



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



PROGRAMME
DE RECHERCHE

DÉCARBONATION
DE L'INDUSTRIE

RAPPORT D'ACTIVITÉ

2025



SOMMAIRE

- 3** ÉDITO
- 4** QUI SOMMES-NOUS ?
- 6** RAPPORT D'ÉTAPE DU PEPR SPLEEN
- 7** SIX PROJETS LAURÉATS DE L'AAP 2024
- 8** CINQ PROJETS LAURÉATS DE L'AMI 2024
- 9** MOBILISER LA COMMUNAUTÉ SPLEEN
- 10** RENFORCER LE DIALOGUE AVEC LES INDUSTRIELS
- 12** CONSOLIDER LE RAYONNEMENT EUROPÉEN ET INTERNATIONAL
- 14** FORMER LES TALENTS DE DEMAIN
- 15** ACCOMPAGNER LE LANCEMENT ET L'AVANCEMENT DES PROJETS
- 16** FAITS MARQUANTS DES PROJETS





ANTONIO PIRES DA CRUZ

Co-directeur du PEPR SPLEEN
IFP Energies nouvelles



FABRICE LEMOINE

Co-directeur du PEPR SPLEEN
CNRS - Université de Lorraine



CONSTRUIRE AUJOURD'HUI L'INDUSTRIE DÉCARBONÉE DE DEMAIN



En 2025, le PEPR SPLEEN a confirmé son rôle de catalyseur scientifique et technologique au service de la décarbonation de l'industrie.

Dans un contexte où l'industrie représente près de 18 % des émissions de gaz à effet de serre en France, le programme poursuit son ambition : développer des solutions innovantes, renforcer les collaborations entre recherche et industrie, et structurer une communauté nationale engagée dans la transition industrielle.

La dynamique d'innovation est restée soutenue cette année, avec l'intégration de 11 nouveaux projets venus enrichir les travaux du programme et consolider l'écosystème SPLEEN.

2025 marque également une étape importante dans la consolidation du PEPR SPLEEN comme acteur de référence. Les projets de recherche ont contribué à une production scientifique significative, avec plus de 65 publications déposées dans la collection HAL du programme, renforçant ainsi la visibilité et l'impact des travaux menés.

Les collaborations avec les acteurs industriels ont poursuivi leur structuration. En complément du comité industriel mis en place en 2024, un "Think Tank" a été lancé afin de développer une vision prospective de la décarbonation industrielle, de renforcer l'impact international du programme et de favoriser une approche systémique et pluridisciplinaire des enjeux de recherche.

Par ailleurs, le PEPR SPLEEN a poursuivi l'adaptation de son offre de formation aux enjeux de la décarbonation, contribuant à la montée en compétences des futurs chercheurs et ingénieurs du secteur.

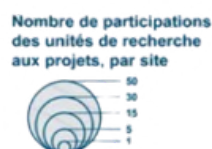
Ce rapport annuel illustre la diversité de nos actions et la dynamique engagée depuis le lancement du PEPR en juin 2023. Nous vous invitons à découvrir les avancées de 2025 et la manière dont le PEPR SPLEEN contribue activement à relever les défis de la décarbonation de l'industrie.

Bonne lecture.

QUI SOMMES-NOUS ?

UN PROGRAMME DE RECHERCHE POUR LA DÉCARBONATION DE L'INDUSTRIE

Le PEPR SPLEEN s'inscrit dans la stratégie nationale d'accélération France 2030 « Décarbonation de l'industrie » et vise à préparer une offre technologique et des solutions en rupture qui contribueront à la tenue des engagements climatiques de la France à l'horizon 2050 et à renforcer la souveraineté nationale sur les technologies dédiées à la décarbonation. Son pilotage est assuré par le CNRS et par IFP Energies nouvelles.



Le programme vise à mobiliser et à fédérer la communauté scientifique française sur un programme de recherche visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre des systèmes industriels autour de quatre axes complémentaires :



**Axe 1 - Systèmes industriels:
de la conception à la transformation**



**Axe 2 - Intégration d'énergies bas-carbone
et efficacité énergétique**



**Axe 3 - Décarbonation et
intensification des procédés**



**Axe 4 - Stockage et valorisation
du CO₂**

LE PEPR SPLEEN EN CHIFFRES

Indicateurs au 1er juillet 2026

29



PROJETS DE RECHERCHE

40



PARTENAIRES
INSTITUTIONNELS

+400

CHERCHEURS,
ENSEIGNANTS-CHERCHEURS
ET INGÉNIEURS MOBILISÉS

93

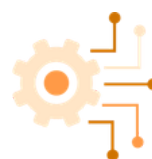


DOCTORANTS ET
POST-DOCTORANTS

66



PUBLICATIONS PUBLIÉES
DANS DES REVUES INTERNATIONALES



22

TECHNOLOGIES CLÉS

CCUS, procédés chimiques,
matériaux avancés,
économie circulaire et
valorisation des ressources.



1

START-UP CRÉÉE

dédiée à la magnéto-catalyse



ATMAG
Magnetic Induction Catalytic Process

1,5



MILLIONS D'EUROS
DE COFINANCEMENT
(PUBLIC ET PRIVÉ)

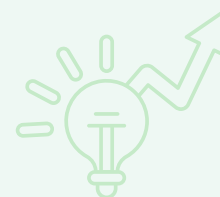
49



MILLIONS D'EUROS
DÉJÀ ENGAGÉS

5

BREVETS DÉPOSÉS



et 5

DEMANDES DE BREVET
EN COURS D'EXAMINATION

1 PROJET DE PRÉ-MATURATION
ET 2 PROJETS DE MATURATION



PROJETS EUROPÉENS

COORDINATION

1 ERC

1 ERC POC

1 Erasmus Mundus
Joint Master

1 Horizon Europe
en coordination

PARTENARIAT

2 Horizon Europe

1 EIC pathfinder

1 Doctoral network

ACTIVITÉS INTERNATIONALES

14

MOBILITÉS INTERNATIONALES
ENTRANTES ET SORTANTES

2

PRINCIPAUX PARTENAIRES
INTERNATIONAUX DU PEPR
(TAÏWAN ET SUÈDE)



RAPPORT D'ÉTAPE DU PEPR SPLEEN

L'année a été marquée par l'évaluation intermédiaire du PEPR SPLEEN par le Comité Scientifique et Technique de Programmes (CSTP), présidé par François Maréchal (EPFL).

Cette étape importante a permis de dresser un état des lieux approfondi de l'avancement du programme, de la qualité des travaux engagés et de leur impact scientifique et technologique.

UNE ÉVALUATION RÉVÉLATRICE DE LA RICHESSE DU PROGRAMME

Le processus d'évaluation s'est appuyé sur plusieurs éléments transmis à l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) puis au CSTP : les rapports consolidés des différents projets, les indicateurs de suivi issus des reportings, ainsi que l'ensemble des publications recensées dans la collection HAL du PEPR SPLEEN.

Au-delà des résultats scientifiques, l'évaluation a permis de mettre en lumière la richesse de l'écosystème SPLEEN : la dynamique collaborative entre partenaires, la visibilité internationale, la participation à des projets européens, les actions de valorisation technologique et non technologique, et les premiers résultats en matière de propriété intellectuelle, notamment à travers les dépôts de brevets.



Les directeurs du programme, Fabrice Lemoine et Antonio Pires da Cruz, ainsi que plusieurs membres du comité opérationnel, ont été auditionnés par le CSTP le 17 octobre 2025. Cette audition a permis de présenter les avancées structurantes du programme, de préciser certaines orientations scientifiques et de souligner la cohérence globale des actions menées depuis le lancement du PEPR.

Cette évaluation intermédiaire a représenté une opportunité importante pour démontrer la pertinence des travaux engagés, leur qualité scientifique ainsi que leur potentiel d'impact à moyen et long terme.

Les retours formulés par le CSTP contribuent à accompagner la poursuite du programme et à renforcer encore la visibilité et la structuration des actions menées dans le cadre du PEPR SPLEEN.

SIX PROJETS LAURÉATS ISSUS DE L'APPEL À PROJETS 2024

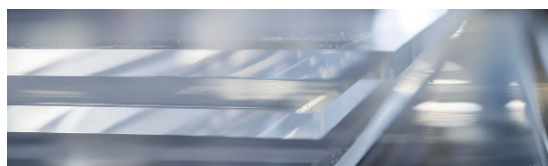
Six projets de recherche ont été sélectionnés dans le cadre de l'appel à manifestation d'intérêt 2024 (AMI). Le 18 mars 2025 marque le démarrage officiel de ces nouveaux projets.

PROJET PLASMA-N-ACT



Le projet explore une alternative prometteuse utilisant la catalyse non thermique assistée par plasma pour synthétiser l'ammoniac à partir d'azote.

PROJET CARBONARA



Le projet vise à développer des polycarbonates (PC) biosourcés, sans BPA ni phosgène, avec une recyclabilité améliorée grâce à la valorisation du CO₂.

PROJET FROZEN



Le projet vise à développer un brûleur polyvalent avec des mélanges de syngaz, d'hydrogène ou d'ammoniac pour les fours industriels, en s'inspirant des récents progrès réalisés dans la décarbonation des turbines à gaz.

PROJET CARBIOCEM



Le projet vise à convertir le CO₂ capté en matériaux à faible empreinte carbone, combinant carbonatation minérale et biominéralisation.

PROJET AMHYABLE



Le projet explore les mécanismes de combustion de combustibles décarbonés tels que l'hydrogène et l'ammoniac.

PROJET COCCINELLE



Le projet explore le potentiel des coccolithophores et des cyanobactéries calcifiantes pour le stockage à long terme du carbone et étudie les opportunités de valorisation des produits formés.

CINQ PROJETS LAURÉATS DE L'APPEL À MANIFESTATION D'INTÉRÊT 2024

Cinq projets de recherche ont été sélectionnés dans le cadre de l'appel à manifestation d'intérêt 2024 (AMI). Le 22 octobre 2025 marque le démarrage officiel de ces nouveaux projets.

PROJET SPECULAR



Le projet vise à faire une évaluation multi-échelle de la faisabilité et des impacts de stratégies de décarbonation de l'industrie basées sur la suffisance.

PROJET ATHENA



Le projet développe un système de production de froid à partir d'énergie thermique de récupération intégrant un éjecteur dans le cycle à absorption ammoniac-eau.

PROJET REVCO₂



Le projet se concentre sur le développement et l'optimisation d'un cycle de Brayton au CO₂ supercritique réversible pour la récupération de chaleur fatale.

PROJET NEWIRON



Le projet explore des procédés pour la production d'acier durable, en intégrant des technologies de réduction des émissions, notamment la réduction du minerai de fer par plasma d'hydrogène, et des solutions de circularité dans la filière métallurgique.

PROJET REHEAT



Le projet propose une conversion efficace de la chaleur résiduelle industrielle en chaleur à moyenne température avec des pompes à chaleur à fluide de travail réactif.

MOBILISER LA COMMUNAUTÉ SPLEEN

Le PEPR SPLEEN a réuni les membres de sa communauté le 11 juin 2025 à l'Université de Lorraine, à Nancy, à l'occasion de son séminaire annuel, qui a rassemblé près de soixante participants.



MOT D'INTRODUCTION SUR LA STRATÉGIE NATIONALE D'ACCÉLÉRATION



Cette journée a notamment débuté par le mot d'introduction de Hoang Bui, coordonnateur de la stratégie nationale d'accélération «Décarbonation de l'industrie», qui a rappelé les enjeux structurants de la transition industrielle et l'importance des programmes de recherche comme le PEPR SPLEEN dans l'atteinte des objectifs nationaux.

Cette rencontre a été l'occasion de présenter les actualités du programme, les projets lauréats de l'Appel à Projets 2024, ainsi que les actions engagées en matière de formation et de valorisation des résultats scientifiques à l'échelle du PEPR.

Les quatre axes stratégiques ont également partagé leurs avancées et leurs perspectives de recherche, mettant en évidence la diversité des approches mobilisées pour répondre aux enjeux de décarbonation industrielle.

Ce séminaire constitue un temps fort dans la vie du programme. En 2025, le PEPR SPLEEN fédère 21 projets de recherche et poursuit sa structuration et son animation à l'échelle nationale.

RENFORCER LE DIALOGUE AVEC LES INDUSTRIELS

Le rapprochement entre recherche et industrie constitue l'un des piliers stratégiques du PEPR SPLEEN. En 2025, plusieurs actions ont permis d'intensifier les échanges avec les acteurs industriels afin d'orienter les travaux scientifiques vers des applications concrètes et opérationnelles.

WORKSHOP INDUSTRIEL AU SEIN DE L'ENTREPRISE SYENSQO

Le 25 mars 2025, l'entreprise belge Syensqo, spécialisée dans la chimie et les matériaux avancés, a accueilli à Saint-Fons une journée de travail consacrée à l'analyse de cycle de vie appliquée à la décarbonation des activités industrielles.

Cette rencontre a réuni la direction du PEPR SPLEEN, des chercheurs du projet LCA-SPLEEN, des industriels ainsi que des représentants académiques et institutionnels.

L'organisation de ce workshop s'inscrit dans la volonté du PEPR SPLEEN d'être au plus près des réalités industrielles vécues par les entreprises du territoire impliquées dans des démarches pour décarboner leurs activités et pour proposer des solutions de décarbonation à leurs clients. L'objectif est simple: confronter les travaux menés au sein des projets aux problématiques concrètes des industriels pour préparer des solutions de décarbonation susceptibles d'être implémentées dans l'industrie dans les prochaines années.

Le développement d'un outil en analyse de cycle de vie (ACV) automatisée, au sein du projet LCA-SPLEEN, doit permettre de réaliser des évaluations environnementales des technologies innovantes afin de soutenir les perspectives de décarbonation en proposant un état des lieux de solutions adaptées, et en comparant et positionnant différentes solutions techniques.

Interagir avec les industriels est essentiel pour mieux comprendre leurs besoins en ACV et recueillir leurs avis pour optimiser et améliorer les outils en cours de développement.



RENCONTRE ENTRE DOCTORANTS ET ACTEURS INDUSTRIELS



Le 12 juin 2025, le PEPR SPLEEN a organisé à Nancy une rencontre inédite entre une quinzaine de doctorants du programme et plusieurs industriels partenaires afin de renforcer les liens entre les mondes académique et économique.



Cette journée a permis d'aborder les perspectives de carrière et les passerelles entre recherche et industrie, tout en donnant aux industriels l'occasion de présenter leurs engagements en matière de décarbonation ainsi que leurs attentes vis-à-vis de la recherche scientifique. Les doctorants ont également participé à une séquence de type « Ma thèse en 180 secondes ».

LANCEMENT DU THINK TANK SPLEEN



« Élaborer une vision systémique et multi-échelle qui permette au cadre SPLEEN de s'étendre au-delà de la France et d'aborder la décarbonation de l'industrie à l'échelle mondiale »

Le Think Tank SPLEEN a été officiellement lancé le 5 septembre 2025 afin de compléter les travaux de recherche du PEPR par une réflexion stratégique de long terme sur les trajectoires de décarbonation de l'industrie.

Réunissant des experts et décideurs issus du monde académique, d'organismes publics, d'institutions européennes et internationales, ainsi que d'acteurs de l'énergie et du développement durable, il constitue un lieu d'échange privilégié entre recherche, industrie et politiques publiques.

Sa mission est d'identifier les enjeux émergents et les leviers susceptibles d'accélérer la transition vers une industrie bas carbone. Au-delà de l'évaluation des technologies, le Think Tank adopte une approche systémique intégrant les dimensions économiques, géographiques, environnementales, géopolitiques et sociétales de la transition. Les travaux du Think Tank visent à produire des analyses prospectives et des recommandations stratégiques à destination des décideurs publics. Le premier sujet abordé sera l'électrification de l'industrie comme levier de décarbonation.

CONSOLIDER LE RAYONNEMENT EUROPÉEN ET INTERNATIONAL

En 2025, le PEPR SPLEEN a poursuivi son ouverture à l'international en renforçant ses collaborations européennes et ses échanges avec de grands acteurs scientifiques et institutionnels engagés dans la transition énergétique.

JOURNÉES FRANCO-SUÉDOISES DE LA RECHERCHE SUR LE CCUS



Les 30 septembre et 1er octobre 2025, les Journées franco-suédoises de la recherche sur le captage, le stockage et l'utilisation du carbone se sont tenues à Stockholm.

Cet événement a réuni chercheurs, industriels et décideurs publics autour des enjeux de décarbonation industrielle et des technologies CCUS. Une visite du site de Stockholm Exergi AB a notamment permis de découvrir le projet BECCS Stockholm, initiative majeure visant à capter et stocker du CO₂ biogénique à grande échelle.

Les échanges ont porté sur la conversion chimique du CO₂ en molécules d'intérêt, la carbonatation minérale, le stockage géologique, les enjeux de perception sociale ainsi que les perspectives économiques et sociétales du CCUS.

Les discussions ont également souligné l'importance de la formation et du développement des compétences nécessaires à l'essor de ces technologies en Europe.

Ces journées ont confirmé la volonté commune de la France et de la Suède de renforcer leurs coopérations scientifiques autour des enjeux de décarbonation industrielle.



RÉUNION AU SIÈGE D'UNIDO

Le 21 octobre 2025, la direction du PEPR SPLEEN a participé à une réunion organisée par l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (UNIDO) à Vienne en Autriche autour des enjeux de décarbonation industrielle.



Cette rencontre a permis de présenter les activités du programme et d'échanger avec des experts internationaux sur des thématiques telles que l'hydrogène vert, l'efficacité énergétique, l'économie circulaire, les symbiose industrielles ou encore l'utilisation des données dans un contexte de recherche et de politique industrielle.

Les discussions ont également ouvert de nouvelles perspectives de coopération entre le PEPR SPLEEN, UNIDO et les initiatives soutenues par France 2030.

DEUXIÈME SYMPOSIUM FRANCE - TAÏWAN POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE



Du 24 au 26 novembre 2025, le PEPR SPLEEN a co-organisé à Nancy la deuxième édition du Symposium France-Taiwan consacré à la transition énergétique et à la décarbonation de l'industrie.

Les échanges scientifiques ont porté sur la valorisation de la biomasse, les chaînes de valeur du CO₂, les technologies Power-to-X, l'hydrogène vert ainsi que les usages du sous-sol dans la transition énergétique.



Au-delà des présentations scientifiques, cet événement a permis de renforcer les coopérations internationales, de préparer de futures collaborations de recherche et de valoriser les infrastructures scientifiques de l'Université de Lorraine et du CNRS Centre-Est.



FORMER LES TALENTS DE DEMAIN

En 2025, plusieurs initiatives ont été mises en œuvre afin d'accompagner les doctorants et post-doctorants dans le développement de leurs compétences scientifiques et dans leur compréhension des enjeux industriels de la transition bas-carbone.

FORMATION SUR « LE RÔLE DU CAPTAGE ET STOCKAGE DU CO₂ DANS LA DÉCARBONATION DE L'INDUSTRIE »



Du 31 mars au 2 avril 2025, seize doctorants issus des projets du PEPR SPLEEN se sont réunis à l'INSA Lyon pour une formation consacrée au rôle du captage et du stockage du CO₂ dans la décarbonation de l'industrie.

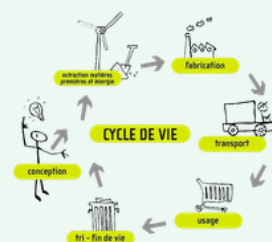
Animées par Denis Bossanne, Jean-Pierre Deflandre et Egor Glushkov Boukerou d'IFP School, ces trois journées ont permis d'aborder les enjeux de décarbonation de la sidérurgie, les technologies de captage du CO₂ ainsi que les solutions de stockage géologique.

ÉCOLE D'ÉTÉ DE L'AXE 1 DÉDIÉE À L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE ET À L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE

Afin de sensibiliser les chercheurs aux approches systémiques de la transition industrielle, l'Axe 1 du PEPR SPLEEN a organisé une école d'été dédiée à l'écologie industrielle et à l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) à l'ENSIACET de Toulouse.

Piloté par Marianne Boix, du Laboratoire de Génie Chimique du CNRS, et Sibylle Duval-Dachary, d'IFP Energies nouvelles, cet axe vise à développer de nouveaux outils de prédiction et de pilotage des procédés industriels intégrant les indicateurs d'Analyse de Cycle de Vie.

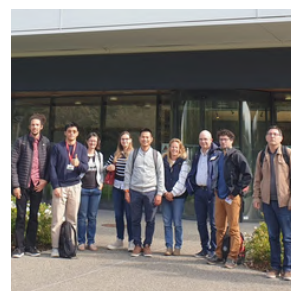
Durant une semaine, chercheurs, doctorants et experts ont partagé méthodes, retours d'expérience et perspectives autour des approches d'écologie industrielle et territoriale. Les interventions ont permis d'explorer les méthodologies d'ACV, les outils d'évaluation environnementale ainsi que les approches systémiques nécessaires à la transformation durable des procédés industriels.



ACCOMPAGNER LE LANCEMENT ET L'AVANCEMENT DES PROJETS

Tout au long de l'année 2025, de nombreuses réunions d'avancement ont été organisées afin de suivre la progression des travaux menés dans le cadre des différents projets. Ces échanges ont permis aux équipes de présenter les avancées de leurs travaux de recherche.

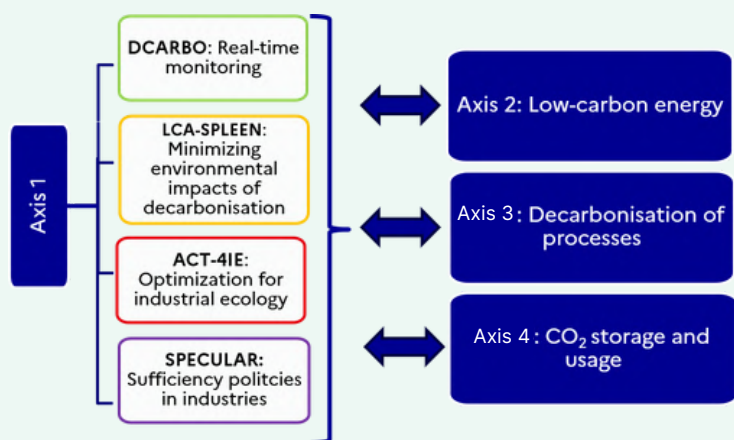
L'année a également été marquée par le lancement des projets sélectionnés dans le cadre de l'Appel à projets (AAP) et de l'Appel à manifestation d'intérêt (AMI) 2024. Plusieurs réunions de démarrage ont ainsi été organisées pour présenter les objectifs scientifiques, préciser les modalités de pilotage et favoriser l'intégration de ces nouveaux projets au sein de l'écosystème SPLEEN.



FAITS MARQUANTS DES PROJETS TOUT AU LONG DE L'IMPLÉMENTATION

AXE 1 DU PEPR SPLEEN

DES OUTILS MÉTHODOLOGIQUES AU SERVICE DE LA DÉCARBONATION DE L'INDUSTRIE



COORDINATION TRANSVERSALE

Les méthodologies transversales, mobilisables dans de nombreux projets technologiques de SPLEEN, jouent un rôle essentiel pour accompagner la décarbonation des procédés industriels jusqu'aux territoires.

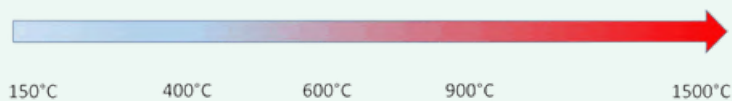
Le suivi en temps réel, les indicateurs basés sur l'ACV, l'écologie industrielle et territoriale ainsi que les politiques de sobriété constituent des leviers complémentaires pour évaluer, piloter et accélérer cette transition.

En tant qu'axe transversal, l'Axe 1 favorise la mutualisation des données, des méthodes, des outils et des retours d'expérience afin de renforcer les synergies entre les différents projets du programme SPLEEN.



PROJET SHIP4D

INTÉGRATION DE LA CHALEUR SOLAIRE DANS LES PROCÉDÉS INDUSTRIELS : RECYCLAGE DE DÉCHETS MÉTALLIQUES



Intégration/optimisation

Nouveaux composants

Nouveaux procédés



PROCÉDÉ THERMOSOLAIRE HYBRIDE (SOLAIRE + ÉLECTRIQUE)

Le premier procédé thermosolaire hybride (solaire + électrique) pour le recyclage des métaux à une température comprise entre 950 et 1 500 °C.

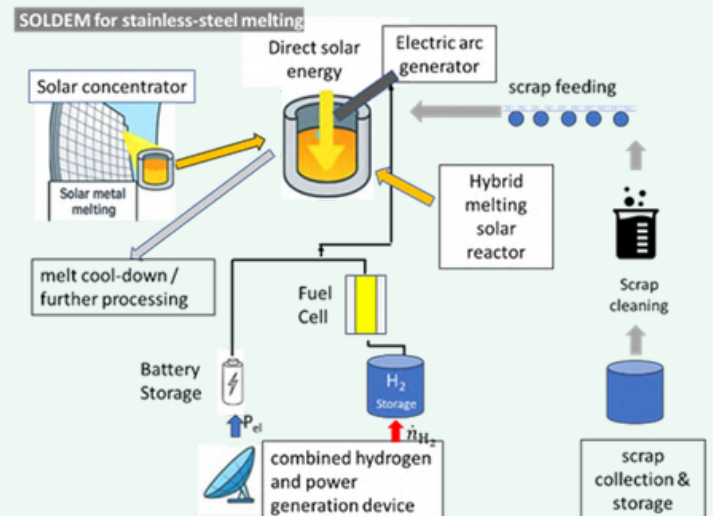
Performances : 300 kW, 1 000 à 3 000 t/an, 0,041 kg CO₂eq/kg d'acier (0,63 pour le four électrique à arc*).

*EAF: Electric Arc Furnace

NOUVEAU PROJET EUROPÉEN

Le projet européen SOLDEM (Solar Decarbonisation of Metal Melting) a été accepté début 2026 et lancé mi-2026.

Il vise à démontrer le tout premier procédé mondial de fusion solaire-hybride pour des rebuts de laiton et d'acier inoxydable, en remplaçant les fours à combustibles fossiles par une solution renouvelable intégrée.



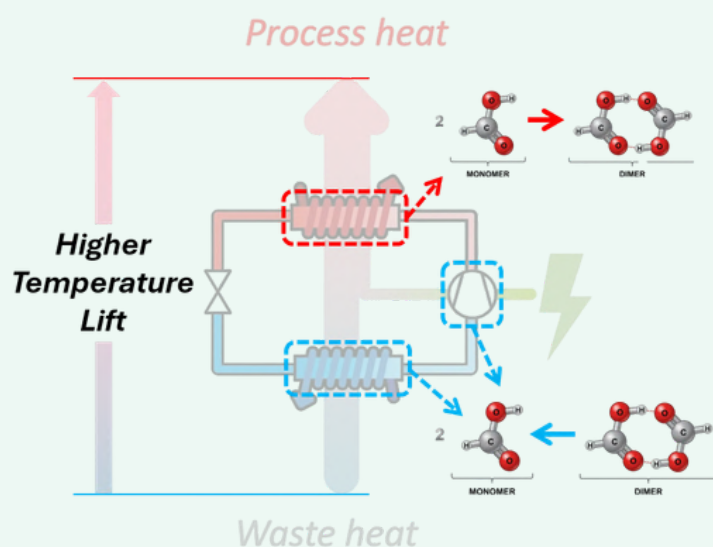
DÉCARBONATION DE L'INDUSTRIE SIDÉRURGIQUE

En combinant la chaleur solaire concentrée, l'électricité renouvelable et l'hydrogène solaire, SOLDEM fournira un apport énergétique constant, robuste et bas carbone à une métallurgie énergivore.



PROJET REHEAT

AMÉLIORER L'EFFICACITÉ DES POMPES À CHALEUR INDUSTRIELLES



NOUVEAU PROJET LANCÉ EN 2025

Le projet REHEAT ouvre la voie au développement de solutions innovantes pour l'électrification de la chaleur à moyenne température.

L'électrification de la production de chaleur pose des défis : les pompes à chaleur industrielles actuelles présentent un rendement et un écart de température limités.

CHALEUR INDUSTRIELLE DÉCARBONÉE

La chaleur à température moyenne (200 °C) représente environ 50 % de la demande industrielle en chaleur et est encore largement fournie par les combustibles fossiles. L'objectif est de développer une pompe à chaleur industrielle à haute efficacité fonctionnant avec de nouveaux réfrigérants réactifs.

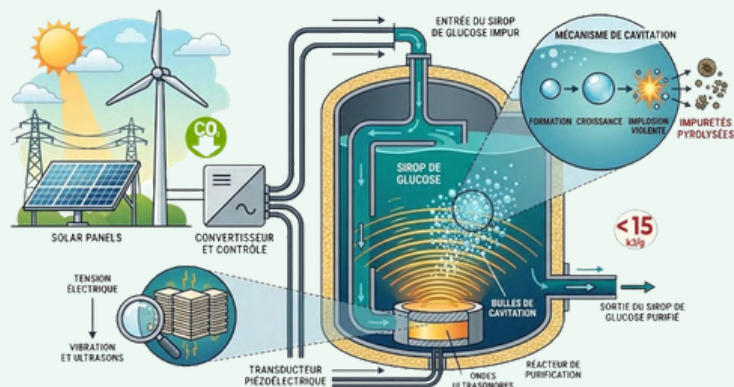


RÉSULTATS ATTENDUS

Amélioration réalisable de 40 % du rendement des pompes à chaleur par rapport aux technologies existantes, permettant de fournir de la chaleur industrielle jusqu'à 150 °C.

PROJET ECOCHEM

RÉDUIRE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DES PROCÉDÉS DE PURIFICATION



DÉVELOPPEMENT D'UNE CATALYSE ASSISTÉE PAR ULTRASON

Les sucres sont des éléments fondamentaux de la chimie biosourcée, mais les procédés actuels de purification restent très gourmands en énergie.

La catalyse assistée par ultrasons ouvre la voie à une purification sélective des sucres issus de la biomasse.

PURIFICATION HAUTEMENT SÉLECTIVE

Cette approche permet une purification hautement sélective tout en réduisant considérablement la consommation d'énergie.

La chimie catalytique « électrifiée » constitue une voie prometteuse pour diminuer la consommation d'énergie et réduire les émissions de CO₂.



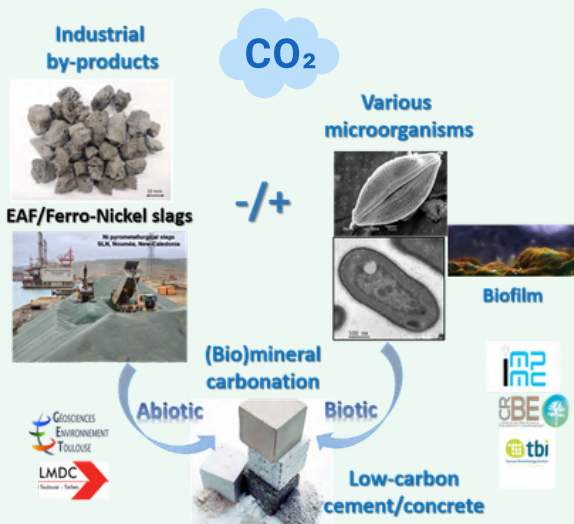
FAITS MARQUANTS DU PROJET

Le projet de prématuration sur la magnétocatalyse est passé au stade de maturation, en collaboration avec la société Altens et en lien avec le projet ciblé POWERCO₂.

Le projet de maturation BUBBLE a été accepté et concerne la purification de jus sucrés par ultrason à haute fréquence, en lien avec le PEPR B-BEST.

PROJET CARBIOCEM

FORMULATION DE CEMENTS BAS-CARBONE INTÉGRANT DES CONSTITUANTS OBTENUS PAR (BIO)MINÉRALISATION OU (BIO)CARBONATATION DU CO₂



ENJEUX ET CONTEXTE

La production de ciment, indispensable à la fabrication du béton, représente environ 7 % des émissions mondiales de CO₂, soulignant la nécessité de solutions de décarbonation déployables à grande échelle.

L'objectif est donc de transformer le CO₂ et les déchets industriels en matériaux de ciment réactifs à faible empreinte cimentaire.

CARBONATATION AVANCÉE

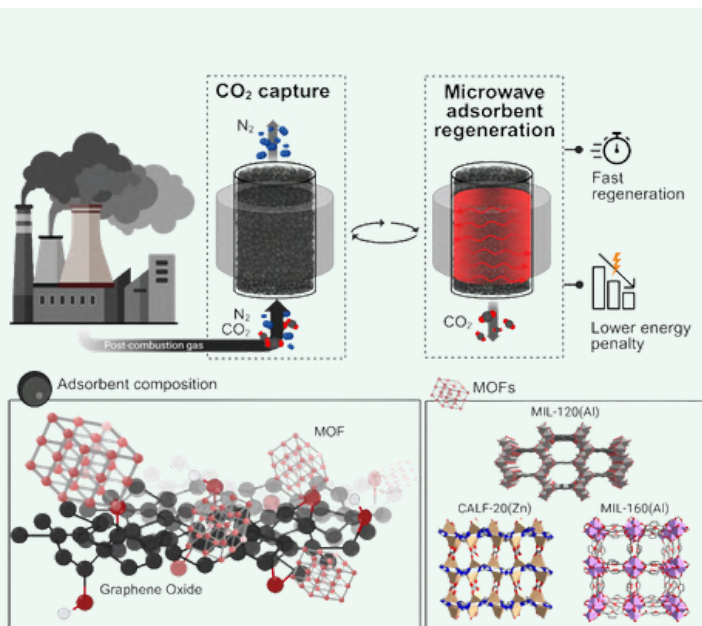
Cette technologie est la première à combiner la carbonatation minérale, la biominéralisation et la réactivité du ciment afin de permettre le stockage permanent du CO₂ lors de la production de béton à faible empreinte carbone.

Elle permet ainsi de réduire de 40 à 50 % l'empreinte carbone du ciment (référence : 0,8 kg CO₂/kg de ciment).



PROJET CATALPA

CAPTAGE DU CO₂ FAIBLE TEMPÉRATURE ET ÉLECTRIFIÉE

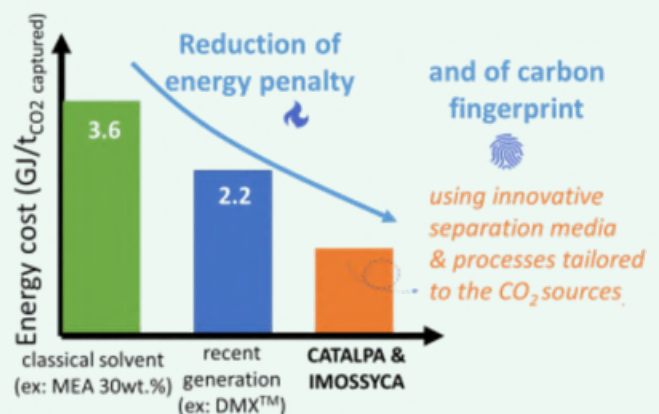


ENJEUX DU PROJET CATALPA

Jusqu'à 50 à 60 % de l'énergie utilisée dans le captage du CO₂ sert à la régénération du milieu séparatif. CATALPA vise à réduire cette énergie et/ou à utiliser de l'énergie décarbonée, en agissant à la fois sur les milieux séparatifs tels que les milieux poreux adsorbant le CO₂ tels que MOFs, silices ou charbons activés, et les solvants, eutectiques, précipitants ou formant des hydrates de gaz et sur l'énergie décarbonée utilisée: l'électricité, sous forme de micro-ondes ou utilisée en électrodialyse.

RÉGÉNÉRATION PAR MICRO-ONDES

Ainsi, la régénération par micro-ondes de composites MOF/carbone permet non seulement un captage du CO₂ plus rapide et moins énergivore, mais d'atteindre un taux de désorption du CO₂ pouvant atteindre environ 70 % (contre environ 23 à 30 % avec un chauffage conventionnel) et des cycles de régénération rapides.



RÉSULTATS ATTENDUS

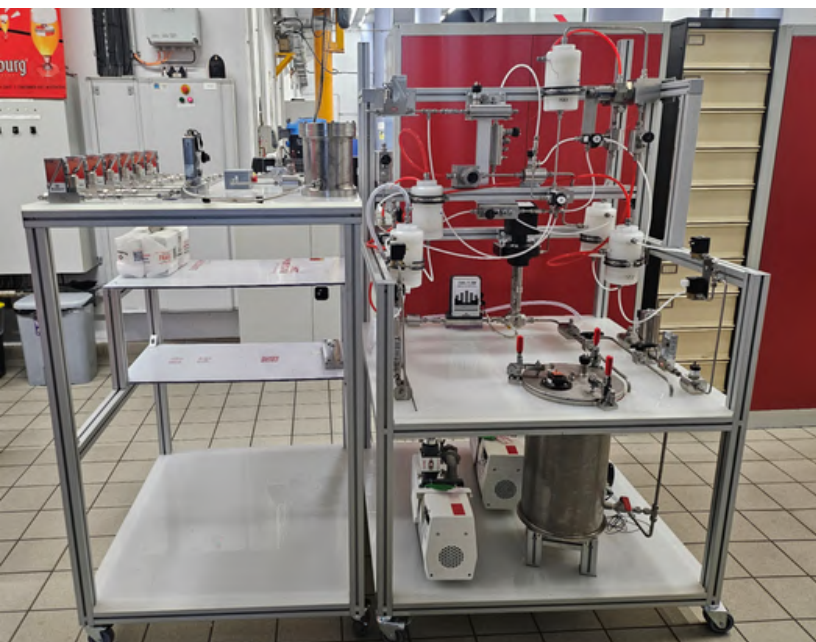
Baisse du surcoût énergétique lié au captage du CO₂ en post-combustion (environ 2,3 à 3 GJ/tCO₂)

Solutions pour la décarbonation industrielle.



PROJET IMOSYCCA

ÉQUIPEMENT EXPÉRIMENTAL POUR LE CAPTAGE MODULAIRE INTENSIFIÉ DU CO₂ À L'AIDE DE CONTACTEURS À MEMBRANES À FIBRES CREUSES (HFMC)



OBJECTIFS

Cette installation va permettre d'évaluer les performances de ces contacteurs, de valider la modélisation, puis d'estimer l'apport de nouveaux matériaux et de nouveaux solvants.

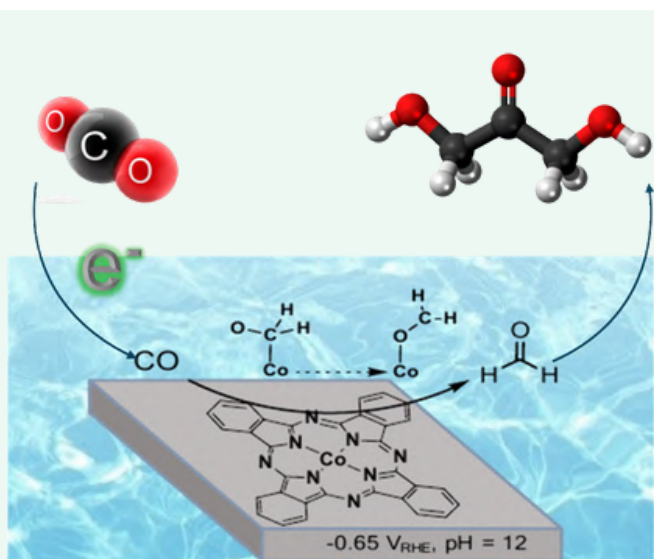
RÉSULTATS ATTENDUS

Les travaux visent la décarbonation des gaz de combustion issus de sources de petite et moyenne taille (moins de 100 kt de CO₂ par an), avec une pénalité énergétique cible de 2,6 GJ/tCO₂, contre 4 GJ/tCO₂ actuellement.



PROJET POWERCO₂

TRANSFORMATION ÉLECTROCHIMIQUE EN TROIS ÉTAPES DU CO₂ EN SUCRES



ENJEUX

Les travaux de POWERCO₂ mettent en évidence l'utilité d'une nouvelle chimie fondée sur l'économie circulaire du carbone et sur une électricité à faible empreinte carbone.

VALORISATION DU CO₂

Les travaux menés montrent également qu'il est possible de convertir le CO₂, molécule inerte, en molécules à plus longue chaîne carbonée, à l'instar de la photosynthèse, mais en utilisant une électricité à faible empreinte carbone à la place du soleil.



AVANCÉE MAJEURE

Une avancée majeure réside dans la transformation électrochimique du CO₂ en sucres, réalisée en trois étapes. Ces résultats ouvrent une nouvelle voie électrochimique pour convertir le CO₂ en produits chimiques utiles.

PROJET SESAME

PARCOURS SOCIOTECHNIQUE DU STOCKAGE GÉOLOGIQUE DU CO₂ À TERRE EN FRANCE



« Non à l'exploitation souterraine »

« T'inquiète pas, mon pote. Le projet va échouer tout seul »

SOLUTIONS DE STOCKAGE DU CO₂

L'objectif de SESAME est de proposer à l'industrie des solutions de stockage du CO₂, à proximité des sites d'émission.

De nombreux projets souterrains se sont heurtés à l'opposition des populations locales, ce qui a donné lieu à un discours selon lequel ces projets ne bénéficieraient pas d'une légitimité sociale suffisante.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Les discours autour des projets de stockage de CO₂ peuvent masquer des faiblesses structurelles. Il est donc important d'aider les acteurs industriels à promouvoir de nouvelles approches politiques (haute importance accordée à l'évaluation environnementale et à l'acceptation sociale).



RÉSULTATS ATTENDUS

SESAME propose ainsi une méthodologie reproductible pour structurer l'implication des parties prenantes dans les débats sur le stockage terrestre du CO₂ en France.



Le PEPR SPLEEN adresse ses sincères remerciements à l'Agence nationale de la recherche (ANR) pour son soutien continu, essentiel à la mise en œuvre des ambitions scientifiques du PEPR SPLEEN.

POUR SUIVRE LES AVANCÉES DU PEPR SPLEEN AU QUOTIDIEN



NEWSLETTER



PROGRAMME
DE RECHERCHE
DÉCARBONATION
DE L'INDUSTRIE