

# ISIFoR

RAPPORT D'ACTIVITÉ

2020-2021



**Depuis 10 ans,** votre partenaire R&D  
dans l'ingénierie durable des géoressources



# **VOTRE PARTENAIRE R&D**

dans l'ingénierie durable  
des géoressources

LE MOT DU DIRECTEUR | 01 **4**

---

LE RÉSEAU DES CARNOT | 02 **8**

---

ISIFoR A 10 ANS | 03 **16**

---

RETOUR SUR 2020 & 2021 | 04 **34**

---

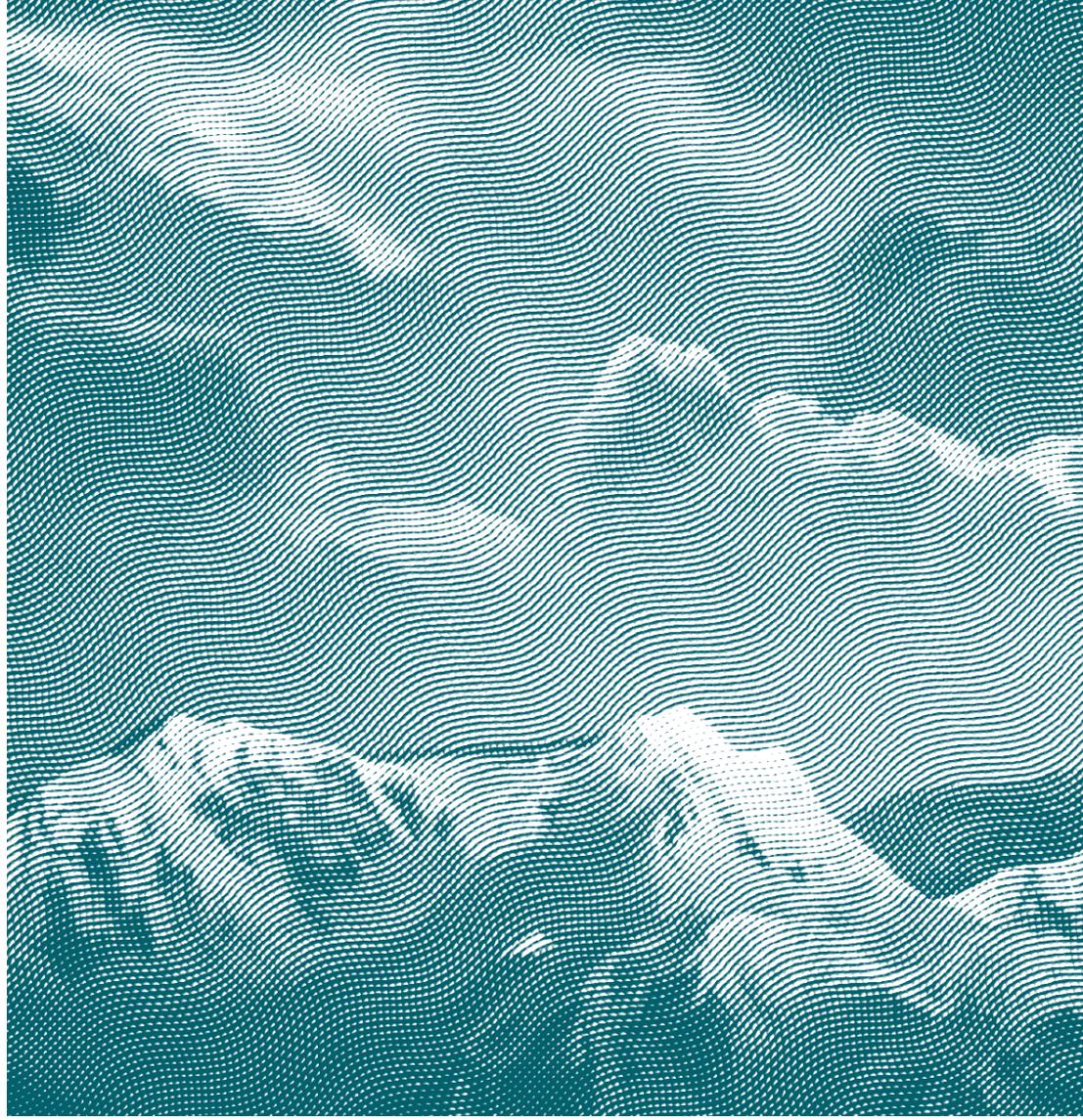
MERCI À EUX | 05 **62**

---

---

LE MOT  
DU DIRECTEUR

1





## PARTIE 1

# LE MOT DU DIRECTEUR



2020 et 2021 resteront marquées par une crise sanitaire majeure qui nous a tous impactés, aussi bien personnellement que professionnellement. Face à la brutalité de cette crise, nous avons serré les rangs, pour que la vie continue malgré tout. Tout est toujours améliorable mais la réaction de chacun d'entre nous a permis de maintenir - entre autres - les activités de recherche qui sont le socle de l'institut Carnot ISIFoR.

Mais 2020 et 2021 ne sont pas que des années COVID, ce sont également des années de grandes transitions : transition numérique, transition énergétique, transition écologique. Le changement de modèle énergétique était amorcé depuis de nombreuses années mais la cinétique s'est brutalement accélérée - voire emballée - en même temps que le COVID nous ramenait à la fragilité de notre société. Ce sont des transitions à marche forcée que nous avons su anticiper avec le déploiement de notre feuille de route, résolument orientée vers l'avenir avec la décarbonation de l'énergie et l'exploitation durable des géoressources qui, rappelons-le, sont indispensables à la transition énergétique.

Enfin, 2020 n'est pas que l'année de l'apparition du COVID, c'est également l'année de la troisième labellisation Carnot d'ISIFoR ! Cette reconnaissance par l'Agence Nationale de la Recherche de notre respect des valeurs du label Carnot - professionnalisme dans la relation partenariale et dynamisme dans la relation contractuelle avec le monde socio-économique - aurait dû nous permettre de fêter les 10 ans d'existence du Carnot ISIFoR en 2021. Cet anniversaire était inimaginable en visio, nous avons donc décidé d'un grand rendez-vous en présentiel au printemps 2022. Croisons les doigts pour que le variant omicron ne vienne pas à nouveau perturber cette fête.



2021 aura également été la fin de vie programmée de l'action Carnot filière qu'ISIFoR coordonnait. Extra&Co est donc terminé, mais le travail accompli n'a pas été vain : une alliance Carnot, portée par les instituts Carnot ISIFoR et Énergies du Futur, vient de voir le jour avec comme thématique fédérative les énergies à faible impact carbone. En plus de cette naissance, l'abondement record perçu en 2021 de 1,3 M€ nous a redonné le sourire. L'argent ne fait certes pas le bonheur mais il nous a permis de financer plus de 1M€ de projets de recherche. Gageons que les résultats de cette recherche publique seront un des leviers de l'innovation et du développement des entreprises et de la réindustrialisation du territoire national.

Enfin, je ne peux pas terminer ce « mot du directeur » édition 2020-2021 sans remercier l'ensemble de l'équipe opérationnelle du Carnot qui a su faire preuve d'une résilience remarquable, toujours dans le professionnalisme et la bonne humeur qui caractérisent si bien ISIFoR ! Merci Catherine, Chloé, Laure, Lionel et Virginie ! Et bon vent à Laure et Lionel dans leurs nouvelles aventures professionnelles !

Merci à vous, toutes et tous, de participer à la vie du Carnot ISIFoR et bonne lecture !

**Pierre Cézac**

---

# LE RÉSEAU DES CARNOT





## PARTIE 2

# LE RÉSEAU DES CARNOT

### QU'EST-CE QU'UN INSTITUT CARNOT ?

Les instituts Carnot forment un réseau de 39 structures de recherche publique françaises reconnues et labellisées pour leur compétence à mener des projets de recherche partenariale au service de l'innovation des entreprises. Implanté sur tout le territoire français, le réseau Carnot se déploie au plus près des entreprises de toutes tailles et tous secteurs, de la start-up, en passant par la PME, jusqu'au grand groupe.

Leur mission : préparer l'avenir industriel et économique en accompagnant les entreprises dans leur transformation, en leur facilitant l'accès à la R&D pour leurs projets d'innovation. Acteurs majeurs de la recherche, les Carnot proposent la plus puissante offre de R&D pour les entreprises. Le label institut Carnot a été créé en 2006 et attribué par le Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation pour développer les partenariats de la recherche publique avec les acteurs économiques en garantissant excellence scientifique et professionnalisme dans le respect de la Charte Carnot.



Avec 20% des effectifs de la recherche publique, les instituts Carnot réalisent 55% des contrats de R&D financés par les entreprises à la recherche publique française. Forts de 10 200 contrats annuels de R&D avec les entreprises et de près de 800M€ de recettes contractuelles directes avec leurs partenaires, ils se hissent, aujourd'hui, au 2<sup>ème</sup> rang des déposants français de brevets.

**« Notre budget a été remis à niveau et doit plus que doubler sur la durée de la Loi de programmation de la recherche. »**

*Alain Duprey, Directeur général de l'Ai Carnot*

**« Depuis la création du dispositif en 2006, nous avons vu une augmentation significative des actions de recherche partenariale, entre les laboratoires publics et les entreprises. En 15 ans, notre chiffre d'affaires – les contrats directs des entreprises vers nos laboratoires – a presque triplé. »**

*Philippe Véron, Président de l'Ai Carnot*

## CHIFFRES CLÉS 2020 DU RÉSEAU DES CARNOT

39

Carnot implantés dans chaque région française

1174

brevets prioritaires déposés dans l'année

Plus de  
27 600

publications de rang A par an

35

laboratoires communs créés avec des entreprises

35 000

Professionnels de la recherche en ETP dont 9500 doctorants (1500 en contrat CIFRE)

90

sociétés essaimées dans l'année

9600

contrats de R&D avec les entreprises dont 4200 avec des PME et ETI

« Le réseau Carnot a pour mission de préparer l'avenir industriel et économique en accompagnant toutes les entreprises dans leurs stratégies d'innovation et de transformation. »

Recettes **directes** avec partenaires

805 M€

R&D pour les entreprises

507 M€

PI avec les entreprises  
66 M€

Expertises et prestations de service pour les entreprises  
145 M€

Recettes **collaboratives** avec partenaires

631 M€

DONT

Collaboratif Europe impliquant des entreprises  
130 M€

Association des instituts Carnot

120 avenue du Général Leclerc  
75014 Paris  
01 44 06 09 00

[www.instituts-carnot.eu](http://www.instituts-carnot.eu)



Reseau\_Carnot



le-reseau-des-carnot

## EN 2021, LES CARNOT FÊTAIENT LEURS 15 ANS



L'année 2021 marquait les 15 ans des Carnot et de leur R&D au service de l'innovation des entreprises. Pour célébrer cet anniversaire, le réseau des Carnot a notamment diffusé un communiqué de presse retraçant les grandes dates clés de 2006 à aujourd'hui, les

chiffres marquants ou encore quelques innovations emblématiques développées par les instituts.

Une vidéo dédiée ainsi qu'un portfolio « showroom » de 28 démonstrateurs au sein des Carnot (dont WAVYX pour ISIFoR) et une campagne de communication consacrée aux 15 ans ont été développés par l'Ai Carnot pour l'occasion. Ces 15 ans ont également fait l'objet d'une mise en avant lors de Cap'CARNOT le 28 septembre à Paris et durant les Rendez-vous Carnot les 17 et 18 novembre à Lyon.

[Communiqué de presse](#) | [Vidéo](#) | [Portfolio](#)



**Alain DUPREY**  
Directeur Général  
Association des Instituts Carnot

### Focus sur notre démonstrateur WAVYX mis en avant dans le Showroom des 15 ans des Carnot

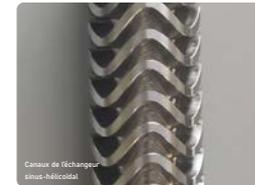
**WAVYX**  
Échangeurs thermiques et réacteurs

Si vous souhaitez chauffer ou refroidir un fluide efficacement, il faut avoir un bon échange de chaleur avec la paroi solide avec laquelle il est en contact. Si l'écoulement ne fluctue pas le long de la paroi, votre système sera peu efficace. WAVYX propose d'utiliser les trajectoires complexes générées dans un canal de forme sinus-hélicoïdale pour obtenir un transfert de chaleur important. Bien mélanger, c'est la solution pour bien échanger !

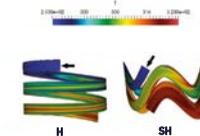
Institut Carnot ISIFoR

#### L'avancée scientifique / technologique

Les échangeurs innovants de forme sinus-hélicoïdale sont issus de travaux de recherche menés au Laboratoire SJAME à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. Ils sont protégés par un Brevet International déposé en 2020. La recherche conduite dans le cadre de l'[Institut Carnot ISIFoR](#) a permis d'étendre les applications de l'invention à un domaine d'avenir, celui de la production des microalgues qui présentent un fort intérêt pour le captage du CO<sub>2</sub>, la dépollution des effluents, la nutrition, la cosmétique ou encore la production de biocarburants. Nous développons des photobioréacteurs tubulaires pour la production intensifiée de ces microalgues en utilisant les bonnes propriétés de mélange de la technologie WAVYX.



Canaux de échangeur sinus-hélicoïdale



Meilleur mélange thermique dans le canal sinus-hélicoïdal SH

#### Avantage concurrentiel apporté aux acteurs économiques

Les échangeurs WAVYX apportent un gain de transfert de chaleur de 20 à 30% par rapport à des échangeurs plus classiques. Ils sont compacts et leurs dimensions peuvent être optimisées pour l'application de chaque client, dans l'agroalimentaire, le domaine viticole, l'énergie ou encore pour les industries des transports : automobile, ferroviaire et aéronautique. Différentes solutions de mise en forme des échangeurs sinus-hélicoïdaux peuvent être envisagées selon le matériau utilisé. Les formes douces limitent les possibilités d'encrassement, ce qui est un atout supplémentaire pour la technologie WAVYX.



Contact  
Carnot ISIFoR - Yves LE GUER - yves.leguer@univ-pau.fr

[Vidéo du démonstrateur WAVYX](#)

## LA FIN DES ACTIONS CARNOT FILIÈRES



Durant 6 ans (2015-2021), les Carnot fortement impliqués dans un même secteur de marché se sont organisés et ont regroupé leurs moyens pour faire bénéficier les entreprises d'une offre de partenariat et de transfert de connaissances et de technologies complète et lisible. Cette offre a été enrichie par une analyse des besoins R&D propres à chaque secteur d'activité et pour mieux cibler leur besoin en lien avec les attentes des marchés, les instituts Carnot sont allés à la rencontre des entreprises.

Des consortiums de Carnot se sont donc particulièrement mobilisés et structurés pour faciliter l'accès à la R&D des TPE, PME et ETI de huit secteurs économiques afin de leur permettre d'innover et de rester compétitives dans un monde qui évolue de plus en plus vite :

**Aéronautique**

**Automobile et mobilité**

**Énergie**

**Industries extractives et première transformation**

**Manufacturing**

**Médicaments**

**Mode et Luxe**

**Sport et Bien-être**

Ces actions soutenues par le Programme d'Investissements d'Avenir ont notamment permis à l'institut Carnot ISIFoR de coordonner le dispositif Extra&Co sur le secteur des industries extractives et première transformation.

De plus, entre 2015 et 2019, la croissance en volume des contrats R&D entre les Carnot impliqués et les TPE, PME et ETI des 8 secteurs industriels couverts par les actions Carnot filières a été de 85%, alors que l'accroissement de l'activité R&D du réseau avec l'ensemble des TPE, PME et ETI a été de 38% sur la même période. Plus de 1400 de ces entreprises n'avaient jamais eu jusque-là de relation avec le monde de la recherche.



Dans le cadre de la fin des actions Carnot filières en septembre 2021, l'Ai Carnot a donc élaboré et diffusé un manifeste illustrant 5 ans d'actions concrètes des filières pour renforcer la capacité d'innovation des TPE, PME et ETI françaises. Extra&Co, coordonné par le Carnot ISIFoR, a ainsi pu y mettre en avant certaines de ses *success stories*.

**L'EXEMPLE D'EXTRA&CO**

Une action axée sur les stagiaires a été mise en place au sein d'Extra&Co pour contribuer à répondre à un besoin d'entreprise cible ou à un besoin non satisfait du marché en mettant en œuvre au moins une plateforme technologique.

**Un exemple sur la valorisation de coproduits coquilliers pour la géothermie :** « Le Carnot ISIFoR et plus particulièrement le laboratoire LFCR travaillent avec la société B.O.P.S (Béarn Opérations Pompages Services) sur l'incorporation de coproduits coquilliers dans le processus de cimentation des forages, notamment géothermiques. Deux stagiaires de master ont été accueillis par l'entreprise dans leurs locaux dans le cadre d'une convention de recherche. Le partenariat est gagnant-gagnant. Le laboratoire peut démontrer la transférabilité de ses connaissances sur le comportement des biomatériaux dans un contexte industriel et l'entreprise peut directement utiliser les formulations proposées dans le cadre de nouvelles opérations. Ainsi, et fort de son partenariat avec le LFCR, B.O.P.S souhaite développer son offre de services dans le domaine de la cimentation, en travaillant sur la performance et l'impact environnemental. »



© Shutterstock

Suite aux actions menées par les filières et aux résultats obtenus, plusieurs instituts Carnot ont manifesté un intérêt commun à poursuivre le partenariat sous forme d'Alliance Carnot dans le domaine des systèmes énergétiques à faible impact carbone.

Ce projet d'Alliance fait notamment suite aux rapprochements des filières EnergICs et Extra&Co au cours des dernières années qui entendent capitaliser sur l'héritage de cette collaboration. Cela fait également écho aux domaines d'actions du Comité Stratégique de Filière des Nouveaux Systèmes Énergétiques (CSF NSE) en intégrant la dimension sous-sol. Les cinq instituts Carnot membres de cette initiative (ISIFoR, Energies du futur, Icéel, M.I.N.E.S, IFPEN Ressources Énergétiques ) seront les membres fondateurs de cette Alliance et constitueront la gouvernance.

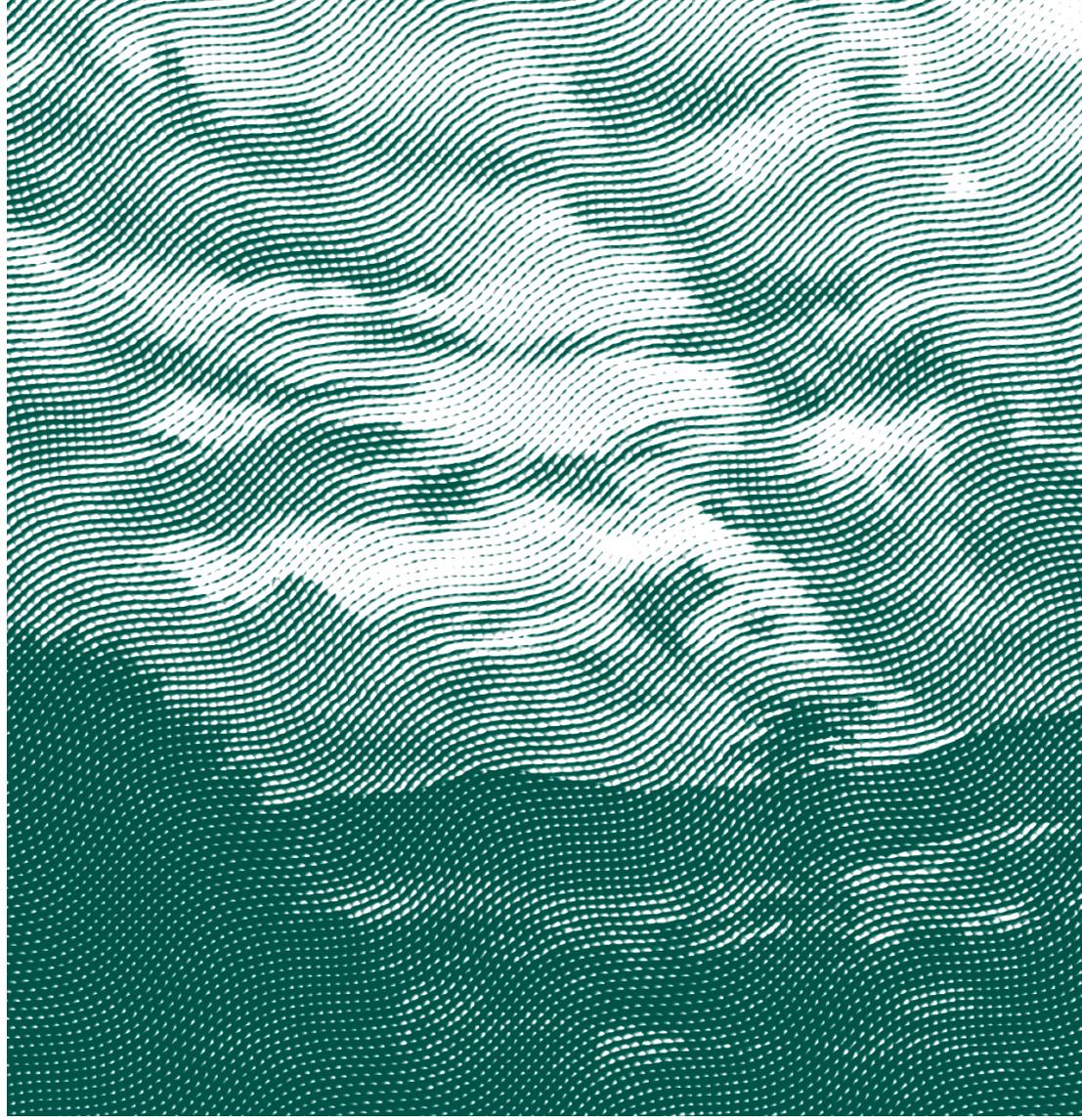


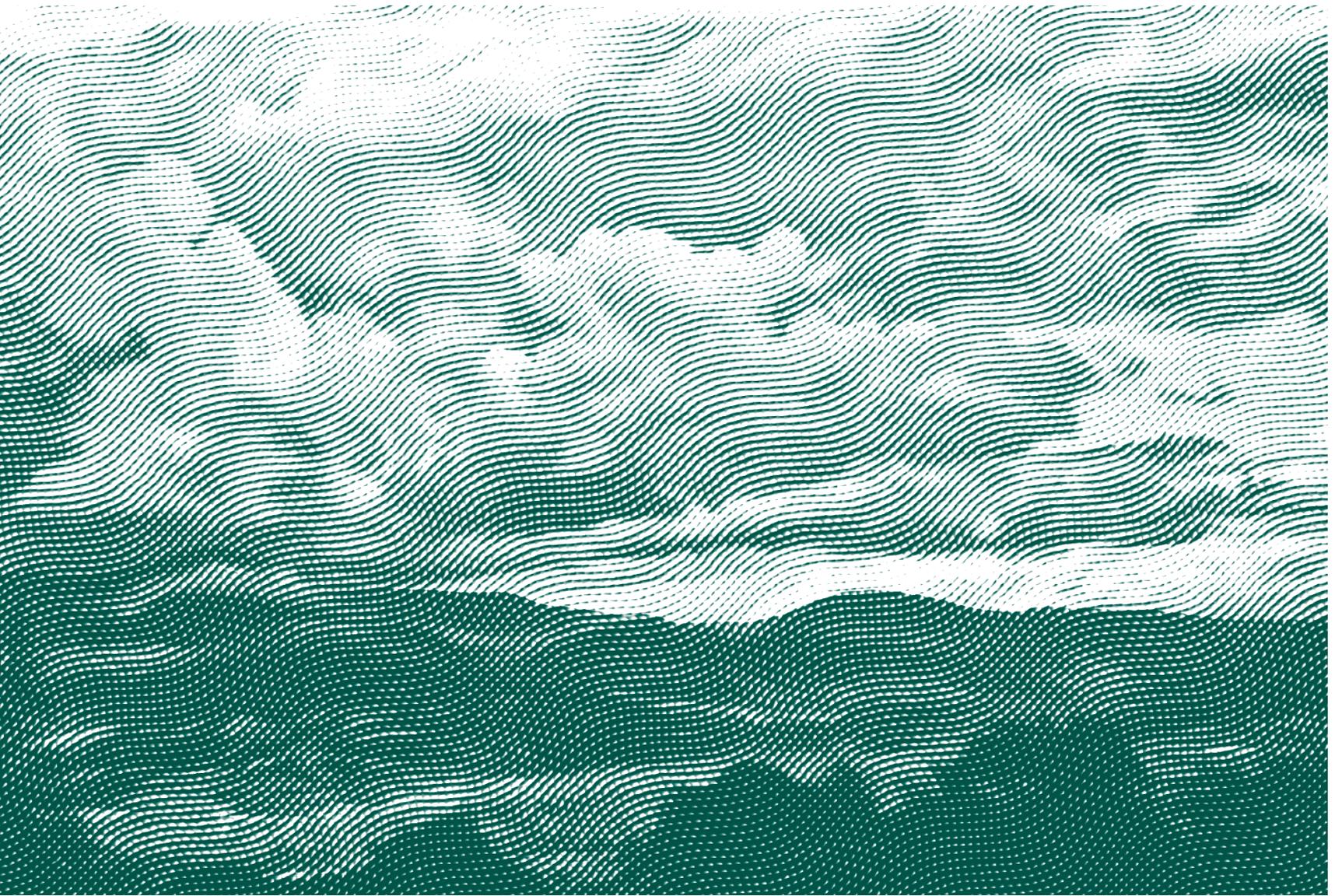
## Manifeste



---

ISIFoR  
A 10 ANS





## PARTIE 3

# ISIFoR A 10 ANS

### CARTE D'IDENTITÉ

ISIFoR, labellisé Carnot depuis 2011, fédère la recherche académique dédiée aux enjeux énergétiques et environnementaux en lien avec le sous-sol dans le Grand Sud-Ouest. La complémentarité de ses 11 laboratoires constitue un atout fort et

distinctif à l'échelle mondiale et permet de développer, par l'innovation, la compétitivité des entreprises (de la start-up au grand groupe) qui s'inscrivent dans les domaines de l'ingénierie durable des géoressources.



**LABORATOIRES**  
de recherche publique



**TUTELLES**



**ORGANISME  
GESTIONNAIRE**



**ETP** dont 420 doctorants  
et post-doctorants



**CONTRATS/AN**  
avec des entreprises



**PARTENAIRES**  
industriels



## LABEL & CERTIFICATION

2014



Depuis 2014, ISIFoR s'inscrit dans une démarche qualité exigeante, soucieux d'une amélioration continue. Le Carnot est certifié ISO 9001 depuis février 2015.

2015-2021



De 2015 à 2021, ISIFoR a coordonné le dispositif filière Extra&Co aux côtés du BRGM, de l'institut Carnot Icéel et de l'institut Carnot M.I.N.E.S. Les instituts Carnot fortement impliqués dans un même secteur d'activité se sont organisés et ont regroupé leurs moyens pour faire bénéficier les petites et moyennes entreprises nationales d'une offre de partenariat et de transfert de connaissances et de technologies complète et lisible. C'est pourquoi la filière des ressources minérales et énergétiques du sous-sol était couverte par le Carnot et ses trois partenaires, alimentant aussi le portefeuille d'expertise et de compétences d'ISIFoR à travers 19 plateformes technologiques Pa-loises, Toulousaines et Bordelaises dédiées au projet Extra&Co durant ses 6 années d'existence.

2020

En 2020, ISIFoR faisait partie des 39 instituts Carnot labellisés pour une nouvelle période de 4 ans.

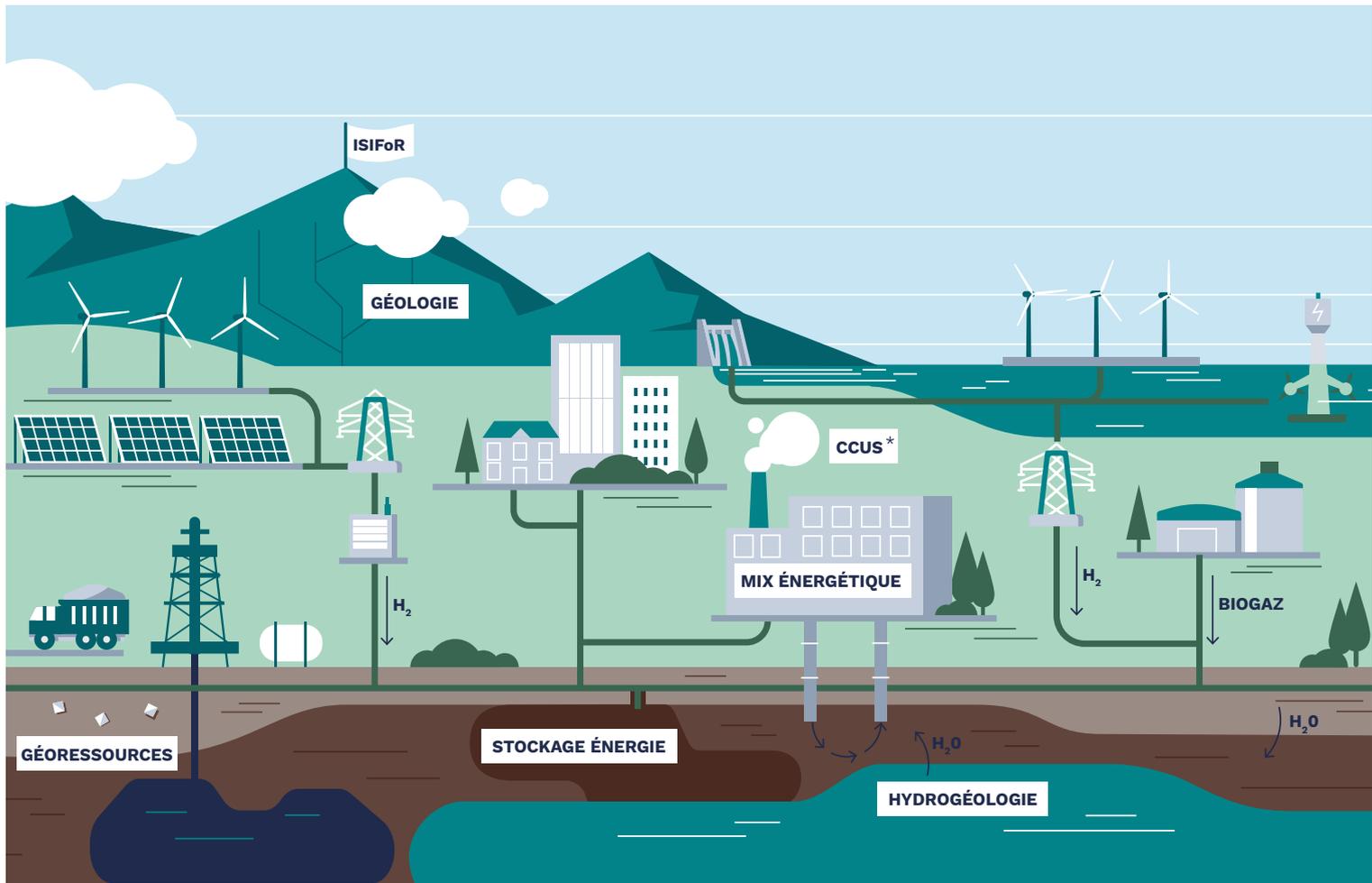
## UNE FEUILLE DE ROUTE Tournée VERS LA DÉCARBONATION DES ÉNERGIES

**Le Carnot ISIFoR fait sans cesse évoluer sa feuille de route afin de relever les défis majeurs actuels, qu'ils soient environnementaux, climatiques, énergétiques ou sociétaux.**

C'est pourquoi l'illustration de ses différents secteurs d'activité, en réponse aux mutations du sous-sol, s'accompagne depuis fin 2021 d'un démonstrateur en réalité virtuelle, mettant en animation les expertises et savoir-faire de ses chercheurs et laboratoires qui s'inscrivent dans un effort de transition énergétique.

Si l'expérience d'immersion en 3D dans la feuille de route du Carnot ISIFoR vous intéresse, vous pouvez nous contacter.





\* Carbon Capture, Utilization and Storage

## VOS INTERLOCUTEURS



**Chloé  
AUFFREDOU**

**Catherine  
MAUPEU**

**Lionel  
HUANG**

**Virginie  
BUIL**

**Peter  
MOONEN**

**Laure  
TASTET**

**Pierre  
CÉZAC**

**Evelyne  
ROBERT**

**Responsable  
Communication  
& Événementiel**

05 40 17 52 25  
[chloe.auffredou@univ-pau.fr](mailto:chloe.auffredou@univ-pau.fr)

**Responsable  
Qualité**

[catherine.maupeu@univ-pau.fr](mailto:catherine.maupeu@univ-pau.fr)

**Chargé d'affaires  
d'Extra&Co**  
rattaché  
au Carnot ISIFoR  
de décembre 2017  
à septembre 2021

**Directrice  
opérationnelle**

05 59 40 77 96  
06 13 67 17 98  
[virginie.buil@univ-pau.fr](mailto:virginie.buil@univ-pau.fr)

**Correspondant  
ISIFoR à  
l'international**

05 59 40 73 30  
[peter.moonen@univ-pau.fr](mailto:peter.moonen@univ-pau.fr)

**Cheffe de  
Projet**  
d'Extra&Co  
rattachée au  
Carnot ISIFoR  
de mai 2016 à  
septembre 2021

**Directeur d'ISIFoR  
Coordinateur**  
du Réseau R3 TESLA

05 59 40 78 30  
06 86 88 11 12  
[pierre.cezac@univ-pau.fr](mailto:pierre.cezac@univ-pau.fr)

**Cheffe de Projet**  
du Réseau R3 TESLA  
Arrivée prévue en  
février 2022

05 40 17 52 24  
[evelyne.robert@univ-pau.fr](mailto:evelyne.robert@univ-pau.fr)

## NOS LABORATOIRES DE RECHERCHE PUBLIQUE

---

### IPREM

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

### LFCR

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

### SIAME

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

### G&E

Géoressources  
& Environnement  
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

Organisme Pétrolier  
de Recherche  
Appliquée - Pau



## PROJETS RESSOURCÉS 2020

Laboratoire(s)	Responsable du projet	Nom du projet	Montant subvention
LaTEP	MARIAS Frédéric	<b>OPTIMETH</b> - Développement d'un outil numérique de conception optimale de plateformes énergétiques de méthanisation-méthanation	60 000 €
GET	BENEZETH Pascale	<b>C-STORE</b> - Stockage minéral du carbone à basse température via des expériences <i>in situ</i> par Raman	60 000 €
IMFT	PRAT Marc	<b>EVASEL</b> - Évaporation avec formation d'une croûte de sel et de cloques de sel à la surface du milieu poreux	60 000 €
IPREM	DURAN Robert	<b>BENEFICCE</b> - Production de bio-énergie, de composés chimiques à valeur ajoutée et d'enzymes à partir de biomasse et de la fermentation de bio-fioul	60 000 €
IPREM	BOUYSSIERE Brice	<b>SPEL BIO</b> - Spéciation des éléments traces dans les nouvelles matrices biosourcées	60 000 €
SIAME	LE GUER Yves	<b>PhotoInnov</b> - Photobioréacteurs innovants pour la croissance de microalgues et la remédiation d'effluents	60 000 €
G&E	LELEU Sophie	<b>GeothermALP</b> - Caractérisation Réservoir Carbonifère et Permien, potentiel géothermique - Analogues Sud-Ouest alpin	60 000 €
LFCR   LMAP	MOCHO Pierre	<b>DYN-HYD</b> - Stockage DYNAmique sélectif de l'HYDrogène en mélange gazeux sous pression dans des milieux poreux	60 000 €
IMFT	MARCOUX Manuel	<b>TRIBIOX</b> - Imagerie 3D avec suivi temporel de systèmes triphasiques eau/huile/biofilms en milieux poreux par tomographie à rayons X	60 000 €
GET   LFCR	MACOUIN Mélina	<b>PyH-Mag</b> - Processus de serpentinitisation dans les Pyrénées révélés par la magnétite : un lien vers l'hydrogène naturel ?	46 000 €
LFCR   IPREM	VERMOREL Romain	<b>SETGRAPH</b> - Simulation et modélisation de la SÉparation de gaz par Thermodiffusion à travers des GRAPHÈnes nano-poreux	60 000 €
			<b>646 000 €</b>

## PROJETS RESSOURCÉS 2021

Laboratoire(s)	Responsable du projet	Nom du projet	Montant subvention
LaTEP	SOCHARD-RENEAUME Sabine	<b>OPTIGAZ</b> - Développement d'un outil numérique d'optimisation dynamique de plateformes énergétiques basées sur la synergie gazéification thermochimique et méthanation avec l'hydrogène vert	60 000 €
GET	KACZMAREK Mary-Alix	<b>CaMaMiCu</b> - Caractérisation des sources magmatiques des minéralisations de Cuivre	13 340 €
G&E	LOISY Corinne	<b>Aquifer CO<sub>2</sub> Leak</b> - Stockage géologique de CO <sub>2</sub> : dynamique des éléments traces en contexte de fuite de CO <sub>2</sub> proche surface. Impacts sur la qualité des eaux et gestion des risques associés. Approche expérimentale en laboratoire <i>in situ</i>	20 080 €
LFCR   IPREM	BOURIAT Patrick	<b>NanoRIM</b> - Nano-Rhéologie Interfaciale par Microscopie	60 000 €
IPREM   LFCR	ALLOUCHE Joachim	<b>NANOPORES</b> - Synthesis of nanostructured and hierarchical micro/mesoporous materials for the study of adsorption-induced deformation in the context of gas storage and transport	58 500 €
IPREM	VALLVERDU Germain	<b>IMAGE@Si</b> - Interactions entre MATière orGaniqueE dissolue et Silice mésoporeuse : approche expérimentale et théorique	60 000 €
LFCR   GET	MOUTHEREAU Frédéric	<b>CALIM</b> - Cartographie et composition de la Lithosphère : Impact sur une zone de déformation active	60 000 €
IMFT	FEDE Pascal	<b>REBIS</b> - Développement de modèle sous-maille pour la prise en compte de la polydispersion dans les écoulements particuliers réactifs	60 000 €
GET   LFCR	CHAVAGNAC Valérie	<b>IMAGHYN</b> - Couplage IMAgérie Géophysique passive et suivi <i>in situ</i> des émanations d'Hydrogène Natif dans les Pyrénées	51 345 €
LFCR	PIJAUDIER-CABOT Gilles	<b>MIS-vs-LPDM</b> - Validation de l'analyse MIS	60 000 €
LMAP   LFCR	TORDEUX Sébastien	<b>GéoTrefftz</b> - Méthode de décomposition de domaine par méthode de Trefftz pour la propagation des ondes en régime harmonique dans les milieux poro-élastiques	50 000 €
G&E   GET	SCHMUTZ Myriam	Caractérisation de la distribution de C et N par méthodes géophysiques, hyperspectrale et par validation sur échantillons de sols et de plantes	60 000 €
LFCR   IMFT	CREUX Patrice	<b>STARTCO<sub>2</sub></b> - SpaTiAlly Resolved Transfer of CO <sub>2</sub>	60 000 €
GET	POKROVSKI Gleb	<b>AsCOCRIT</b> - Impact de l'arsenic et du carbone organique sur la formation des ressources en or et métaux critiques dans les bassins sédimentaires	35 000 €
IPREM   LaTEP	NARDIN Corinne	<b>BAMBA</b> - (Bio)Corrosion : Approche MATériaux non Bactéricides	60 000 €
LFCR	PERRIER Laurent	<b>OPHTYS</b> - Optimisation de matériaux hybrides pour le stockage d'Hydrogène	46 000 €
GET   LMAP	NOIRIEL Catherine	<b>MICROTRANSPHASIQUE</b> - Développement de micromodèles 2D et 3D pour l'étude du transport réactif en milieu mono- et multi-phasique	59 000 €
IPREM	LE FAUCHEUR Séverine	<b>MONEI</b> - Importance de la Matière Organique Naturelle dans l'Évaluation de l'Impact environnemental des activités extractives	6 000 €
LaTEP   LFCR	CHABAB Salaheddine	<b>H2STOCK</b> - Étude thermodynamique des systèmes H <sub>2</sub> +Gaz+Eau+Sels pour les applications de stockage souterrain de l'hydrogène en milieux poreux	60 000 €
			<b>939 265 €</b>

## ZOOM SUR NOTRE LABORATOIRE GET ET SES FAITS MARQUANTS DE 2020 & 2021

**Le principal objectif des chercheurs du GET, dans le cadre de la nouvelle feuille de route du Carnot ISIFoR, est de poursuivre leur R&D afin de répondre aux enjeux scientifiques, technologiques et socio-économiques liés aux géoressources et à la transition énergétique et environnementale, en particulier :**

- la genèse des ressources (minières et pétrolières) et leur gestion durable (réduction des impacts environnementaux),
- la compréhension des mécanismes de transfert des métaux dans la croûte et des contaminants aux interfaces, l'exploration et l'interprétation géophysique (gravimétrie, sismologie),
- les énergies bas carbone : l'hydrogène naturel (mécanismes de production d' $H_2$  natif),
- décarboner : séquestration minérale du  $CO_2$  et sa valorisation (CCUS).

Dans ce contexte, les différentes équipes du GET ont mis en œuvre en 2020 et 2021 de nombreux projets de recherche en s'appuyant si nécessaire sur les différentes plateformes instrumentales du GET qui s'inscrivent dans le périmètre du Carnot ISIFoR et de l'action Carnot filière Extra&Co (CHRONOS 31, Géochimie et Minéralogie Expérimentale, Gravimétrie et MAGNANO) mais aussi sur leurs partenariats avec les entreprises.

### **AMINO : Assessment of deep-sea Mining on Ocean health: Évaluation de l'exploitation minière des fonds marins sur la santé des océans**

*Projet de juillet 2020 à décembre 2021*

*PI : Valérie Chavagnac et Christine Destrigneville,  
GET CNRS UMR5563*

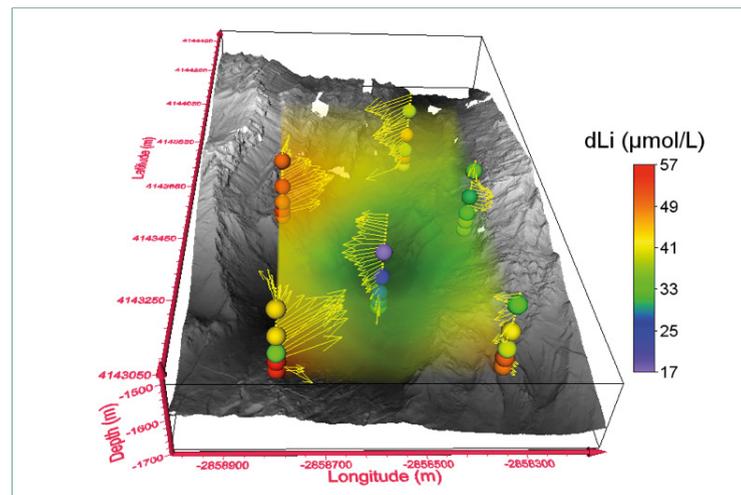
*Post-doctorante : Lise Artigue*

De nos jours, la demande mondiale en ressources métalliques ne fait qu'augmenter en raison de la croissance démographique, de l'industrialisation, de la numérisation et du développement des technologies et des produits à faibles émissions de carbone. Les gisements de massifs de sulfures océaniques associés aux sources hydrothermales des grands fonds marins constituent des cibles de choix pour l'exploitation commerciale de ces minéraux d'intérêt économique.

Cependant, les processus d'exploitation minière pourraient conduire au relargage de divers éléments chimiques notamment ceux impactant la vie océanique et ainsi provoquer un effet majeur sur le fonctionnement de l'océan et sur sa capacité à stocker du dioxyde de carbone atmosphérique. Pour mieux contraindre l'impact sur la santé de l'océan, il est nécessaire de comprendre comment et où les éléments métalliques issus des ressources minérales des grands fonds océaniques sont dispersés dans l'océan.

Via une étude au niveau du site hydrothermal Lucky Strike (1700 mètres sous le niveau de la mer, océan Atlantique), nous avons étudié la dispersion du lithium (Li) et du strontium (Sr) d'origine hydrothermale dans l'océan profond. Ces éléments dont le fort intérêt économique est associé à un risque de manque d'approvisionnement élevé sont considérés comme des «matières premières critiques» par l'Union Européenne. Dans notre étude (Artigue et al., 2021a), nous avons mis en évidence que les concentrations Li et Sr d'origine hydrothermale pouvaient être détectées dans la colonne d'eau à plus d'un kilomètre de sa source d'émission, modifiant ainsi la composition de l'océan profond (Figure).

De plus, leur dispersion spatiale est affectée par les courants locaux et les interactions avec les minéraux produits par l'activité hydrothermale (e.g. les particules d'oxydes de manganèse). Des études complémentaires sont en cours de réalisation afin de déterminer de quelle manière le lithium et le strontium d'origine hydrothermale peuvent impacter la diversité et le développement des écosystèmes en milieu extrême (Artigue et al., 2021b). Les résultats préliminaires suggèrent que la minéralogie et les conditions physico-chimiques environnementales ont un effet significatif sur la diversité des micro-organismes (Archaea et Bactéries).



*Profils de l'intensité et de la direction de la vitesse des courants aux six stations CTD dans la colonne d'eau rapportés avec les concentrations de Li dissous au-dessus de la carte bathymétrique du champ hydrothermal de Lucky Strike. A noter que l'eau de mer a une concentration en Li de 24.6 μmol/L alors qu'un fluide hydrothermal a une concentration supérieure à 200 μmol/L. (Artigue et al., 2021a)*

#### RÉFÉRENCES :

Artigue L., Chavagnac V., Destrigneville C., Ferron B., Cathalot C., 2021a. Tracking the lithium and strontium isotope signature of hydrothermal plume in the water column: A case study at the EMSO-Azores deep-sea observatory. Submitted to *Frontiers in Environmental Chemistry* (September 2021), Minor Revision  
Artigue L., Chavagnac V., Destrigneville C., Godfroy A., François D., Lesongeur F., Rommevaux C., 2021b. Tracking mineral-fluid-microorganism interactions at hydrothermal conditions: A continuous culture experiment (EMSO-Azores deep-sea observatory). To be submitted to *Geobiology* by the end of November 2021.

## **C-STORE : mineral Carbon STORAGE at low temperature via in situ Raman Experiments : Développement des procédures expérimentales permettant de déterminer le potentiel de minéralisation du carbone dans des contextes géologiques à basse température.**

*Projet de janvier 2021 à janvier 2022*

*PI : Pascale Bénézeth, GET CNRS UMR5563*

*Post-doctorante : Chiara Marieni*

Sur la base d'études antérieures (ex., Kelemen et Matter, 2008 ; Gislason et Oelkers, 2014; Snæbjörnsdóttir et al., 2020), les roches mafiques et ultramafiques sont considérées comme les lithologies les plus prometteuses pour minéraliser le carbone à l'échelle humaine. Au-delà de la croûte océanique, ces roches sont présentes dans de multiples contextes géologiques terrestres (réservoirs géothermiques, formations ophiolitiques, provinces ignées) ainsi que des résidus miniers. Selon Kelemen et al. (2019), les réservoirs terrestres de péridotites ont le potentiel de minéraliser et de séquestrer 60 à 600 trillions de tonnes de CO<sub>2</sub>, tandis que les basaltes terrestres de 1 à 250 Tt de CO<sub>2</sub>. Cela signifie que, compte tenu du taux actuel de 42 Gt de CO<sub>2</sub> émis par an (Friedlingstein et al., 2020), ces roches ont le potentiel de stocker plusieurs décennies d'émissions anthropiques. Cependant, nombre de ces réservoirs contiennent d'abondants minéraux d'altération en raison de régimes de PT élevés et de leur âge, et se trouvent souvent dans des systèmes à des températures relativement basses.

Ainsi, de multiples échantillons solides d'assemblages de minéraux altérés ont été étudiés par le biais d'expériences afin de déterminer leur capacité à minéraliser le CO<sub>2</sub> et de définir les

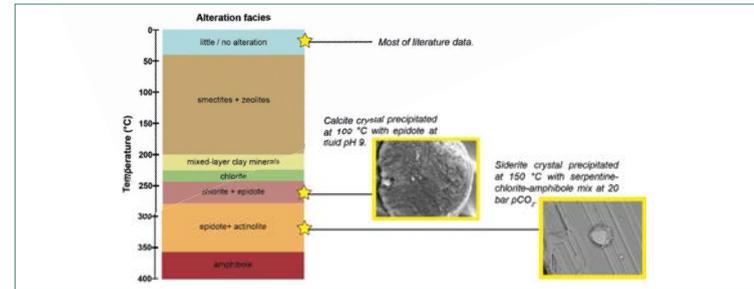
défis à relever pour des scénarios réalistes de CSC. Pour cela, des réacteurs batch ou à circulation ont été utilisés pour une quantification de la minéralisation du carbone en présence de minéraux peu réactifs comme l'épidote, la chlorite, la serpentine et l'amphibole en fonction du pH et de la température du fluide. Pour des phases solides plus réactives (verres basaltiques ou brucite), la cellule à fenêtre saphir couplée au spectromètre Raman *in situ* grâce à une sonde optique a été utilisée, définissant les limites de détection dans ce nouveau dispositif expérimental (financé par le Carnot ISIFoR).

Les résultats préliminaires d'expériences, réalisées à 150°C et pCO<sub>2</sub> ≤ 20 bar, suggèrent que les silicates riches en Fe et pauvres en Al convertissent le CO<sub>2</sub> en carbonates (sidérite) plus rapidement que l'épidote, bien que cette dernière soit plus riche en cations (Ca). L'étude directe de la surface de l'épidote par microscopie électronique (FIB, MET, et STEM-EDX) nous a permis de mettre en évidence la formation d'une couche passivante d'hydroxyde d'Al (boehmite, AlOOH) autour des grains d'épidote empêchant ainsi minéralisation du CO<sub>2</sub> en carbonate. Des expériences de minéralisation du carbone avec l'épidote ont ensuite été réalisées à un pH de fluide plus basique, où la solubi-



lité de l'hydroxyde d'Al est plus élevée et celle des carbonates plus faible, montrant la formation de calcite à des températures aussi basses que 100 °C en quelques semaines.

Dans l'ensemble, les phases d'altération semblent être capables de minéraliser le CO<sub>2</sub> injecté à une échelle de temps raisonnable en laboratoire, également comparable à celle du verre basaltique et des minéraux primaires. D'autres expériences sont encore en cours pour définir les conditions optimales de minéralisation du carbone pour chaque scénario et la meilleure façon de les mettre en œuvre avec la cellule optique et le spectromètre Raman.



Assemblages d'altération typiques dans les roches mafiques en fonction de la température, avec mise en évidence de certains des résultats des expériences sur la minéralisation du carbone. Marieni et al (2021, Insights on C mineralization potential of alteration mineral; Goldschmidt Conference, Lyon)

#### RÉFÉRENCES :

- Friedlingstein, P., et al. (2020) Global Carbon Budget 2020. *Earth Syst. Sci. Data* 12, 3269-3340.
- Gislason, S.R. and Oelkers, E.H. (2014) Carbon Storage in Basalt. *Science* 344, 373.
- Kelemen, P., Benson, S.M., Pilorgé, H., Psarras, P. and Wilcox, J. (2019) An Overview of the Status and Challenges of CO<sub>2</sub> Storage in Minerals and Geological Formations. *Frontiers in Climate* 1.
- Kelemen, P.B. and Matter, J. (2008) In situ carbonation of peridotite for CO<sub>2</sub> storage. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105, 17295.
- McGrail, B.P., Schaeff, H.T., Ho, A.M., Chien, Y.-J., Dooley, J.J. and Davidson, C.L. (2006) Potential for carbon dioxide sequestration in flood basalts. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 111.
- Schaeff, H.T., McGrail, B.P. and Owen, A.T. (2010) Carbonate mineralization of volcanic province basalts. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 4, 249-261.
- Snæbjörnsdóttir, S.Ó., Sigfússon, B., Marieni, C., Goldberg, D., Gislason, S.R. and Oelkers, E.H. (2020) Carbon dioxide storage through mineral carbonation. *Nature Reviews Earth & Environment* 1, 90-102.

## OrPet : Système pétroliers aurifères : origine et fonctionnement

Projet 2017-2020

PI : Gleb Pokrovski, GET CNRS UMR5563

Doctorants : Clément Laskar et Maria Kokh

### A) Un nouveau moyen de transport du platine dans la croûte terrestre (août 2021)



© Gleb Pokrovski

Les éléments chimiques du groupe du platine (appelés platinoïdes) sont réputés pour être extrêmement peu solubles et peu mobiles dans les fluides naturels et solvants technologiques. Un consortium de chercheurs Français a découvert un moyen de rendre le platine plus soluble et mobile en solution hydrothermale en

utilisant une forme chimique de soufre, l'ion radicalaire trisulfure  $[S_3]^-$ . En créant une liaison très forte avec le platine, ce radical facilite fortement l'extraction, le transport et le dépôt massif de ce métal par les fluides riches en soufre circulant dans la croûte terrestre. Cette découverte oblige à reconsidérer les modèles de formation des gisements de platinoïdes et pourrait aider à localiser de nouvelles ressources, ainsi qu'à améliorer le traitement des minerais et les procédés de synthèse de nanomatériaux de ces métaux très recherchés.

Une image 3D instantanée de la structure moléculaire du platine dissous dans un fluide hydrothermal, obtenue par simulations de dynamique moléculaire. Couplées à la spectroscopie *in situ*, de telles simulations offrent des informations précieuses sur la structure atomique et la stabilité des espèces aqueuses qui transportent les métaux critiques jusqu'aux gisements dans la croûte terrestre.



© Clément Laskar

Les molécules d'eau sont représentées par des « boomerangs » rouge-blancs, les ions de platine, sodium et soufre sont imagés, respectivement, par des sphères marrons, roses et jaunes.

Référence :

G.S. Pokrovski, M.A. Kokh, E. Desmaele, C. Laskar, E.F. Bazarkina, A.Y. Borisova, D. Testemale, J.-L. Hazemann, R. Vuilleumier, G. Ferlat, A.M. Saitta (2021) *The trisulfur radical ion  $S_3^{•-}$  controls platinum transport by hydrothermal fluids – Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, PNAS, August 24, 2021, 118 (34), e2109768118.*

### B) Une pompe à or dans la croûte terrestre (avril 2021)

Pour former un gisement d'or, il faut concentrer le métal entre mille et un million de fois par rapport à sa teneur moyenne dans la croûte terrestre. Seuls quelques minéraux, comme la pyrite arsénifère ( $Fe(S,As)_2$ ) et l'arsénopyrite ( $FeAsS$ ), peuvent présenter un tel enrichissement. Cependant, une grande partie de cet or « invisible » caché dans le minéral n'est pas exploitable par les méthodes de détection et d'extraction traditionnelles qui visent l'or dans son état natif métallique. Quelle est la nature de cet or invisible, et quel phénomène est responsable de sa concentration dans les gisements aurifères ?

Un consortium interdisciplinaire et international, composé de géologues, chimistes et physiciens, coordonné par le GET dans le cadre du projet ISIFoR « OrPet » (2017-2020, resp. Gleb Pokrovski), a pu élucider la nature de l'or piégé et le mécanisme de fonctionnement à l'échelle atomique de ces véritables pompes aurifères minérales. Les chercheurs ont combiné des mesures expérimentales simulant l'incorporation de l'or dans ces minéraux, conduites au sein de la plateforme Géochimie et Minéralogie Expérimentale (Extra&Co/ISIFoR) au GET, avec des analyses de minéraux naturels et leurs analogues synthétiques par spectroscopie d'absorption de rayons X de haute résolution sur synchrotron (ESRF) et leurs modélisations physico-chimiques et moléculaires. Les résultats obtenus ont permis aux chercheurs de découvrir que l'or s'incorporait dans la structure cristalline du minéral, par une réaction redox, en se liant très fortement à l'arsenic.

Ce couplage or-arsenic permet d'expliquer, pour la première fois et de manière quantitative, les phénomènes d'incorporation et ensuite de libération de l'or par ces minéraux hôtes aboutissant à la formation des ressources aurifères sur Terre.

Le nouveau modèle du couplage or-arsenic élaboré dans cette étude permet d'expliquer le paradoxe de formation des gisements d'or. Il fournit aux géologues et miniers un outil permettant de quantifier l'enrichissement et la distribution de l'or dans les minéraux sulfurés qui sont les principaux hôtes de ce métal dans divers types de gisements hydrothermaux et, à plus long terme, d'améliorer les procédés d'extraction de l'or.

Plus généralement encore, cette étude ouvre la porte à des avancées dans les méthodes combinées d'expérimentation, de spectroscopie *in situ* et modélisation qui permettront la quantification

d'autres métaux économiquement critiques « invisibles » dans leurs minéraux hôtes (e.g., platinoïdes, terres rares), contribuant ainsi à une meilleure compréhension des grands cycles des métaux dans la nature et à une amélioration de l'exploitation des géo-ressources minérales et de leur recyclage pour notre société.



© G. Pokrovski, M. Kokh, M. Blanchard, D. Testemale.  
*Exemple de cluster atomique (hors échelle) que forme l'or avec l'arsenic et le soufre lors de son incorporation dans la pyrite arsénifère imagée par microscopie électronique à balayage (à gauche), révélé dans cette étude grâce au dispositif de spectroscopie d'absorption de rayons X de haute résolution sur synchrotron (à droite).*

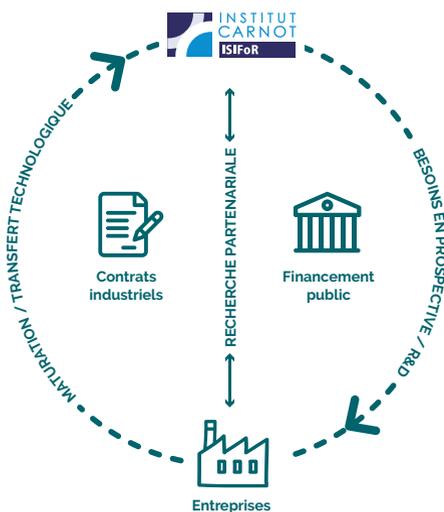
#### RÉFÉRENCE :

G.S. Pokrovski, C. Escoda, M. Blanchard, D. Testemale, J.-L. Hazemann, S. Gouy, M.A. Kokh, M.-C. Boiron, F. de Parseval, T. Aigouy, L. Menjot, P. de Parseval, O. Proux, M. Rovezzi, D. Béziat, S. Salví, K. Kouzmanov, T. Bartsch, R. Pöttgen, T. Doert (2021) *An arsenic-driven pump for invisible gold in hydrothermal systems. Geochemical Perspectives Letters* (2021) 17, 39-44 | doi: 10.7185/geochemlet.2113.

## LA R&D AVEC ISIFoR

### Comment ça marche ?

En fonction des besoins en R&D qui vous animent, l'institut Carnot ISIFoR vous accompagne dans vos projets grâce à l'expertise de ses chercheurs et laboratoires. Il vous propose de travailler ensemble en mode collaboratif (programmes Européens, programmes ANR...) ou contractuel (projets bilatéraux). L'institut Carnot ISIFoR a en effet à cœur de créer une relation privilégiée entre le public et le privé.



### Pourquoi choisir ISIFoR ?

ISIFoR labellisé institut Carnot depuis 2011, et fort de ses relations contractuelles avec les entreprises, se positionne comme un acteur majeur de l'innovation en vous assurant :



**Contractualisation adaptée au partenariat**



**Gestion de la confidentialité**



**Modalités flexibles de propriété intellectuelle**



**Abondable au CIR**

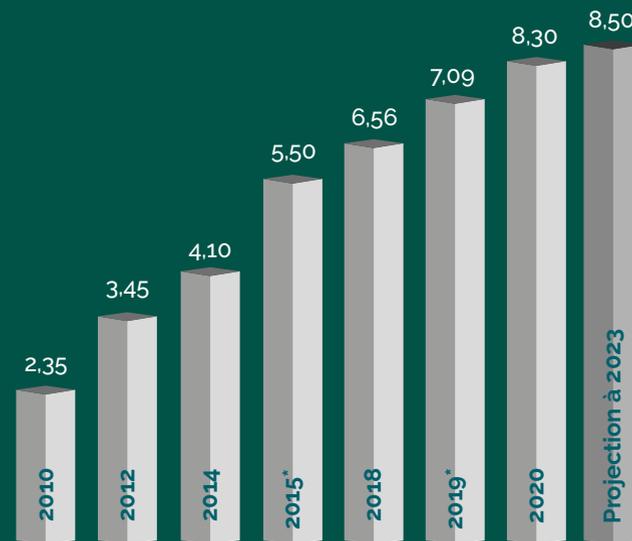
### Sous quels formats ?

Il existe différentes manières de coopérer avec un laboratoire de recherche. La coopération peut porter sur l'accès à une technologie ou à un savoir-faire d'un laboratoire, une étude de faisabilité pour optimiser ou valider une innovation développée par une entreprise, ou sur une collaboration de R&D plus pérenne.

Ces différents modes de partenariats se traduisent par la mise en place de différents types de contrats comme :



## FOCUS SUR LA RECHERCHE CONTRACTUELLE PUBLIC-PRIVÉ DU CARNOT ISIFoR



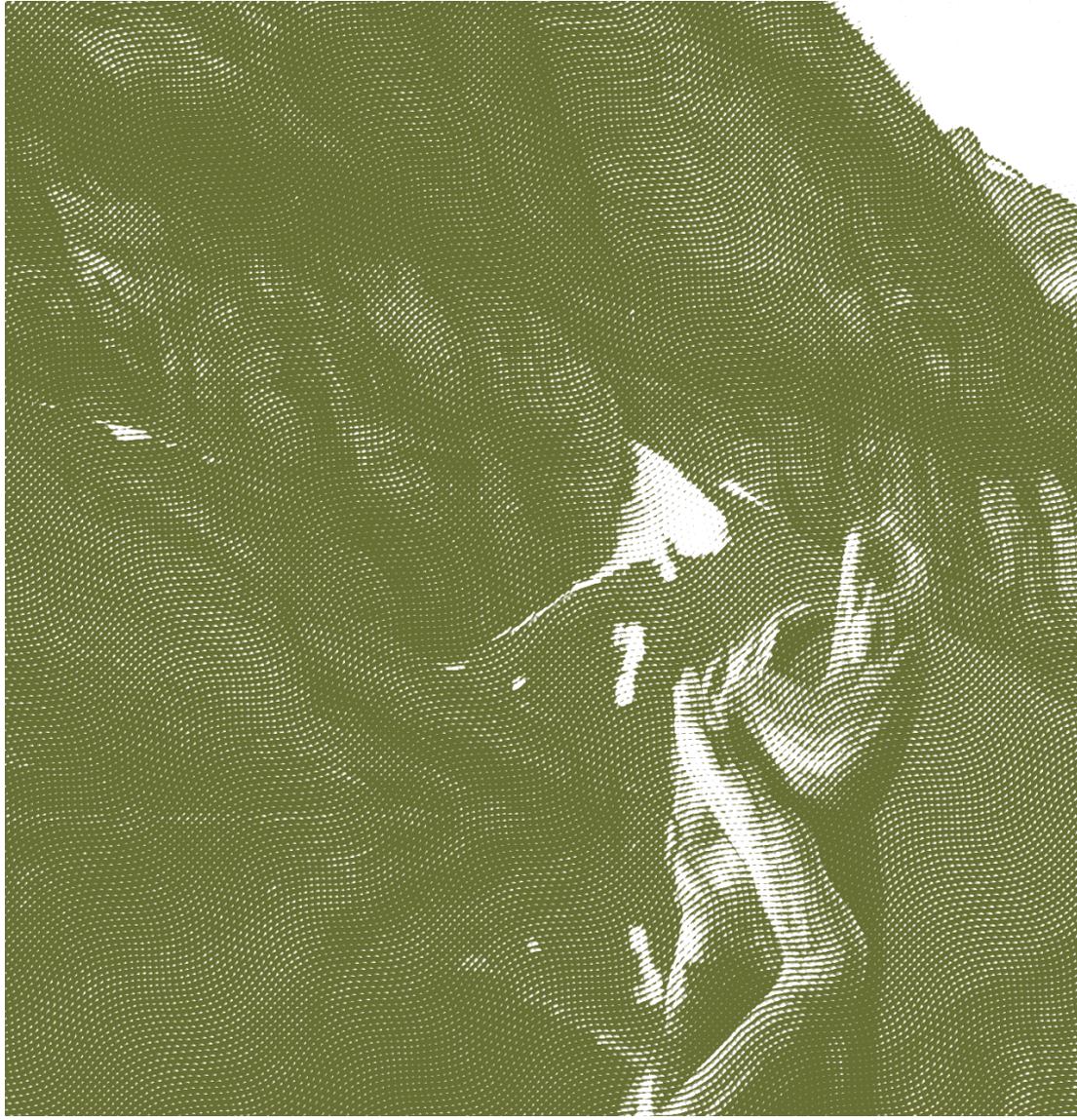
Évolution des recettes de la recherche contractuelle abondante de 2010 à 2020 (M€) et projection à 2023

\* sur les années 2015 et 2019, changement de périmètre

---

# RETOUR SUR 2020 & 2021

# 4





## PARTIE 4

# RETOUR SUR 2020 & 2021

JANVIER 2020



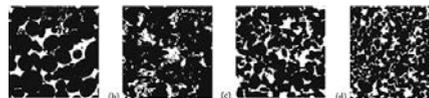
### Le Carnot ISIFoR a soutenu l'IMFT dans des projets de méthodologies d'estimation de paramètres de transport dans l'image

Dans le cadre d'un resserrement ISIFoR, le laboratoire IMFT a mis en place, en lien avec les activités de deux plateformes ISIFoR/Extra&Co, des méthodologies d'estimation de paramètres de transport dans l'image. Le sujet portait sur la mesure de perméabilité, qui est particulièrement délicate encore aujourd'hui sur des échantillons de taille modeste, même si les travaux actuels de l'IMFT amènent à penser qu'un vrai pas sera accompli d'ici peu. Cette mesure est en effet basée sur une description de l'espace des pores obtenue par une image souvent réalisée par microtomographie et c'est ce qui est réalisé à Pau, au sein du laboratoire DMEX.

Si l'IMFT avait déjà travaillé sur l'estimation de la perméabilité par calcul direct (Guibert et al. 2015, TiPM), il se heurtait à une baisse de la performance lorsque le volume de l'image initial augmentait. Depuis des travaux antérieurement réalisés, l'IMFT savait qu'une méthode basée sur l'analyse directe dans l'image nommée EMA, pour effective medium approximation (Plouraboué et al. 2004), était intéressante mais non déployée pour des structures tridimensionnelles.

Un workflow complet rapide et testé sur un certain nombre d'échantillons de roches a été développé (Voir Franc et al.2020). Il a été intercomparé aux résultats du calcul direct (écart de 10 à 20%) et a démontré que l'estimation de paramètres de transport est possible, en utilisant non pas le calcul classique mais l'interprétation de données statistiques dans l'image.

Le travail autour de cette activité continue pour la mise en place de méthodes de calcul dans de gros volumes de données. Cette dernière a d'ailleurs été soutenue par les appels à projets Extra&Co dans le cadre de la plateforme MFEED. La mise en place de calculs massifs (objet de taille >10 milliards de voxels) est en cours avec l'analyse de la convergence des calculs de l'IMFT en fonction de la résolution de l'image initiale.



Divers échantillons utilisés pour l'analyse comparative du modèle EMA de l'IMFT vs. calcul direct.

Références : Guibert, R., Nazarova, M., Horgue, P., Hamon, G., Creux, P., Debenest, G.: Computational permeability determination from pore-scale imaging: sample size, mesh and method sensitivities. *Transp. Porous Media* 107(3), 641–656 (2015). Plouraboué, F., Flukiger, F., Prat, M., Crispel, P.: Geodesic network method for flows between two rough surfaces in contact. *Phys. Rev. E* 73(3), 036305 (2006). Franc, J., Guibert, R., Horgue, P., Debenest, G., & Plouraboué, F. (2021). Image-based effective medium approximation for fast permeability evaluation of porous media core samples. *Computational Geosciences*, 25(1), 105-117.

## FÉVRIER 2020



### Re-labellisation des Carnot et d'ISIFoR

7 & 14 février 2020

Le 7 février 2020, Frédérique Vidal, Ministre de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation annonçait que 37 instituts Carnot seraient labellisés pour une durée 4 ans et 2 instituts Carnot pour une période probatoire de 18 mois. Ces 39 instituts Carnot, dont ISIFoR fait partie, doivent bénéficier de 62 millions d'euros de financement annuels afin de renforcer la recherche partenariale. Fort de ce succès à célébrer, l'équipe du Carnot ISIFoR a donc organisé, le 14 février 2020, un cocktail déjeunatoire pour fêter cette nouvelle labellisation, entourée de ses chercheurs, partenaires et représentants de tutelles.



### Le séminaire UPPA/BRGM suite au premier accord de collaboration de recherche

11 février 2020

Dans la continuité du premier accord cadre de collaboration de recherche dans les domaines de la géo-énergie et de l'environnement entre l'Université de Pau et des Pays de l'Adour et le BRGM – signé le 23 janvier 2019 –, un séminaire rassemblant les deux structures s'est déroulé à Bordeaux le 11 février 2020.

En effet, il a permis à certains chercheurs du Carnot ISIFoR de rencontrer leurs homologues au sein du Bureau de recherches géologiques et minières, et ce au travers de trois ateliers et de courtes présentations sur des sujets déjà engagés ou des ouvertures possibles de collaboration entre l'UPPA et le BRGM. Une restitution synthétique par action a conclu cette journée de rencontres et d'échanges.

Les thèmes abordés sur l'analyse géochimique et le traitement des données, les thermodynamiques des solutions salines, les ressources minérales, l'économie circulaire, les procédés et l'acceptation sociétale ont été très bien accueillis par les deux parties et ont fait émerger de nombreuses discussions entre chercheurs à même d'enrichir leurs liens existants ou de créer des synergies.

FÉVRIER 2020



## Toulouse INP récompensé du « Label Bienvenue en France »

13 février 2020

L'une des tutelles du Carnot ISIFoR, Toulouse INP, a reçu de la part de Campus France, le « Label Bienvenue en France » avec le maximum de 3 étoiles en récompense de sa qualité à accueillir des étudiants internationaux.



JUIN 2020



## Back2Business « Les industries du sous-sol au cœur de la relance »

9 juin 2020

C'est aux côtés du pôle AVENIA, d'EVOLEN et de l'action Carnot filière Extra&Co qu'ISIFoR a organisé le 9 juin 2020 la convention d'affaires entièrement digitale, gratuite et dédiée aux acteurs des industries liées à l'exploitation du sous-sol « Back2Business : Les industries du sous-sol au cœur de la relance ».

Cette journée de rendez-vous en ligne a permis aux plus de 200 inscrits d'élargir et renforcer leur réseau, développer des projets collaboratifs, créer de nouvelles opportunités de business, découvrir de nouveaux marchés, de nouvelles innovations, de nouvelles technologies et partager leurs expertises et expériences, autour d'un objectif commun : participer pleinement à la transition énergétique pour favoriser la relance.



AOÛT 2020



**École d'été pluridisciplinaire :**  
**« Transitions Énergétiques : innovations, gouvernance et sociétés »**

30 août au 4 septembre 2020

L'école d'été « Transitions Énergétiques : innovations, gouvernance et sociétés » s'est tenue comme prévue du 30 août au 4 septembre 2020 à l'Institut d'études politiques de Bordeaux. Ce deuxième opus, après le succès de l'édition 2019, a été organisé par l'Université de Pau et des Pays de l'Adour (Isabelle Moretti, Louis de Fontenelle et Xavier Arnaud De Sartre) et l'IEP de Bordeaux (Hubert Delzangles et Sylvain Roche), avec le soutien des chaires Teen et Trent et la participation de Bernard Blez.



Louis De Fontenelle expliquant les outils juridiques.

L'événement a rassemblé une trentaine de participants : un quart étaient des professionnels de tous âges, engagés dans l'industrie de l'énergie ou dans les politiques territoriales, la moitié était de jeunes chercheurs doctorants ou post-doctorants, travaillant tous dans le domaine que ce soit du côté de la technologie, de la géographie ou du juridique. Le dernier quart était des étudiants de master 2 ayant choisi ces spécialités. En ce qui concerne les nationalités, tous les continents étaient représentés, de l'Équateur à l'Inde en passant par l'Afrique et l'Europe.

Les journées étaient rythmées par des présentations de synthèse des encadrants, des études de cas par les participants et des rencontres avec des acteurs de terrain. Le groupe a en outre visité une exploitation maraîchère ayant fait le choix de construire et gérer un méthaniseur dont le gaz est ensuite purifié pour une injection dans le réseau.

Ainsi, le nouveau mix énergétique a été abordé sous toutes ses formes : les technologies, adaptées ou non aux territoires, le droit qui permet, ou non, leur mise en œuvre et le rôle des parties prenantes qui ont envie, ou non, de se les approprier.



Visite en petit groupe du méthaniseur de la « ferme sous le vent » géré par Air Liquid.

## OCTOBRE 2020



### Séminaire des Directeurs Carnot

5 & 6 octobre 2020

Pleinement investi au sein du réseau Carnot, ISIFoR ne manque aucun rassemblement, formation ou bonne pratique organisés par l'Ai Carnot. C'est pourquoi, une fois n'est pas coutume, Pierre Cézac, directeur du Carnot ISIFoR, a représenté l'équipe et participé à distance au séminaire des directeurs Carnot qui a eu lieu à Lyon les 5 et 6 octobre 2020.



### Tour de France de Frédérique Vidal avec une visite Paloise

8 octobre 2020

Frédérique Vidal, Ministre de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, a étoffé son « Tour de France des Territoires » en découvrant les 8 et 9 octobre 2020 la région Nouvelle-Aquitaine.

Au programme de sa visite régionale, Frédérique Vidal s'est donc arrêtée à Pau le 8 octobre 2020 pour visiter l'Université de Pau et des Pays de l'Adour ainsi que l'IPREM, l'un des 11 laboratoires du Carnot ISIFoR et basé sur la technopole Hélioparc, en parallèle d'une présentation de l'I-SITE et d'échanges avec les étudiants et enseignants impactés par la crise liée au COVID.



© Université de Pau et des Pays de l'Adour.

## NOVEMBRE 2020



### Les Rendez-vous Carnot 2020

18 & 19 novembre 2020



Les Rendez-vous Carnot de 2020 ont eu lieu en dématérialisé les 18 et 19 novembre 2020. Cette édition online a permis aux entreprises ayant un projet d'innovation et à la recherche d'un partenariat

en R&D de participer à des rendez-vous B2B avec les Carnot et filières, ainsi que d'assister à des conférences, tables rondes et pitches de structures publiques comme privées.

#### Chiffres clés de cette 13<sup>e</sup> édition :

**2000**  
participants

**7600**  
rendez-vous d'affaires réalisés

**94 %**  
des entreprises portant un projet d'innovation étaient satisfaites de la qualité de leur rendez-vous

**86 %**  
d'entre elles ont identifié de nouveaux partenaires R&D

Près de **60 %**  
des entreprises participantes étaient des start-up, PME et ETI



### Club Innovation Environnement « Gestion de la ressource en eau »

25 novembre 2020



Depuis début 2020, le Carnot ISIFoR co-organise les Clubs Innovation Environnement du pôle AVENIA.

Ces clubs ont pour but de travailler le temps d'une journée ou d'une demi-journée sur un thème scientifique ou une problématique industrielle donnée. Ils se veulent informatifs du point de vue de la veille technologique et règlementaire, donnent parfois naissance à

des projets collaboratifs, et sont avant tout le lieu de rencontre des adhérents d'AVENIA travaillant autour d'un thème donné.

En 2020, la crise sanitaire ayant décalé le calendrier, un club innovation autour de la gestion de la ressource en eau a été organisé en visioconférence le 25 novembre. 25 participants, limite fixée en raison d'un temps de travail en ateliers, ont pu échanger sur cette problématique qui touche l'ensemble des opérateurs des industries du sol et du sous-sol.



### Hannelore Derluyn a reçu la médaille de bronze du CNRS

Décembre 2020



Hannelore Derluyn, chercheuse CNRS au sein des laboratoires DMEX et LFCR du Carnot ISIFoR, est l'un des talents CNRS 2020 et a ainsi été récompensée de la médaille de bronze pour ses travaux de recherche sur la cristallisation des sels dans des milieux poreux et les interactions fluide-solide pendant les processus de cristallisation dans des géomatériaux. Cette distinction s'ajoute à la bourse ERC Starting Grant 2019 dont elle est lauréate.



### L'IMFT et la société Bulane collaborent afin de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>

Décembre 2020

À l'IMFT - qui fait partie des 11 laboratoires de l'institut Carnot ISIFoR -, des chercheurs dans le domaine de la combustion ont mis en place un partenariat avec la société Bulane, spécialisée dans la fabrication d'électrolyseurs produisant de l'hydrogène.

L'objectif de cette collaboration est de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> dans le chauffage domestique en substituant tout ou partie du combustible fossile par de l'hydrogène vert, produit avec de l'électricité renouvelable.

En utilisant la technologie Bulane, une preuve de concept a été réalisée, permettant une décarbonation de plus de 20%, sans modification des brûleurs.

Cette stratégie d'hybridation qui constitue une électrification partielle du gaz naturel, permet une transition vers un chauffage bas-carbone sans investissement immédiat dans un changement complet de technologie.



*Exemple de flamme stabilisée sur un brûleur de chaudière domestique.*

## JANVIER 2021



### Renouvellement de certification ISO 9001

11 & 12 janvier 2021

L'institut Carnot ISIFoR débute son 3<sup>e</sup> cycle de certification ISO 9001, il a obtenu en janvier 2021 son renouvellement sans écart.

## FÉVRIER 2021



### Occitanie Innov

4 février 2021

Les 15 instituts Carnot positionnés en Région Occitanie, dont ISIFoR fait partie, ont participé en digital via leurs e-stands, à l'édition 2021 d'Occitanie Innov organisée par AD'OCC, l'agence de développement économique de la Région Occitanie.

Les Carnot ont d'ailleurs été mis en valeur sur l'espace « Recherche & Valorisation » et ont pu profiter de cette journée pour honorer de nombreux rendez-vous d'affaires permettant d'initier des échanges et rencontres constructifs.





## La Chaire CO<sub>2</sub>ES fait la une des journaux

5 & 12 février 2021



Que ce soit dans Sud-Ouest ou PressLib', la Chaire CO<sub>2</sub>ES - lancée en novembre 2018 - a fait la une des journaux régionaux en février 2021.

Son directeur Fabrizio Croccolo, enseignant-chercheur au sein du laboratoire LFCR du Carnot ISIFoR, a été interviewé sur les divers projets de recherche et expériences possibles sur le stockage du CO<sub>2</sub> dans des aquifères salins au sein de la Chaire.



## Laboratoire commun SEnGA avec l'UPPA, Teréga et le CNRS

25 février 2021

Pierre Cézac, directeur du Carnot ISIFoR, est porteur du projet sur la création d'un laboratoire commun entre l'Université de Pau et des Pays de l'Adour et Teréga.

SEnGA (Stockage des Energies Gaz en Aquifère), labellisé I-SITE E2S UPPA, a en effet pour vocation à fédérer les partenaires de longue date autour du stockage géologique des gaz décarbonés afin de se positionner comme des acteurs clés de la transition énergétique.



## MARS 2021



### #NApéro1 : « Comment garantir un hydrogène décarboné ? »

10 mars 2021

Isabelle Moretti, chercheuse au sein du laboratoire LFCR du Carnot ISIFoR, a témoigné en tant qu'experte lors de la table ronde en ligne #NApéro1 : « Comment garantir un hydrogène décarboné ? ».

Cet événement qui s'est déroulé le 10 mars 2021, organisé par la Région Nouvelle-Aquitaine, la Maison de la Nouvelle-Aquitaine à Paris, le pôle AVENIA, l'Agence de Développement et d'Innovation de Nouvelle-Aquitaine (ADI) et l'Association des anciens de l'ENSGTI, a permis d'échanger sur des solutions industrielles variées pour un objectif unique de transition énergétique réussie.



LES  
**APÉROS**  
NOUVELLE-AQUITAINE



### Club Innovation Environnement « Sites et sols pollués »

18 mars 2021

En 2021, le 18 mars, un club sur le transfert d'approches d'investigation géosciences pour diagnostiquer les sols pollués, organisé par le pôle AVENIA et l'institut Carnot ISIFoR, a réuni 75 personnes. Un large éventail des innovations sur ce domaine a pu être présenté et discuté, allant de l'investigation depuis l'espace jusqu'à l'investigation isotopique des atomes, en passant par l'apport des outils statistiques.





## Webinaire UPPA Tech/DMEX

23 mars 2021

UPPA Tech, le Centre de Services Instrumental de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, a lancé au printemps 2021 sa série de webinaires dédiés à ses plateaux techniques, dont certains sont des laboratoires ou équipes de recherche du Carnot ISIFoR.

Cette collection de courts webinaires a démarré par le laboratoire DMEX basé à Pau afin de le présenter et d'aborder les rayons X comme véritable outil appliqué à la R&D.



## AVRIL 2021



### Hub EnSulTe

9 avril 2021

Des chercheurs et laboratoires du Carnot ISIFoR (DMEX, IPREM et LMAP) se sont associés autour du hub EnSulTe (bio-inspired Energy Sustainable and Independent Territories) : projet technologique, scientifique, économique, social et sociétal d'envergure internationale.

Il s'agit en effet d'une démarche rassemblant différentes sciences et technologies pour rendre un territoire énergétiquement indépendant.



### Webinaire «Natural Hydrogen Resources»

15 avril 2021



Isabelle Moretti, chercheuse associée au sein du Carnot ISIFoR, présentait, le 15 avril 2021 de 17h à 18h, le webinaire « Natural Hydrogen Resources » organisé par la Fédération Européenne des Géologues (EFG).

## MAI 2021



### Céline Perlot-Bascoulès lauréate 2021 de l'Institut universitaire de France

12 mai 2021



Céline Perlot-Bascoulès, responsable de l'équipe Géomatériaux et structures du Génie civil au sein du laboratoire SIAME à Anglet du Carnot ISIFoR, a été nommée membre junior

de l'Institut universitaire de France au titre de l'innovation.

Elle y rejoint ainsi ses collègues Gilles Pijaudier-Cabot et David Grégoire, tous les deux chercheurs au sein du LFCR.



## JUIN 2021



### H-NAT SUMMIT 2021

2 & 3 juin 2021

L'institut Carnot ISIFoR est fier d'avoir soutenu H-NAT 2021, le premier sommet international sur l'hydrogène naturel, qui s'est tenu en ligne les 2 et 3 juin 2021. Cette toute première édition a offert deux journées de conférences sur les marchés prometteurs, les dernières découvertes, les activités d'exploration, les produits et services ainsi que les partenariats à construire autour de l'hydrogène.

Le Carnot et sa tutelle l'Université de Pau et des Pays de l'Adour ont été également bien représentés durant cet événement puisqu'Isabelle Moretti faisait partie des membres du comité scientifique et des speakers.



### CrySPoM

7 au 9 juin 2021



Hannelore Derluyn, Daniel Broseta et Nicolas Beaudoin, chercheurs au sein du laboratoire LFCR, ont organisé la 7<sup>e</sup> conférence internationale sur la cristallisation dans les milieux poreux CrySPoM, soutenus par le Carnot ISIFoR. L'événement devait initialement avoir lieu en présentiel en 2020 et a finalement été reporté du 7 au 9 juin 2021 en digital.

Ces quelques jours ont permis de créer un environnement tissant le lien entre scientifiques reconnus et étudiants en thèse, et d'initier et de renforcer des collaborations entre théoriciens, modélisateurs et expérimentalistes autour de l'étude des processus et des impact sociétaux et fondamentaux de la cristallisation en milieux poreux.

## JUIN 2021



### GEODAYS

22 au 24 juin 2021

L'institut Carnot ISIFoR a soutenu les GEODAYS du pôle AVENIA en étant sponsor de cette édition entièrement digitale qui s'est déroulée du 22 au 24 juin 2021.

Ces trois jours ont permis aux quelques 300 inscrits (dont certains chercheurs et doctorants d'ISIFoR au sein du LFCR et du LaTEP) d'assister à des rencontres B2B, des conférences et des ateliers autour des filières du sous-sol au service de la transition énergétique et écologique, et de mettre en avant le Québec comme invité d'honneur.



### « L'hydrogène naturel : état de la recherche en France »

28 juin 2021

La journée préparée par la Société Géologique de France (SGF) sur « L'hydrogène naturel : état de la recherche en France » s'est tenue le 28 juin 2021 et Isabelle Moretti, chercheuse au sein du Carnot ISIFoR, en était organisatrice.

L'événement traitait de l'H<sub>2</sub> comme nouvelle ressource énergétique décarbonée et renouvelable, et avait pour objectif de faire le point sur l'état de sa recherche.

La journée a ainsi permis d'échanger sur de nombreux projets en cours d'évaluation ou de montage et a été une occasion de communiquer sur ce début de structuration de l'écosystème de recherche dans le domaine et d'identifier les verrous non traités.



## AOÛT 2021



### EAPPC, BEAMS & MEGAGAUSS

29 août au 2 septembre 2021



ISIFoR a sponsorisé la conférence internationale EAPPC-BEAMS-MG qui s'est tenue du 29 août au 2 septembre à Biarritz et en digital. Cet événement rassemblait 3 conférences complémentaires : la 8<sup>e</sup> conférence Européenne & Asiatique sur la puissance pulsée, la 23<sup>e</sup> conférence sur la haute puissance des faisceaux de particules et la 17<sup>e</sup> conférence sur la génération de champs magnétiques intenses.



### EAGE Near Surface Geoscience'21

29 août au 2 septembre 2021



ISIFoR a sponsorisé l'édition Bordelaise 2021 du congrès annuel de la géophysique de subsurface « Near Surface Geoscience » qui s'est déroulée en hybride du 29 août au 2 septembre 2021.

L'événement a rassemblé environ 150 participants à distance et 250 en présentiel. Les journées ont offert des sessions posters, des tables rondes et des conférences en lien avec la transition énergétique et portant sur les thématiques de la reconnaissance de subsurface, de l'hydrogéophysique ou encore des mesures et exploitations des données géophysiques.



### École d'été « Transitions Energétiques : innovations, gouvernance et sociétés de part et d'autre des frontières »

30 août au 3 septembre 2021

Les chercheurs du Carnot ISIFoR au sein du laboratoire LFCR, et des chaires MOVE et TEEN de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, ont organisé avec la Chaire TRENT de Sciences Po Bordeaux et le GECT Eurorégion Nouvelle-Aquitaine Euskadi Navarre une école d'été pluridisciplinaire consacrée aux politiques et innovations énergétiques transfrontalières.

Elle s'est déroulée sur le campus de Bayonne du 30 août au 03 septembre 2021, où des visites de sites technologiques en Euskadi et en Navarre, ainsi que des soirées « hors les murs » ont pu avoir lieu.



## SEPTEMBRE 2021



### Séminaire de clôture d'Extra&Co

7 septembre 2021



L'action Carnot filière Extra&Co a pris fin en ce début d'automne 2021 après 6 années de collaborations entre le public et le privé dans le domaine des ressources minérales et énergétiques du sous-sol.

Ce consortium constitué de l'institut Carnot ISIFoR (coordinateur), du BRGM, de l'institut Carnot Icéel et de l'institut Carnot M.I.N.E.S a mis en œuvre des actions structurées d'accompagnement des projets de recherche, développement et innovation des entreprises françaises en lien avec la filière IEPT (Industries Extractives et de Première Transformation). En leur donnant accès aux 52 plateformes technologiques et aux savoir-faire et expertises de ses 2000 chercheurs/ingénieurs/techniciens, à 74 formations continues regroupées dans 14 thèmes différents ou encore à de l'orientation vers des dispositifs financiers, Extra&Co a ainsi pu rencontrer 805 nouvelles entreprises, générer 10 millions d'euros de recettes et signer 416 contrats de R&D.

Afin de remercier toutes les personnes et structures qui ont contribué à sa réussite, Extra&Co a ainsi organisé son séminaire de clôture au Palais Beaumont de Pau le 7 septembre 2021.

## OCTOBRE 2021



### Le premier « RDV des Régions » en Occitanie à Montpellier

5 & 6 octobre 2021

L'institut Carnot ISIFoR a participé à la première édition des « RDV des Régions » organisée en Occitanie par le pôle AVENIA, Extra&Co et TERINOV, et initialement prévue les 13 et 14 octobre 2020 pour finalement avoir lieu les 5 et 6 octobre 2021.

L'événement s'est déroulé en deux parties avec une journée à Montpellier faite d'interventions et d'ateliers sur les fluides dans le sous-sol pour les transitions énergétique, climatique et démographique et une journée à Balaruc-les-Bains pour visiter le site du projet Dem'Eaux Thau.

La première journée a en effet rassemblé une quarantaine de participants venus du privé comme du public, et ce autour de présentations académiques et industrielles sous l'angle géothermie le matin et sous celui du stockage géologique l'après-midi. Elles ont été suivies par deux ateliers thématiques, une restitution globale et une soirée networking.

La seconde journée a permis quant à elle à la trentaine de présents de participer en direct au forage et au carottage en cours sur le site expérimental du projet de R&D collaboratif Dem'Eaux Thau, dont l'objectif est de caractériser des réservoirs complexes.

Cette première édition ayant été un grand succès, le Carnot ISIFoR espère pouvoir s'associer au pôle AVENIA en 2022 pour proposer un nouvel événement en région Grand-Est.



## SEP21 : présentation du premier prototype GC Comb Ms pour analyse multi élémentaire

5 au 7 octobre 2021

Le 14<sup>e</sup> Congrès Francophone sur les Sciences Séparatives et les Couplages de l'AFSEP a eu lieu à Paris du 5 au 7 octobre et a permis de présenter le premier prototype du GC Comb Ms pour faire de l'analyse multi élémentaire. Ce prototype a été soutenu par le Carnot ISIFoR auprès de son laboratoire IPREM (financement de la preuve de concept) et va être installé chez TotalEnergies à Feluy (Belgique), puis une fois validé, à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour.



## OCTOBRE 2021



### Thierry Poinsoit a été accueilli à l'Académie des Sciences

12 octobre 2021

Thierry Poinsoit, directeur de recherche CNRS à l'IMFT (Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse) avait été élu, parmi 18 nouveaux membres, à l'Académie des Sciences le 19 décembre 2019. C'est ainsi que le 12 octobre 2021, il a été accueilli lors de la Séance solennelle de l'Académie des sciences en l'honneur des membres élus en 2019 et 2020.



*De gauche à droite : Eric Climent (Directeur de l'IMFT), Jean-Claude André (Membre de l'Académie des Technologies et Directeur du Cerfacs 1995-2010), Catherine Lambert (Directrice du Cerfacs), Thierry Poinsoit, Sébastien Candel (Membre de l'Académie des Sciences et Directeur de Thèse de Thierry Poinsoit).*



### Des chercheurs du Carnot ISIFoR au sein de Géoressources & Environnement publient dans « Science of The Total Environment »

15 octobre 2021

Patrick Höhener, professeur à Aix-Marseille Université, Mathieu Le Meur, Grégory Cohen, Mélissa Laurent et Olivier Atteia, chercheurs du Carnot ISIFoR au sein du laboratoire Géoressources & Environnement à Bordeaux, ont publié dans le volume 791 du 15 octobre 2021 de « Science of The Total Environment » leur article « Effect of NAPL mixture and alteration on 222Rn partitioning coefficients: Implications for NAPL subsurface contamination quantification ». Cet article fait écho au projet POLIMORPH - POtentiel et LImite du MONitoring du Radon-222 Pour la délimitation de zones contaminées aux naps en aquifères Hétérogènes, qui a été financé par le Carnot ISIFoR en 2019, et qui a également donné lieu à des communications orales lors de la conférence internationale RemTech Europe 2021.



## jspyrene2021 : 3<sup>e</sup> Journée Scientifique autour du cluster Pyrene et autres moyens de calcul

18 octobre 2021

La 3<sup>e</sup> journée scientifique autour du cluster Pyrene et autres moyens de calcul « jspyrene2021 » a eu lieu le lundi 18 octobre 2021 sur le campus Montaury de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. Cet événement, sponsorisé par l'institut Carnot ISIFoR, a rassemblé une trentaine de membres de la communauté scientifique de l'établissement autour de présentations orales et de discussions sur des sujets scientifiques très variés, avec

pour point commun l'utilisation des moyens de calcul de type cluster (UPPA, MCIA\*, GENCI\*).

*\* MCIA Mésocentre de calcul intensif Aquitain*

*\* GENCI est une société civile détenue à 49 % par l'Etat représenté par le ministère en charge de l'Enseignement supérieur et la Recherche, 20 % par le CEA, 20 % par le CNRS, 10 % par les Universités représentées par la Conférence des Présidents d'Université et 1 % par Inria.*



## Journée innovation de l'IPREM

13 octobre 2021

Le laboratoire IPREM du Carnot ISIFoR a organisé le 13 octobre sur Pau une journée permettant aux chercheurs et partenaires de se retrouver pour échanger autour des thématiques de la collaboration, du transfert, du partenariat et de l'innovation. Cet événement a rassemblé près de 90 chercheurs, enseignants-chercheurs, post-doctorants, doctorants, industriels et acteurs de la valorisation (CNRS, SATT AST, service valorisation de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour...).

L'institut Carnot ISIFoR était présent pour participer aux tables rondes de l'après-midi et mettre en avant son rôle dans l'écosystème.



De gauche à droite : Nathalie Pannetier (Responsable de pôle Valorisation – DRV/UPPA), Pierre Cézac (Directeur du Carnot ISIFoR), Patrick Maestro (Directeur scientifique de Solvay), Virginie Buil (Directrice opérationnelle du Carnot ISIFoR).

## NOVEMBRE 2021



### Les Rendez-vous Carnot 2021

17 & 18 novembre 2021

Après une édition 2020 entièrement digitale, les instituts Carnot ont pu participer en présentiel à Lyon à la 14<sup>e</sup> édition des Rendez-vous Carnot les 17 et 18 novembre 2021. Lieu unique pour l'innovation des entreprises de toutes tailles et tous secteurs, les Rendez-vous Carnot ont offert cette année, en plus de rendez-vous d'affaires, de conférences et tables rondes, de pitches start-up et PME innovantes lauréates, un showroom pour les 15 ans, dédié aux démonstrateurs des Carnot.

Cet espace a permis de mettre notamment en avant WAVYX, le démonstrateur sur les échangeurs thermiques et réacteur de Yves Le Guer, chercheur au SIAME, l'un des laboratoires du Carnot ISIFoR. Le démonstrateur en réalité virtuelle de la feuille de route d'ISIFoR a également rencontré un vif succès auprès des exposants et visiteurs, qu'ils soient experts ou non.



*Nicolas Chauchat et Yves Le Guer du SIAME, présentaient WAVYX dans le Showroom des 15 ans des Carnot.*



*De gauche à droite : Virginie Buil (Directrice opérationnelle du Carnot ISIFoR), Pierre Cézac (Directeur du Carnot ISIFoR), et Catherine Maupeu (Responsable qualité du Carnot ISIFoR).*



## Première réunion en présentiel de l'Alliance Carnot sur les énergies à faible impact carbone

18 novembre 2021

Les Rendez-vous Carnot 2021 ont été l'occasion pour les Carnot Energies du futur, ISIFoR, Icéel, IFPEN Ressources Energétiques et M.I.N.E.S de se retrouver en présentiel afin d'échanger sur la construction du projet d'Alliance Carnot pour les énergies à faible impact carbone, en qualité de membres fondateurs.

Cette Alliance fait suite aux rapprochements des filières Energics et Extra&Co, qui ont pris fin en septembre 2021, respectivement coordonnées par Energies du futur et ISIFoR, et entend capitaliser sur l'héritage de cette collaboration.

Afin de continuer à renforcer les liens entre les instituts Carnot et les industriels (notamment les PME et ETI) sur les systèmes énergétiques à faible impact carbone, cette Alliance a pour ambition d'anticiper les besoins des industriels et de répondre à leurs attentes au travers notamment d'une offre de R&D structurée et complète mais également d'interactions privilégiées avec les territoires et leurs acteurs socio-économiques.



De gauche à droite : Florence Lefebvre-Joud (Institut Carnot Energies du futur), Jérôme Sterpenich (Institut Carnot Icéel), Virginie Buil (Institut Carnot ISIFoR), Christian Schaeffer (Institut Carnot Energies du futur), Emmanuel Manceau (Institut Carnot IFPEN Ressources Energétiques), Nathalie Colombel (Institut Carnot Energies du futur), Pierre Cézac (Institut Carnot ISIFoR).

## NOVEMBRE 2021



### #NAPéro9 : « Eau et changement climatique »

24 novembre 2021



LES  
**APÉROS**  
NOUVELLE-AQUITAINE

Alain Dupuy, professeur d'hydrogéologie au sein de Bordeaux INP, l'une des tutelles du Carnot ISIFoR, est intervenu dans le cadre de #NAPéro9 : « Eau et changement climatique ».

Cet événement s'est tenu en ligne le 24 novembre 2021 et était organisé par la Région Nouvelle-Aquitaine, la Maison de la Nouvelle-Aquitaine à Paris, AcclimaTerra et l'ENSEGID. Cette table ronde a permis d'échanger sur l'évolution du climat entraînant des impacts significatifs sur notre environnement et sur nos ressources, dont l'eau fait partie intégrante.



### Horizons Hydrogène

29 novembre 2021

Dan Levy, post-doctorant au sein du laboratoire LFCR, et en collaboration avec la société 45-8 Energy, représentait l'institut Carnot ISIFoR lors de son intervention orale au congrès Horizons Hydrogène.

L'événement s'est déroulé à Paris les lundi 29 et mardi 30 novembre et lui a permis de proposer une session sur « L'hydrogène naturel : où se trouve cette nouvelle ressource ? » aux différents participants professionnels et académiques présents en salle ateliers-formation.

10h00-11h30 – Institut Carnot ISIFoR

#### Hydrogène naturel : où se trouve cette nouvelle ressource ?



- Le H<sub>2</sub>, une ressource rare ou abondante ?
- Comment se forme le H<sub>2</sub> naturel ? De façon journalière ?
- Où trouve-t-on le H<sub>2</sub> dans la nature ? Y a-t-il des proxys pour son exploration ?
- Quels sont les critères pour que le H<sub>2</sub> naturel soit une ressource viable ? Cas concret au Mali
- Quels seront les prochains pays producteurs ?

**Dan LEVY** – Chercheur post-doctoral – Université de Pau et des Pays de l'Adour en collaboration avec 45-8 Energy



### DMEX se dote d'un nouveau scanner

1<sup>er</sup> décembre 2021



Le laboratoire DMEX (l'un des 11 du Carnot ISIFoR) basé à Pau et certifié ISO 9001 est expert en imagerie non destructive à rayons X sur divers matériaux solides de types roches, polymères, bois, graines ou encore os. Afin d'agrandir sa flotte d'équipements pour mieux répondre aux attentes de ses partenaires et clients sur des domaines d'applications dans les géosciences, les matériaux ou encore l'environnement, DMEX

s'est ainsi doté en décembre 2021 d'un TESCAN UniTOM XL. Il s'agit d'un scanner permettant d'analyser des échantillons plus grands que ceux actuellement étudiés mais aussi d'analyser 30 fois plus rapidement des échantillons plus petits. Cet instrument est également l'un des premiers au monde à être équipé d'un détecteur spectral ayant la capacité de donner la composition chimique des échantillons analysés.

L'achat de ce prototype s'est réalisé en partenariat avec l'entreprise TESCAN, et ce en parallèle du recrutement en 2022 d'un ingénieur dans le cadre du plan « France Relance ».

Ce dernier, basé à la fois à DMEX et chez le fabricant mondial partenaire, sera effectivement dédié au développement et au test de cet appareil afin de développer ses différentes applications possibles et de contribuer à sa commercialisation. Fin 2022, DMEX entend également adopter un nouveau scanner s'avérant être le plus rapide au monde et capable d'analyser des échantillons liquides ou émulsionnés.



### World Impact Summit

2 et 3 décembre 2021



Alain Dupuy, chercheur au sein du Carnot ISIFoR, a participé en tant que speaker à l'événement World Impact Summit, le sommet international des solutions pour la planète, qui s'est déroulé les 2 et 3 décembre 2021 au Palais de la Bourse à Bordeaux. De par son expertise en hydrogéologie, il a ainsi

pu intervenir lors de la session « Eau & Adaptation : comment les territoires européens anticipent les effets du changement climatique ? ».

## DÉCEMBRE 2021



### Le Carnot ISIFoR a soutenu SITRAM21

8 & 9 décembre 2021

L'institut Carnot ISIFoR a sponsorisé l'événement SITRAM21 « *Advances in the Simulation of reactive flow and TRANsport in porous Media* » qui s'est déroulé à Paris, à l'INRIA, les 8 et 9 décembre 2021.

Il a réuni 80 participants et 22 exposés ont été présentés (conférences invitées et contributions). Les participants venaient de huit pays différents : Allemagne, Canada, France, Grande-Bretagne, Italie, Maroc, Norvège et Pays-Bas, et les présentations ont toutes eu lieu en anglais.

SITRAM21 faisait suite à la première édition SITRAM19 qui s'était déroulée à Pau en décembre 2019, et qui avait rassemblé plus de 40 chercheurs de huit pays également. Il est d'ailleurs tout à fait notable que ces deux journées aient réuni un nombre significatif de participants, comprenant les meilleurs experts du domaine.

Le but de l'atelier était de faire le point sur les progrès récents dans la modélisation et la simulation des phénomènes couplant le transport et la géochimie dans les écoulements souterrains. Les présentations ont porté sur les questions de la prise en compte simultanée des différentes échelles (du pore au bassin géologique) dans les simulations, sur l'importance des hétérogénéités ainsi que sur les méthodes de simulation permettant d'obtenir le plus rapidement des résultats précis.

La validation des résultats a plusieurs fois été évoquée, et plusieurs présentations sont revenues sur l'extension des modèles et des méthodes aux écoulements multiphasiques (mélange d'eau, de gaz et d'huile par exemple). Une session spéciale de l'atelier a été consacrée à la présentation des résultats préliminaires d'un nouveau benchmark sur les écoulements diphasiques avec transport réactif en milieu poreux : application au stockage du CO<sub>2</sub> dans le sous-sol.

L'atelier a été organisé par un comité scientifique composé de Etienne Ahusborde, Brahim Amaziane (E2S UPPA & CNRS, IPRA-LMAP, Institut Carnot ISIFoR), Michel Kern (INRIA, Centre de Paris), Stefan de Hoop et Denis Voskov (TU Delft). Il a eu lieu dans le cadre des activités du GdR CNRS Manu (GDR 2439, Mathématiques pour le Nucléaire) et du « *French Interpore Chapter* » et les deux jours de conférence ont été une réussite tant au niveau de l'organisation que du contenu scientifique.





## La Rencontre Ecotech Énergie 2021

14 décembre 2021

C'est au nom de l'institut Carnot ISIFoR et des partenaires de son consortium que le dispositif Extra&Co a organisé la 4<sup>e</sup> Rencontre Ecotech Énergie, aux côtés du PEXE et de la filière EnergiCs ayant pour coordinateur le Carnot Energies du futur. Cette édition 2021 s'est également tenue avec le soutien du Comité Stratégique de Filière des Nouveaux Systèmes Énergétiques (CSF NSE). L'événement s'est déroulé entièrement en distanciel le 14 décembre et a été l'occasion de faire l'état des lieux sur les nouvelles énergies dans la ville et les territoires. La journée s'est ainsi matérialisée sous forme de rendez-vous B2B et de pitches sur des solutions innovantes retenues dans le cadre de l'Appel à Manifestation d'Intérêt lancé au printemps.

Pierre Cézac, directeur du Carnot ISIFoR, est intervenu afin de présenter le Carnot et introduire l'Alliance Carnot « Énergies à faible impact carbone » aux côtés de Christian Schaeffer, directeur du Carnot Energies du Futur. Gilles Pijaudier-Cabot, précédent directeur d'ISIFoR et directeur exécutif d'E2S UPPA, participait également lors de la keynote de clôture afin de partager sa vision globale et les perspectives des thématiques abordées tout au long de la journée.

Cette journée thématique à distance a rassemblé plus de 200 participants et permis plus de 300 rendez-vous B2B, et doit donner lieu à l'édition 2022 qui est espérée en fin d'année en présentiel à Paris.



## Anna Harrison est lauréate d'une bourse ERC « Starting »

20 décembre 2021



Anna Harrison, chercheuse CNRS au sein du laboratoire GET du Carnot ISIFoR, est médaillée depuis janvier 2021 de la Mineralogical Association of Canada et est lauréate depuis décembre 2021 d'une bourse ERC « *Starting* ».

Le Conseil Européen de la Recherche (ERC) la récompense ainsi d'un financement d'une durée de 5 ans dans le cadre de son projet « *DryCO2: Mechanisms of gas-driven mineral weathering in a changing climate* » dont l'objectif est d'élucider les mécanismes physiques et chimiques de l'altération des minéraux induite par la phase gazeuse dans la zone non saturée afin d'évaluer l'évolution du climat au cours de l'histoire de la Terre, d'optimiser l'élimination artificielle du CO<sub>2</sub> pour atténuer le changement climatique et de prévoir l'impact du futur changement climatique anthropique sur les réactions d'altération des minéraux qui stockent le CO<sub>2</sub> et libèrent des nutriments.

MERCI À EUX

51





PARTIE 5

# MERCI À EUX





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





# ISIFoR

2020-2021



**INSTITUT  
CARNOT ISIFoR**

[www.carnot-isifor.eu](http://www.carnot-isifor.eu)

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