



PROGRAMME  
DE RECHERCHE

DÉCARBONATION  
DE L'INDUSTRIE

Piloté par



Financé par



Opéré par



## NEWSLETTER SPLEEN #Août 2024



### Sommaire

1. Retour sur les cinq workshops thématiques dans le cadre de l'Appel à Manifestation d'Intérêt
2. La décarbonation de la chaleur industrielle
3. Présentation du projet Projet SHIP4ID : chaleur solaire pour la décarbonation
4. FIRE, l'évènement dédié à la chaleur industrielle décarbonée
5. Participation de l'équipe projet du PEPR SPLEEN à différents évènements

## 6. Nos prochains évènements

---

### Retour sur les cinq workshops thématiques dans le cadre de l'Appel à Manifestation d'Intérêt

Du 19 juin au 26 juin dernier, cinq workshops thématiques ont été organisés dans le cadre de l'Appel à Manifestation d'Intérêt du PEPR SPLEEN.

L'occasion de réunir les acteurs qui ont déposé une lettre d'intention en réponse à cet AMI, puis ont été présélectionnés pour cette étape de l'appel, afin de présenter leurs pré-projets correspondant à l'une des cinq thématiques de recherche suivantes :

- Thématique 1 : Approche multi-échelles (locale, régionale, nationale et européenne) pour une décarbonation efficace de l'industrie dans une perspective économique et sociotechnique.
- Thématique 2 : Production de froid innovant.
- Thématique 3 : Gestion de la chaleur, récupération, valorisation de la chaleur fatale.
- Thématique 4 : Procédés pour la décarbonation de l'industrie de l'acier et du ciment.
- Thématique 5 : Monitoring long-terme et quantification pour le stockage de CO<sub>2</sub> onshore.

Un bel exercice riche de dialogue et d'intelligence collective, offrant des pistes et des contacts aux porteurs de pré-projets pour enrichir leur proposition et étoffer leur consortium.

Ils ont désormais jusqu'au 1er octobre, 11h00, pour déposer leurs projets complets auprès de l'ANR, sur le site dédié.

---

### La décarbonation de la chaleur industrielle



La décarbonation de la chaleur industrielle est un enjeu majeur pour parvenir à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de l'industrie.

La chaleur est par exemple à l'origine d'environ 60% des émissions de CO<sub>2</sub> pour les procédés industriels dans la chimie<sup>[1]</sup>, le reste étant généré par les réactions chimiques ainsi que la combustion. En 2014, l'industrie utilisait 32% de la consommation énergétique mondiale et la chaleur représentait 74% de la consommation énergétique industrielle<sup>[2]</sup>.

Réduire les émissions de CO<sub>2</sub> causées par la chaleur au sein de procédés industriels contribue donc un défi important, pour être en mesure de diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> industrielles.

Plusieurs pistes existent pour y parvenir, un certain nombre d'entre elles est fondé sur l'utilisation d'intrants bas-carbone dans les processus de production de chaleur :

- Le développement de l'énergie solaire thermique peut permettre de produire une partie de la chaleur nécessaire dans un système industriel. Le solaire à concentration, par exemple, peut permettre de chauffer à haute température un fluide caloporteur. L'intérêt de cette méthode réside dans l'obtention de chaleur, utilisée directement, ou utilisée de manière indirecte, en la convertissant en énergie électrique via un cycle thermodynamique (atteinte de températures de cycles de 550°C au lieu de 390°C pour les systèmes de concentration linéaire). Le développement de la chaleur solaire à basse température constitue un autre sentier de décarbonation d'installations industrielles : cette technologie consiste en la production de chaleur à partir des rayons du soleil, en utilisant directement la chaleur obtenue. Ces dispositifs opèrent à basse température (moins de 100°C) et sont structurés autour de capteurs thermiques, dont la vocation est d'absorber la chaleur solaire pour la restituer à un fluide caloporteur circulant vers divers lieux d'utilisation. Cette chaleur basse température peut aussi bien être ponctionnée dans la terre que dans l'air, ou même dans l'eau.

- La valorisation de certains déchets, comme la biomasse, ou leur utilisation sous la forme de combustibles solides de récupération (CSR) présente également un certain

nombre d'avantages (sources d'énergie bas-carbone, installations dédiées souvent économiques permettant de limiter les coûts, disponibilité de la matière).

- Le biogaz peut également présenter un intérêt, tout particulièrement lorsqu'il est produit et consommé directement sur le site industriel (par exemple chez des industriels ayant un accès facilité à des déchets méthanisables).

- D'autres solutions sont envisagées, à l'instar de l'hydrogène en combustion, qui peut être utile pour décarboner des procédés thermiques non électrifiables.

Selon l'ADEME, en 2022, 23% de la chaleur utilisée en France (particuliers, entreprises, collectivités) était d'origine renouvelable<sup>[1]</sup>. L'objectif du gouvernement, inscrit dans la loi de 2015 sur la transition énergétique pour la croissance verte, est de porter ce chiffre à 38% pour 2030.

---

<sup>[1]</sup> <https://infos.ademe.fr/magazine-octobre-2022/decryptage/le-potentiel-de-decarbonation-de-notre-production-de-chaleur-est-immense/>

---

<sup>[1]</sup> <https://www.francechimie.fr/positions-expertises/energie-logistique/transition-energetique/la-decarbonation-de-la-chaleur>

<sup>[2]</sup> Gilles Flamant, « L'autre technologie, le solaire à concentration », Reflets de la Physique n°77, Février 2024

<sup>[3]</sup> <https://infos.ademe.fr/magazine-octobre-2022/decryptage/le-potentiel-de-decarbonation-de-notre-production-de-chaleur-est-immense/>

---

**Projet SHIP4ID : chaleur solaire pour la  
décarbonation**



L'utilisation de procédés industriels à partir de chaleur d'une température comprise entre 50 et 1500 degrés représente approximativement 70% de la consommation d'énergie dans l'industrie.

La consommation d'énergie dans l'industrie est généralement classée en trois domaines de température, correspondant à des technologies solaires variées :

- Basse température (moins de 150°C).
- Moyenne température (150-500°C).
- Haute température (plus de 500°C).

La concentration des technologies solaires est nécessaire pour produire de la chaleur solaire à plus de 150 degrés: le solaire photovoltaïque dit « à concentration » consiste à capter le rayonnement solaire grâce à un pavage d'optiques pour le concentrer sur une surface bien plus réduite où une cellule solaire, à haute performance, de petite dimension, est positionnée.

Le projet SHIP4D (*Solar Heat for Decarbonisation of Industrial Processes*) du PEPR SPLEEN appréhende la problématique centrale d'intégration de la chaleur solaire dans les procédés industriels. Cette question scientifique est étudiée dans le cadre de ce projet ciblé, à partir de trois hypothèses différentes :

- 1) la chaleur solaire peut être injectée dans les procédés industriels avec un changement limité du procédé
- 2) l'intégration de la chaleur solaire requiert des changements significatifs du process

3) de nouveaux procédés et réacteurs doivent être développés pour substituer l'énergie solaire aux énergies fossiles.

Les réponses à ces questions scientifiques seront données selon des applications de températures variées (jusqu'à 1500 degrés).

Les questions scientifiques précitées sont liées au 1) contrôle dynamique des process industriels en incluant une source de chaleur solaire, 2) l'efficacité du transfert de chaleur dans les procédés et l'usage optimal d'énergie à l'intérieur du process, 3) le développement de solutions innovantes pour produire, transporter et stocker de hautes températures solaires, et une preuve de concept pour les récepteurs/réacteurs solaires pour des procédés à plus de 1000 degrés. La nature transitoire et cyclique de la ressource, l'interface solaire pour le traitement de l'interface et le changement d'échelle sont les principales barrières technologiques ayant été pré-identifiées.

## FIRE, l'évènement dédié à la chaleur industrielle décarbonée



The banner features the FIRE 2024 logo on the left, with the text 'L'Embarcadère à Lyon' and '10<sup>e</sup> édition' below it. To the right, the date '19 SEPTEMBRE 2024' is prominently displayed in red. The central theme is 'Parcours de la chaleur industrielle : les enjeux, de sa production à sa récupération'. At the bottom, a row of logos lists the co-organizers (ALLICE, CETIAT), supporters (Région Auvergne-Rhône-Alpes, Grand Lyon), and partners (CORETEC, DAMETIS, ENGIE Solutions, GR2goz, hellio, HEVATECH, KYOTHERM, newheat, Barriquand). A photograph of an industrial facility with tall chimneys is visible on the far right.

FIRE, revient pour sa dixième édition le 19 septembre prochain à Lyon.

Cette journée technique conjointement organisée par l'Alliance ALLICE et le CETIAT aura pour thématique "Parcours de la chaleur industrielle : les enjeux, de sa production à sa récupération".

Pour cette dixième édition, FIRE s'ouvre à l'ensemble des enjeux de la chaleur décarbonée. Les interventions s'articuleront autour de trois axes majeurs :

- Production de chaleur renouvelable et décarbonée : quels moyens de production pour quels niveaux de température et procédés ?
- Utilisation optimisée de la chaleur : retour d'expérience et méthode Pinch

- Des projets de récupération de chaleur de toutes les tailles : de quelques centaines de tonnes de CO<sub>2</sub> économisées à plusieurs dizaines de milliers.

Le programme s'articule autour de 5 thématiques, avec une vingtaine d'intervenants, dont une dizaine d'industriels qui viendront partager leurs retours d'expérience. Des temps d'échanges entre les participants sont également prévus.

[Informations supplémentaires et inscriptions](#)

## Participation de l'équipe projet du PEPR SPLEEN à différents évènements

### Des avancées innovantes en oxycombustion : Retour sur la réunion annuelle du projet OXY3C

Le mardi 2 juillet 2024 s'est tenue la réunion annuelle d'avancement du projet OXY3C (Carbon Capture by eco-efficient OXYCombustion processes) à Rouen, au CORIA.

Ce projet ciblé du PEPR SPLEEN ambitionne d'améliorer la connaissance et les compétences en oxycombustion, considéré comme un process majeur pour décarboner la production de chaleur dans l'industrie. Deux approches sont particulièrement étudiées dans le cadre de ce projet, pour parvenir à optimiser les procédés d'oxycombustion pour la captation de carbone :

- La caractérisation des flammes oxycombustibles pour le biogaz.
- La connaissance des mécanismes réactionnels de la combustion en boucle chimique pour la biomasse (CLC, Chemical Looping Combustion), et la modélisation multi-échelle associée.

Ces objectifs scientifiques structurent le projet puisqu'ils représentent les deux work packages dans lesquels différentes recherches scientifiques sont menées, dans le cadre de thèses ou de post-doctorats. Cette réunion a permis de présenter les avancées scientifiques dans les différents champs thématiques des WP1 et WP2 et de réunir les nouveaux thésards et post-doctorants du projet.

Partenaires impliqués : CORIA, IFP Energies nouvelles, LGRE, PC2A, EM2C, LRGP, IMFT, MSME



## L'écologie industrielle et territoriale au cœur des actions du projet ACT-4-IE

Le projet ciblé ACT-4-IE (Approche systémique et territoriale pour la décarbonation des zones d'activité par l'écologie industrielle et territoriale) a organisé son séminaire annuel à Lyon, le 12 juillet dernier.

L'occasion de réunir les partenaires du projet, composés d'acteurs de Toulouse, Grenoble, Nancy, Nantes et Reuil-Malmaison, et de passer en revue les avancées d'un projet structuré autour du concept d'écologie industrielle et territoriale. Cette notion induit des enjeux de symbiose industrielle (partage et mutualisation des flux et équipements au sein d'une zone industrielle, réduction des consommations et des rejets), de circularité dans la gestion des flux, des ressources (eau, bioressources, matières) et besoins énergétiques pour limiter les émissions de CO<sub>2</sub> et favoriser une gestion optimale des ressources à l'échelle d'un territoire industrielle.

Dans le cadre d'ACT-4-IE, différents outils de conception et de pilotage pourront contribuer à ces objectifs : la mise en place d'un cadre de diagnostic et d'évaluation (WP1), la modélisation des systèmes énergétiques et l'optimisation (WP2), les analyses de performance et de sensibilité (WP3) ainsi que l'intégration de la méthodologie pour l'écologie industrielle (WP4).

Les avancements des travaux dans ces différents workpackages (thèses, stages, revue de littérature, échanges avec des territoires industriels) ont été exposés et laissent augurer de prometteuses perspectives pour favoriser le développement de territoires industriels davantage décarbonés. t-doctorats. Cette réunion a permis de présenter les avancées scientifiques dans les différents champs thématiques des WP1 et WP2 et de réunir les nouveaux thésards et post-doctorants du projet.

Partenaires impliqués : Toulouse INP, CNRS, Université Paul Sabatier Toulouse III, IMT Atlantique, Oniris Nantes, Nantes Université, Grenoble INP - UGA, Université



Grenoble Alpes, Université de Lorraine, Inria, Centrale Supélec, IFP Energies  
Nouvelles



## Nos prochains évènements

# Première réunion du comité des parties prenantes du projet SESAME

Jeudi 12 septembre

Journée dédiée aux parties prenantes du projet SESAME

"Enhancing research in Europe to  
build a low-carbon industry"

Mercredi 18 septembre à Bruxelles

Journée ouverte aux décideurs, industriels, acteurs de la recherche et parties prenantes de la décarbonation de l'industrie présents à Bruxelles

## Journées du PEPR SPLEEN

Mercredi 6 et jeudi 7 novembre à Paris

Journées ouvertes aux décideurs, industriels, acteurs de la recherche et parties prenantes de la décarbonation de l'industrie

Vous souhaitez proposer un sujet pour la prochaine Newsletter ? [Contactez-nous](#).

Pour vous désabonner, envoyez un mail à [contact@pepr-spleen.fr](mailto:contact@pepr-spleen.fr).