



LES FILIÈRES ET LE CNRS

FILIÈRE HYDROGÈNE DÉCARBONÉ

*La recherche scientifique au service du déploiement
d'une nouvelle industrie*

LA RECHERCHE ET L'INNOVATION... ...SUR TOUTE LA CHAÎNE DE VALEUR

Dans le cadre de la stratégie nationale sur l'hydrogène décarboné, le CNRS mobilise son excellence scientifique aux côtés des industriels de la filière afin d'augmenter la durée de vie des cellules et stack, accroître l'efficacité énergétique des électrolyseurs, des piles à combustible et des systèmes, intégrer les notions de recyclabilité, réduire les coûts sur toutes les étapes de fabrication et accompagner la transition socio-technique.

Le double objectif de la recherche menée au service de la filière

Améliorer l'existant : diminuer la teneur en métaux précieux (platine, iridium), optimiser les procédés de mise en forme et l'hybridation pile à combustible/batteries, développer de nouveaux outils de diagnostic et améliorer l'intégration des systèmes.

Préparer le futur : nouveaux matériaux, nouvelles architectures, nouvelles technologies, pilotage système par intelligence artificielle.



DIFFÉRENTES VOIES DE STOCKAGE DE L'HYDROGÈNE

Enjeux des recherches scientifiques

- Augmenter l'efficacité des réservoirs hyperbares
- Améliorer les conditions de stockage (remplissage, vidage, détection) et sa réversibilité
- Développer les moyens de stockage solide à forte capacité massique et à prix compétitif
- Faire émerger le stockage en milieu liquide et sous forme d'ammoniac
- Caractériser l'impact de l'hydrogène sur les matériaux
- Explorer les sous-sols à fort potentiel de stockage

**Réservoir-liner composite ou métallique (test, modélisation) – Hydrure métallique
Cryogénie – LOHC
Fragilisation / Corrosion des aciers
Cavité aquifère**

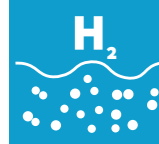


CONVERSION / USAGES

Enjeux des recherches scientifiques

- Augmenter le rendement de conversion des piles à combustible (PAC)
- Densifier le stack et augmenter la durabilité du système
- Développer les systèmes hybrides PAC-Batteries ou supercondensateurs
- Exploiter l'hydrogène naturel
- Étudier les procédés de la combustion hydrogène

**Membrane composite – Polymère
Céramique Protonique – Modélisation
Caractérisation – Instrumentation
Architecture contrôlée – Valorisation
des flux énergétiques**



PROCÉDÉS DE PRODUCTION

Enjeux des recherches scientifiques

- Augmenter l'efficacité des électrolyseurs (rendement, durabilité)
- Diminuer les coûts de fabrication des composants (catalyseur modulaire, électrode 3D, composite)
- Réduire l'utilisation des matériaux nobles et rares
- Développer des alternatives à la production d'hydrogène

**Électrolyse basse / haute température (alcaline, oxyde solide, protonique)
Photo-(électro-)catalyse**



ASPECTS SOCIO-ÉCONOMIQUES, ÉCOLOGIQUES ET URBANISTIQUES

Enjeux des recherches scientifiques

- Analyser l'impact de la technologie (fabrication, installation, exploitation et démantèlement)
- Développer des scénarios de déploiement sur un territoire

**Analyse de cycle de vie – Recyclage
Outils juridiques et réglementaires
Risques et normes
Appropriation sociétale**



ARCHITECTURES ÉLECTRIQUES DES SYSTÈMES À HYDROGÈNE

Enjeux des recherches scientifiques

- Optimiser les architectures électriques et topologiques
- Améliorer la détection de l'hydrogène (fuites)
- Considérer le couplage/convergence avec la source d'énergie

**Architectures de commande
Électronique de puissance – Prévention sécurité
Inflammabilité – Capteurs – Balance Of Plant
Convergence des systèmes énergétiques / hydrogène (IA)**

LE CNRS PARTENAIRE SCIENTIFIQUE... ...DES ENTREPRISES DE LA FILIÈRE

Fort d'une expertise transdisciplinaire en France et à l'international, le CNRS s'investit pour répondre aux défis industriels : de la synthèse des matériaux au test de systèmes en passant par l'électrochimie, la catalyse et la modélisation multi-échelle.

LA FILIÈRE HYDROGÈNE EN CHIFFRES

+ de
125
laboratoires

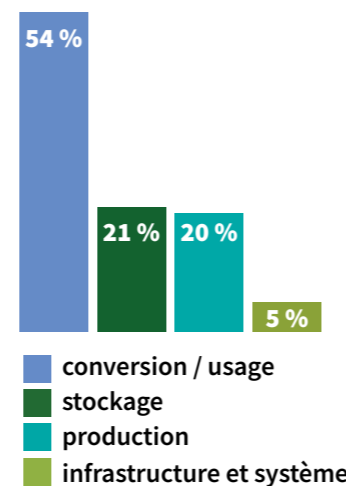
+ de
540
scientifiques

+ de
90 %
des publications sur l'H2 et les PAC proviennent des laboratoires sous tutelle CNRS

9
Start-up issues des laboratoires sous tutelle CNRS

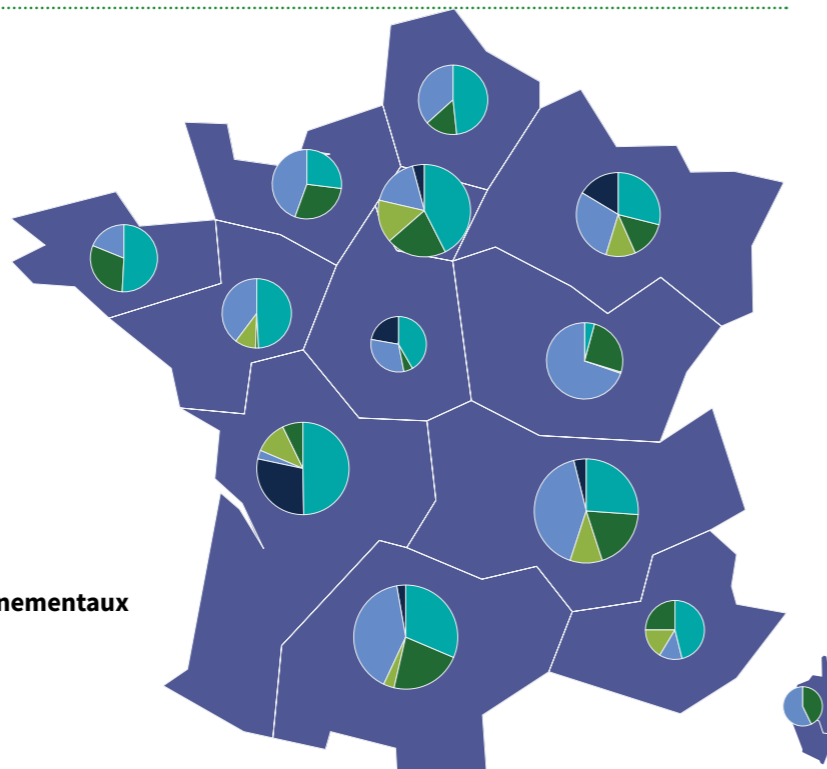
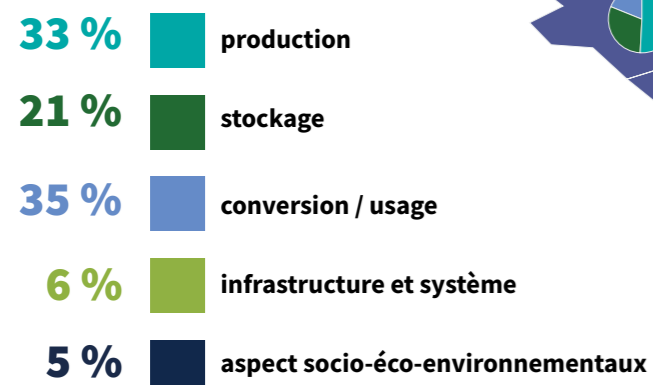
161
familles de brevets déposées sur la période 2002-2020
dont **50 %**
dans le domaine des PAC

Répartition thématique des familles de brevets



DES COMPÉTENCES RÉPARTIES SUR TOUT LE TERRITOIRE

Répartition nationale des effectifs par thématique



Le développement massif de la filière hydrogène repose sur les compétences des chercheurs et ingénieurs, mais aussi sur la disponibilité d'équipements de pointe pour les analyses des composants et des systèmes.

UNE EXPERTISE STRUCTURÉE ET ACCESSIBLE AUX ENTREPRISES

+ de **70** contrats signés par an avec des partenaires industriels sur la thématique de l'hydrogène

dont **60 %** Grands groupes

et **40 %** PME + TPE

Exemples

Le Laboratoire commun MATELHO
avec l'Institut Charles Gerhardt Montpellier et la société Bulane (PME) que le CNRS accompagne depuis une dizaine d'années, place l'hydrogène décarboné au cœur de ses travaux de recherche.

L'Equipex+ DurabilitHy
regroupe des moyens d'essais pour l'étude de la durabilité des technologies hydrogène-énergie, avec un focus sur les PAC et les électrolyseurs de forte puissance de type PEM (Proton Exchange Membrane).

La fédération H2
lancée en 2021, anime des recherches interdisciplinaires en s'appuyant sur un réseau de 30 laboratoires sous tutelle CNRS. Elle favorise l'accès des entreprises à ce réseau, notamment via des journées de rencontres annuelles ou des formations dédiées.

DES DISPOSITIFS POUR DÉVELOPPER LES COLLABORATIONS AVEC LES ENTREPRISES



De la recherche fondamentale à la démonstration de faisabilité, le CNRS travaille avec tous les partenaires, établissements d'enseignement supérieur, organismes de recherche et entreprises : cette proximité favorise l'émergence de programmes collectifs structurants nationaux, européens, voire internationaux.

LES ACTIONS DU CNRS

TRAVAILLER DE CONCERT AVEC LES INDUSTRIELS

• Relever les défis industriels avec les entreprises

“ L'hydrogène a un rôle majeur dans la transition énergétique. Au-delà du déploiement des technologies aujourd'hui disponibles, il nous faut inventer les technologies de demain permettant de valoriser pleinement le potentiel de cette petite molécule. Ces innovations exigent une collaboration de tous les acteurs ayant des compétences scientifiques et techniques de haut niveau. Le CNRS de par la grande qualité de ses chercheurs et techniciens dans des domaines aussi variés que la chimie, la physique, les sciences biologiques, les sciences de l'ingénierie et des systèmes, les sciences humaines et sociales est le partenaire clef de l'industrie afin de relever ces défis. ”

Régis Réau
R&D Scientific Director, Senior Fellow, Air Liquide

• Renforcer la compétitivité de la filière avec des technologies innovantes

“ La filière hydrogène française restera compétitive grâce à l'innovation et pour Genvia, c'est une philosophie d'entreprise. Une connexion continue avec les équipes de recherche du CNRS qui excellent sur ce sujet de l'hydrogène, permettra de garder sur le long terme les différenciateurs technologiques sur le design ou les procédés de fabrication des électrolyseurs face à la concurrence mondiale. C'est notamment ce que nous faisons dans le cadre du PEPR hydrogène décarboné. ”

Florence Lambert
CEO, Genvia

• Soutenir le transfert de technologie sur le marché

“ Pour la société H2SYS basée à Belfort, les travaux menés depuis de nombreuses années au sein d'unités de recherche mixtes du CNRS ont permis d'aller vers l'industrialisation d'un concept innovant de groupes électrogènes à hydrogène. Un bel exemple de création de valeur, à la fois d'ordre économique et industriel, mais aussi environnemental et sociétal, avec de nombreux emplois aujourd'hui créés sur nos territoires. ”

Daniel Hissel
Associé fondateur, H2SYS

TRAVAILLER AVEC TOUS LES ACTEURS NATIONAUX ET EUROPÉENS DE LA RECHERCHE POUR STRUCTURER UNE FILIÈRE PERFORMANTE, COMPÉTITIVE ET INNOVANTE

• Agir au sein de France Hydrogène pour développer tous les usages de l'hydrogène

“ France Hydrogène est heureuse de compter, parmi ses membres, les laboratoires de recherche fortement engagés sur l'hydrogène. En se rapprochant des entreprises – PME et grands groupes réunis au sein de l'association – les laboratoires du CNRS, de par leur qualité, peuvent donner un avantage compétitif au tissu industriel français. ”

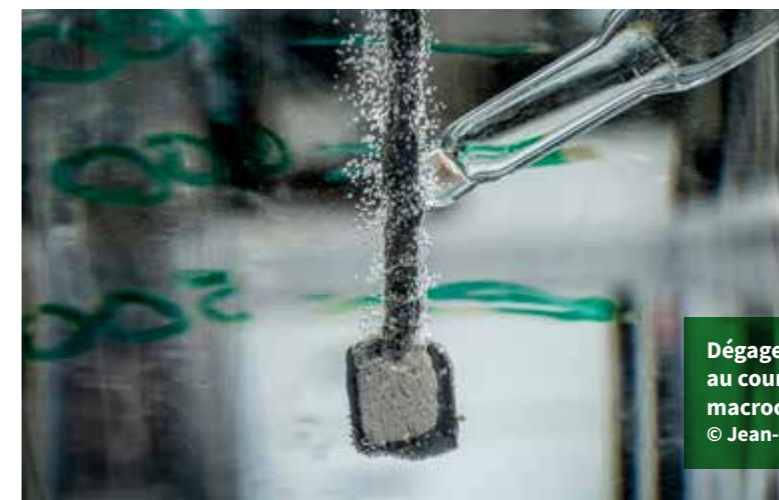
Philippe Boucly
Président, France Hydrogène

• Copiloter les programmes et équipements prioritaires pour la recherche qui s'inscrivent dans la stratégie nationale bas carbone

“ Le CNRS joue un rôle majeur dans France 2030, notamment pour les stratégies d'accélération « hydrogène décarboné » et « décarbonation de l'industrie ». Il met au point les innovations de rupture de demain, mais aussi les innovations incrémentales, qui intéressent les entreprises et qui permettent de rendre soutenable la décarbonation de l'industrie et des mobilités, tout en préservant la souveraineté française. Au-delà des projets, le CNRS contribue à la structuration de l'écosystème de la recherche amont, au service de la réussite de France 2030. ”

Hoang BUI
Secrétaire du Conseil national de l'hydrogène et coordonnateur des stratégies nationales d'accélération hydrogène décarboné et décarbonation de l'industrie, Secrétariat général pour l'investissement

• Participer au réseau Hydrogen Europe Research, membre du Clean Hydrogen Joint Undertaking aux côtés des entreprises et de la Commission européenne, pour construire la feuille de route du déploiement de l'hydrogène à l'échelle européenne (Horizon Europe).



Dégagement d'hydrogène sur une électrode métallique au cours d'une électrolyse alcaline, dans une macrocellule électrochimique.
© Jean-Claude MOSCHETTI / ISCR / CNRS Photothèque

CONTACTS :

Direction des relations avec les entreprises (DRE) : dre.secretariat@cnrs.fr

Département des filières stratégiques DRE : contact-filieres@cnrs.fr

CNRS formation entreprises : cfe.contact@cnrs.fr



© AA+W d'Adobe stock



Directeur de la publication : Antoine Petit, président-directeur général du CNRS
Janvier 2023

CNRS

3, rue Michel-Ange
75794 Paris Cedex 16

01 44 96 40 00

www.cnrs.fr

