'une « source » géothermique. C'est le travail avec TLS dans le Massif Central qui a fini de me convaincre de l'impérative construction de tous les projets entre SHS et Sciences dites dures. L'un ne peut plus aller sans l'autre et, désormais, je construis tous mes projets de cette manière.

[Sylvia Becerra] Être présente, en tant que sociologue, au sein d'une équipe de géosciences c'est une vraie chance et un vrai défi aussi car nous n'avons pas le même langage ou les mêmes échelles de pensée. Être là au quotidien permet de bien travailler ensemble ; c'est la possibilité de construire véritablement les projets, avec une vraie composante sciences humaines, dès le départ.



◀ (Taillefer et al., 2018 sur les Pyrénées Orientales)

Comme je le dis souvent : l'interdisciplinarité se construit à la machine à café ; je crois vraiment à ce mantra, la quotidienneté des interactions est une vraie force. Cela fait des projets robustes.

[ISIFoR] En même temps et sur le même terrain que PyrTherm, vous travaillez à une étude sociologique. Quelle est-elle ? où en êtes-vous de ce travail ?

[Sylvia Becerra] Nous en sommes au tout début. Nos recherches doivent permettre de recueillir les imaginaires, les émotions et les savoirs que les populations ont sur une possible exploitation de la chaleur interne de la terre sur leur territoire et cette image est forcément hétérogène et complexe. L'enjeu sera de voir s'il existe une représentation commune, quelle qu'en soit la nature.

Pour le moment, quelques éléments m'ont semblé clairs. Il y a en premier lieu une ignorance sociale de la géothermie profonde ; c'est un objet très technique, sur lequel il y a peu d'informations, qui est peu publicisé, souvent confondu avec la géothermie utilisée pour le chauffage. Dans le même temps, quelques situations de crises ou de contro-

verses relatives à celle-ci ont pu occuper tout l'espace (plutôt restreint) d'exposition médiatique de la géothermie pour en faire un problème plus qu'une solution. Ce qui semble dominer la définition du problème est la crainte des risques qui y sont associés (sismicité, pollutions) mais aussi la défense des enjeux environnementaux et démocratiques insuffisamment considérés dans les projets qui ont défrayé la chronique. C'est aussi un problème particulier, parce qu'il n'est pas porté politiquement, mais pourrait être considéré dans l'élaboration des politiques publiques à l'échelle des régions dans la mesure où elles cherchent des solutions locales pour la transition énergétique.

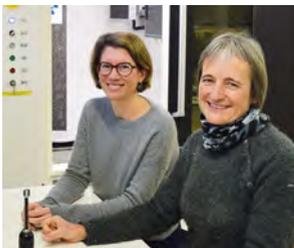
Les représentations que se font les populations de cette source de chaleur se présentent dans ce cadre, sous la forme d'un écheveau particulièrement complexe. Il mêle en effet des contextes, des valeurs, des attentes et des émotions vis-à-vis des possibles risques et avantages que suppose la géothermie mais aussi la manière dont les projets sont conduits. C'est sur cette base, que nous allons travailler côté Sciences Sociales sur ce terrain.

ExploH₂ : comprendre et évaluer le potentiel de production d'hydrogène naturel

Ressourcé en 2023, ExploH₂ est un projet inter-Carnot rassemblant le Carnot ISIFoR et le Carnot IFPEN RE. Il est porté par Pascale Sénéchal¹ et Hannelore Derluyn² côté DMEX et LFCR pour ISIFoR et par Olivier Sissmann³ côté IFPEN.

RESSOURCEMENTS INTER-CARNOT

Les Carnot, qui sont au nombre de 39, se connaissent car ils partagent parfois des thématiques communes. Ainsi, il peut leur arriver de rassembler leurs forces pour monter des projets scientifiques. Cela permet de bénéficier, en plus de la conjonction d'expertises de haut niveau, d'un financement plus important pour mener à bien des projets de recherche. ExploH₂ et MOPYFLUID (abordés dans les pages qui suivent) sont deux exemples d'inter-Carnot qui débutent tout juste.



▲ Hannelore Derluyn et Pascale Sénéchal



▲ Olivier Sissmann

ExploH₂ a pour ambition de développer les connaissances sur la production d'hydrogène naturel en contexte continental qui se heurtent actuellement à 3 verrous principaux :

- 1) la compréhension des mécanismes de transport de l'H₂ une fois celui-ci généré,
- 2) la compréhension des mécanismes de stockage du gaz dans le milieu naturel,
- 3) la quantification du gaz émis en zone continentale et donc de la ressource potentiellement exploitable.

Débutant en 2024, ExploH₂ vise à débloquer le verrou numéro 3. Le projet s'appuie ainsi sur des échantillons appartenant au socle précambrien nord-américain prélevés lors d'une campagne d'échantillonnage de roches. Ces échantillons, par leur rareté et leur origine, vont être utilisés pour mettre au point un protocole de quantification de la production d'hydrogène naturel en contexte continental.

Dans l'environnement de développement des énergies renouvelables et de nouvelles sources

d'énergies, un tel travail vise à apporter sa contribution en vue de la réduction de l'empreinte carbone mondiale.

Aujourd'hui les initiateurs de ce projet répondent à deux questions concernant le montage d'un tel projet qui implique plusieurs chercheurs, un matériel d'analyse pointu et conduit au recrutement d'un post-doctorant.

[ISIFoR] Comment s'est constituée votre collaboration inter-Carnot ? (est-ce une nouveauté ? est-elle issue d'une précédente collaboration, d'une rencontre récente...)

[Pascale Sénéchal – Hannelore Derluyn – Olivier Sissmann] Cette collaboration fait suite à la thèse de Valentine Combaudon, soutenue fin octobre 2023. Elle a été encadrée par Hannelore Derluyn côté UPPA, Olivier Sissmann et Éric Deville côté IFPEN. Valentine a étudié les mécanismes et la quantification de la génération d'hydrogène naturel en contexte intracratonique pour le cas du Mid-Rift System (Kansas, USA), avec un focus sur l'étude pétrographique de carottes de forage. En parallèle, Kanchana Kularatne

a effectué un post-doctorat au LFCR-DMEX, travaillant à une méthodologie basée sur la tomographie à rayons-X couplée avec la caractérisation chimique pour affiner nos études des roches mères. La collaboration mise en place dans ce cadre a amené à une première estimation de la production d'hydrogène pour des gabbros riches en minéraux ferreux (olivine, pyroxène). Avec cette nouvelle collaboration, l'idée est de poursuivre ces travaux et d'aller plus loin en vérifiant la validité de notre protocole tout en l'enrichissant avec les nouveaux développements en cours à DMEX grâce à notre scanner spectral. À terme, le but est de généraliser ce protocole à tout type de roche susceptible de produire l'hydrogène.

[ISIFoR] Quels avantages peut apporter le dispositif inter-Carnot ?

[Pascale Sénéchal – Hannelore Derluyn – Olivier Sissmann] Il permet de poursuivre la collaboration entre les deux instituts Carnot qui apportent chacun leurs compétences et leurs savoir-faire :

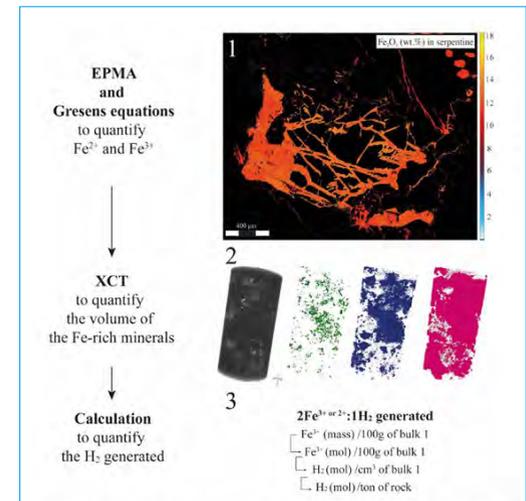
- ◆ IFPEN : prélèvement, choix et connaissance des

échantillons de roches utilisés dans le cadre de ce projet et utilisation de plusieurs techniques de caractérisation chimique (cartographie MEB-EDS et analyses à la microsonde),

- ◆ LFCR - DMEX : caractérisation structurale et chimique des échantillons de roches en 3D et de façon non destructive par tomographie à rayons X et par tomographie spectrale.

La complémentarité de ces méthodes et des compétences mises en commun devrait permettre de définir un protocole suffisamment robuste pour pouvoir être appliqué à d'autres contextes continentaux.

Figure de la thèse de Valentine Combaudon qui montre le protocole : ▼



▲ Hydrogen quantification workflow with 1- the Fe^{3+} map for a mineral of interest (here the serpentine), 2- the volume determination for each mineral by performing XCT (green is oxide, blue is for mafic minerals, and pink is for the feldspathic matrix), and 3- the H_2 calculation applied for the whole rock.

MOPYFLUID : modélisation de la pyrolyse de biomasse

L'histoire de MOPYFLUID est celle de « retrouvailles » scientifiques. Les deux chercheurs impliqués dans ce projet : Frédéric Marias et Marion Carrier se connaissent en effet de longue date ; le premier ayant co-encadré le travail de post-doctorat de la seconde à l'ICMCB en 2008³.



◀ *Marion Carrier*

Recherche : Pyrolyse fondamentale des polymères - Mesure dynamique de cinétiques chimiques et modélisation des micro-cinétiques associées



◀ *Frédéric Marias*

Recherche : Modélisation et optimisation dynamique des plateformes multi-énergies - Conversion thermochimique biomasse

Chacun a poursuivi son chemin de recherche depuis cette date : Marion¹ travaillant le sujet pyrolyse sous plusieurs angles et à travers diverses expériences internationales, Frédéric² associant son travail d'enseignant à celui de chercheur centré sur les questions de pyrolyse et de gazéification.

Aujourd'hui ils se retrouvent autour d'un projet inter-Carnot proposé par Marion : MOPYFLUID. Il s'agit de travailler sur la pyrolyse rapide de biomasse lignocellulosique en lit fluidisé. L'objectif ultime étant, à l'issue de ce processus, de « récupérer » des éléments constitutifs de bio-huile ou de molécules chimiques utiles à d'autres usages. Pour être plus précis le projet qui rassemble le Carnot M.I.N.E.S et le Carnot ISIFoR envisage de créer un modèle mathématique représentant les phénomènes internes aux réacteurs à l'échelle de la particule.

[ISIFoR] Comment avez-vous envisagé le montage de votre projet en inter-Carnot ?

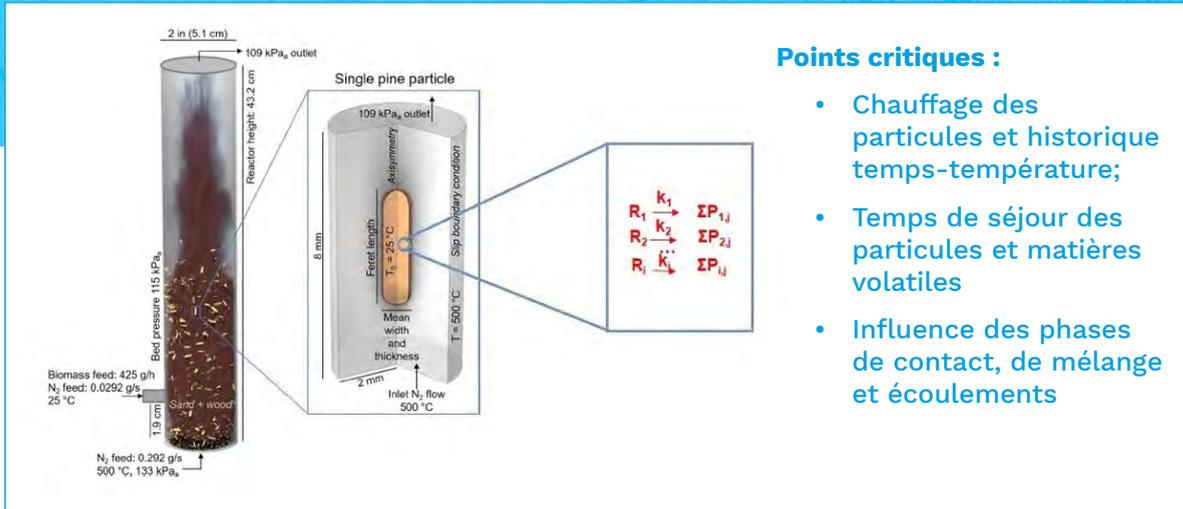
[Marion Carrier] J'arrivais à la fin de mon projet

PRYOKINE dans le cadre du programme MOPGA⁵. Parallèlement à cela, m'étant formée ces dernières années à la modélisation des cinétiques globales, j'avais d'ores et déjà construit l'axe de travail de MOPYFLUID. Ce dont j'avais besoin pour le mener à bien c'était un financement et c'est à ce moment-là que j'ai discuté avec ma direction et Mme Laboudigue⁴ qui m'ont orientée vers un inter-Carnot.

[ISIFoR] Comment s'est déroulé de manière pratique le montage de votre dossier ?

[Marion Carrier] J'ai trouvé que le dispositif inter-Carnot était bien adapté à mon projet, il me permettait de financer la totalité d'un post-doc sur 18 mois dans une collaboration avec un autre scientifique connaissant bien le domaine de recherche. J'ai donc rédigé une proposition de collaboration à l'issue de laquelle je devais trouver un partenaire dans un autre Carnot. J'avoue que je ne savais pas d'emblée à quel chercheur faire appel n'ayant pas une vue précise des équipes constituant les labos Carnot. J'ai été à nouveau aidée et guidée vers un Carnot

¹ Chargée de Recherche CNRS Affiliée à RAPSODEE – UMR 5302 IMT Mines Albi ² Professeur à l'ENSGTI - Recherche menée au LaTEP - Université de Pau et des Pays de l'Adour
³ Travail dont le sujet s'intitulait : Conversion de fougère issue de la phytoremédiation en eau sub- et supercritique. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.11.007> ⁴ Directrice opérationnelle du Carnot M.I.N.E.S., adjointe au directeur de la recherche de Mines Paris – PSL ⁵ Appel à projet : Make Our Planet Great Again



Points critiques :

- Chauffage des particules et historique temps-température;
- Temps de séjour des particules et matières volatiles
- Influence des phases de contact, de mélange et écoulements

◀ Illustration de la vision d'emboîtement des modèles existants [1,2] du projet Mopyfluid [1] Pecha et al., Energy Fuels 32 (2018) 10683; [2] Xiong et al., JAAP 117 (2016) 176

qui pouvait répondre à mon besoin et c'était le Carnot ISIFoR. En regardant dans les labos d'ISIFoR j'ai constaté que Frédéric Marias en faisait partie et je me suis dit « génial voilà la bonne personne pour monter ce projet ».

Une fois que j'ai eu la confirmation que cela intéressait Frédéric, chacun a pu avancer sur ses dossiers à soumettre pour construire la proposition de projet. De mon côté il y avait bien sûr un comité scientifique qui a évalué le projet puis, ensuite, des allers et retours sur la partie budgétaire. En ce qui concerne ISIFoR un dossier où la science était évaluée a aussi été soumis.

[ISIFoR] Quels seraient les points forts d'un dispositif inter-Carnot selon vous ?

[Frédéric Marias] À mon sens il y a plusieurs avantages. Il y a d'une part la collaboration académique sur des sujets complémentaires cela permet de développer des compétences utiles à chacun des chercheurs et à sa structure. C'est aussi, et peut-être en premier lieu, arriver à faire avancer la recherche par le financement total d'un projet d'étude. Il y a enfin l'accompagnement apporté par les structures Carnot dans le montage du projet et son suivi.

The background of the image is a misty mountain landscape. In the foreground, there are dark evergreen trees. The middle ground is filled with a thick layer of white mist or fog, partially obscuring the trees and the lower slopes of the mountains. In the background, a mountain peak is visible, also partially shrouded in mist. The overall color palette is muted, with greys, whites, and dark greens. A solid green vertical bar runs along the left edge of the image.

TOUTE 2023



L'ANNÉE /

TOUTE
L'ANNÉE
2023



DÉPART DE NOTRE DIRECTRICE OPÉRATIONNELLE

3 mars // Pau

Départ de Virginie Buil (qui est nommée directrice des grands projets de l'UPPA) après avoir porté haut les couleurs d'ISIFoR pendant 10 ans.

Mars

Avril

UPPA

15 mars // Pau

Les activités de l'Institut Carnot ISIFoR sont présentées à notre tutelle principale au cours d'un CA.



Premier trimestre

Le réseau des Carnot pour les Énergies à Faible Impact Carbone (EFIC) construit un programme ambitieux de webinaires scientifiques pour l'année 2023.

**RÉSEAU DES
CARNOT**

06 avril // Paris

Séminaire stratégique des
directeurs Carnot



COLLOQUE ÉNERGIE DU CNRS

27 avril // Paris

**SÉMINAIRE TRANSITION
ÉNERGÉTIQUE
ET SOCIÉTÉ // CNRS**

28 avril // Paris

**RÉSEAU DES
CARNOT**

05 avril // Paris

Réunion inter-Alliances

**WEBINAIRE
AVENIA**



23 avril // Pau

Webinaire Avenia, co-organisé (entre autres) par
ISIFoR autour de la *Communication du sous-sol*.



**ARRIVÉE DE NOTRE
NOUVELLE
DIRECTRICE
OPÉRATIONNELLE**

01 mai // Pau

Virginie Caturla prend officiellement son poste

**RÉSEAU DES
CARNOT**

03 mai // Pau

Jean-Denis Muller (directeur général) et Diane Vinet (directrice de la communication) visitent certains de nos laboratoires.



GEODAYS

19-21 juin // Pau

ISIFoR est exposant sur La convention d'affaires dédiée aux industries du sous-sol (en synergie avec les composantes de l'UPPA et le R3 TESNA)

Mai

Juin



**JOURNÉES
HYDROGÈNE DANS
LES TERRITOIRES**

13-15 juin // Pau

ISIFoR est exposant, en synergie avec les composantes de l'UPPA (UPPA Tech, CEPyA, IPREM-CNRS)

RÉSEAU DES CARNOT

21-23 juin // Carnac

Séminaire annuel du Réseau des Carnot



RÉSEAU DES CARNOT

23 juin

M. Alexandre Bounouh (Carnot CEA LIST) est élu président l'AI Carnot



▲ © Bénédicte Lamothe / Direction de la communication / Université de Pau et des Pays de l'Adour

SOIRÉE DES PARTENAIRES UPPA

30 juin // Biarritz

Événement annuel rassemblant les porteurs de projets de recherche et leurs partenaires, qu'il s'agisse d'entreprises ou de collectivités.



université
de **BORDEAUX**



TUTELLES

Nos tutelles : UPPA, Université de Bordeaux et Université Toulouse sont lauréates des PUI



RENCONTRE AVEC DES ÉTUDIANTES DE L'UNIVERSITÉ TECHNIQUE DU PANAMA

28 septembre // Pessac

Mobilité orchestrée par l'UMR EPOC – Bordeaux INP, à laquelle ISIFoR a participé

Été 2023

Septembre

Octobre

RÉSEAU DES CARNOT

07-08 septembre // Marseille

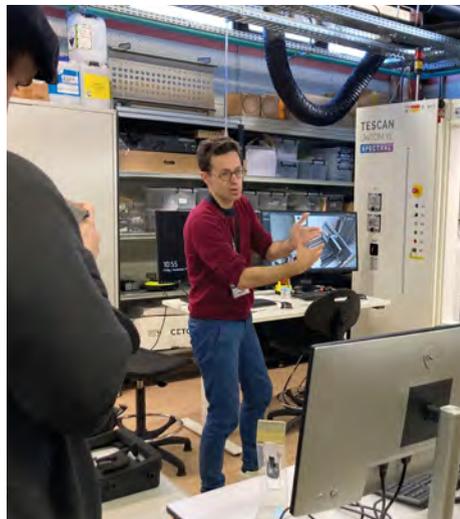
Séminaire communication (réunions et visites de plateformes du Carnot STAR et du Carnot Eau & Environnement)



RÉSEAU DES CARNOT

17-20 octobre // Lyon

RDV Carnot : le salon de la R&D pour les entreprises



VISITE DE PLATEFORMES TECHNIQUES DE L'UPPA

10 et 17 novembre // Anglet – Pau

Participation aux visites orchestrées par UPPA Tech



COLLOQUE GDR HYDROGEMM

15-17 novembre // Pau

2^{ème} colloque de ce GDR CNRS dédié à l'hydrogène naturel et ses perspectives de stockage souterrain



Novembre

SÉMINAIRE COMMUNICATION DE L'UPPA

10 octobre // Pau

Présentation d'une best practice communication par ISIFoR à la communauté des communicant-e-s de l'UPPA



FORUM SUR LES TRANSITIONS DE L'UPPA

22-24 novembre // Pau – Anglet

2^{ème} édition abordant les 5 missions interdisciplinaires composant l'identité scientifique de l'UPPA : en termes de recherche, de formation et d'innovation sur tous les campus – nombreux projets financés par ISIFoR présentés



RÉSEAU DES CARNOT

29-30 novembre // Paris

Séminaires : inter-Alliances et Communication / Chargés d'affaires



RÉSEAU DES CARNOT

07 décembre // Paris

Séminaire stratégique des directeurs Carnot

Décembre

Rencontre Ecotech Energie

08 décembre 2023

Conclusion

► Offre R&I pour aborder les défis complexes liés aux matériaux critiques basée sur:

- **Expertise Multidisciplinaire** : Couvrir un large spectre de compétences allant de la chimie et de la physique à l'ingénierie, et aux sciences de la Terre et de l'environnement.
- **Solutions Durables** : Mettre au point des approches novatrices pour le stockage, la stabilisation et l'utilisation des ressources, contribuant ainsi à réduire l'impact environnemental.
- **Collaboration Intégrée** : Faciliter la collaboration étroite entre la recherche académique et le secteur industriel, et maximiser les bénéfices des connaissances et les données issues des innovations.
- **Réponse aux Enjeux Sociétaux** : Garantir la disponibilité des matériaux critiques, leur utilisation, leur recyclage et leur utilisation responsable, alignés sur les objectifs sociétaux.
- **Agiles et Adaptables** : Offrir des solutions innovantes et s'adapter rapidement aux évolutions technologiques et aux besoins industriels.



RENCONTRE ECOTECH ÉNERGIE : ENJEUX DES RESSOURCES DANS LES SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES : MINÉRAUX CRITIQUES, ÉCO-INNOVATION, ÉCO-CONCEPTION, RECYCLAGE & RÉEMPLOI

08 décembre // Paris

6^e rencontre dont le Carnot ISIFoR était partenaire (avec le réseau des Carnot pour les Énergies à Faible Impact Carbone : Énergies du Futur, Icéel, M.I.N.E.S, IFPEN RE)

DÉJEUNER DES PORTEURS DE PROJETS RESSOURCÉS PAR ISIFOR

12 décembre // Pau



DERNIER WEBINAIRE EFIC CAFÉ CARNOT DE L'ANNÉE

14 décembre // webinaire

Beau succès pour ces rendez-vous recherche : 18 webinaires, 54 présentations de recherches en l'espace de 7 mois

The background of the image is a close-up of marbled paper, featuring a light greyish-blue base color with intricate, flowing veins of brown, tan, and cream. The text is overlaid on this background in a clean, white, sans-serif font.

LE RÉS
DES
CARNOS

The background of the entire page is a close-up photograph of a light-colored, possibly marble or limestone, stone surface. It features prominent, irregular brownish veins and a grid-like pattern of thin, dark lines, likely from a tile or slab layout. The lighting is soft, highlighting the texture and color variations of the stone.

EAU

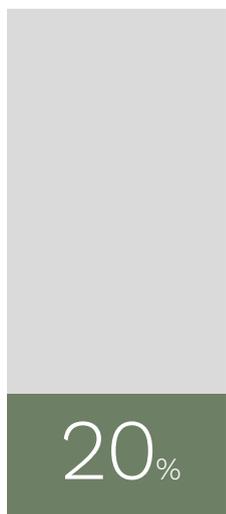
T

LE RÉSEAU
DES
CARNOT

—

Les chiffres-clefs du Réseau des Carnot

L'accélérateur de recherche partenariale



des effectifs de la recherche publique



de la RI&D financée par les entreprises à la recherche publique confiée au réseau Carnot



1 100 brevets prioritaires déposés dans l'année,



1^{er} rang

des déposants français

Le réseau des Carnot

Qu'est-ce qu'un institut Carnot ?

Un institut Carnot est une structure de recherche publique labellisée par le Ministère de la Recherche à l'issue d'appels à candidatures très sélectifs. Chaque institut Carnot prend des engagements forts pour développer son activité de RI&D en faveur de l'innovation des entreprises : PME, ETI et grandes entreprises. Il reçoit, en retour, un soutien financier calculé en fonction de son volume d'activité partenariale, pour le soutenir dans la réalisation des actions nécessaires à la tenue de ses engagements.

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 recherches 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 de la page précédente).

Ces Carnot sont liés les uns aux autres via une Association des Instituts. Celle-ci en assure la visibilité avec de nombreux événements (Rendez-vous Carnot, Global Industrie...), et en anime le réseau pour développer toutes ses complémentarités au service du monde industriel.



« L'ambition des Carnot est d'aller convaincre toujours plus d'entreprises de co-innover avec nos équipes, qui sont souvent au meilleur niveau mondial »

AEF 18 10 2023

Jean-Denis MULLER,
Directeur général de l'AiCarnot

DÉCRYPTAGE



Le Réseau des Carnot pour les Énergies à Faible Impact Carbone (EFIC)

Il s'agit d'un consortium de 5 instituts Carnot. Son objectif : contribuer - grâce aux activités RI&D - à la décarbonation de la filière énergétique, intégrant la production, le stockage, le transport et l'usage de l'énergie dans le secteur industriel, la mobilité et l'habitat, en étant présent sur toute la chaîne de la valeur de l'énergie et sur tous les vecteurs énergétiques connus. Ses actions : webinaires, mutualisation des événements, partage des bonnes pratiques, collaborations inter-Carnot...

Ce réseau rassemble les Carnot : Énergies du futur, Icéel, IFPEN RE, ISIFoR, M.I.N.E.S.

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE
ET DE L'INNOVATION
*Libérer
l'ignorer
l'innover*

La recherche



pour l'innovation
des entreprises

Merci





Un grand merci à toutes
les personnes qui ont
contribué de près ou de loin à
ce nouveau rapport d'activité





**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

Carnot_ISIFoR 

institut-carnot-isifor 