



L'expertise du Carnot M.I.N.E.S pour la filière hydrogène

 R&D

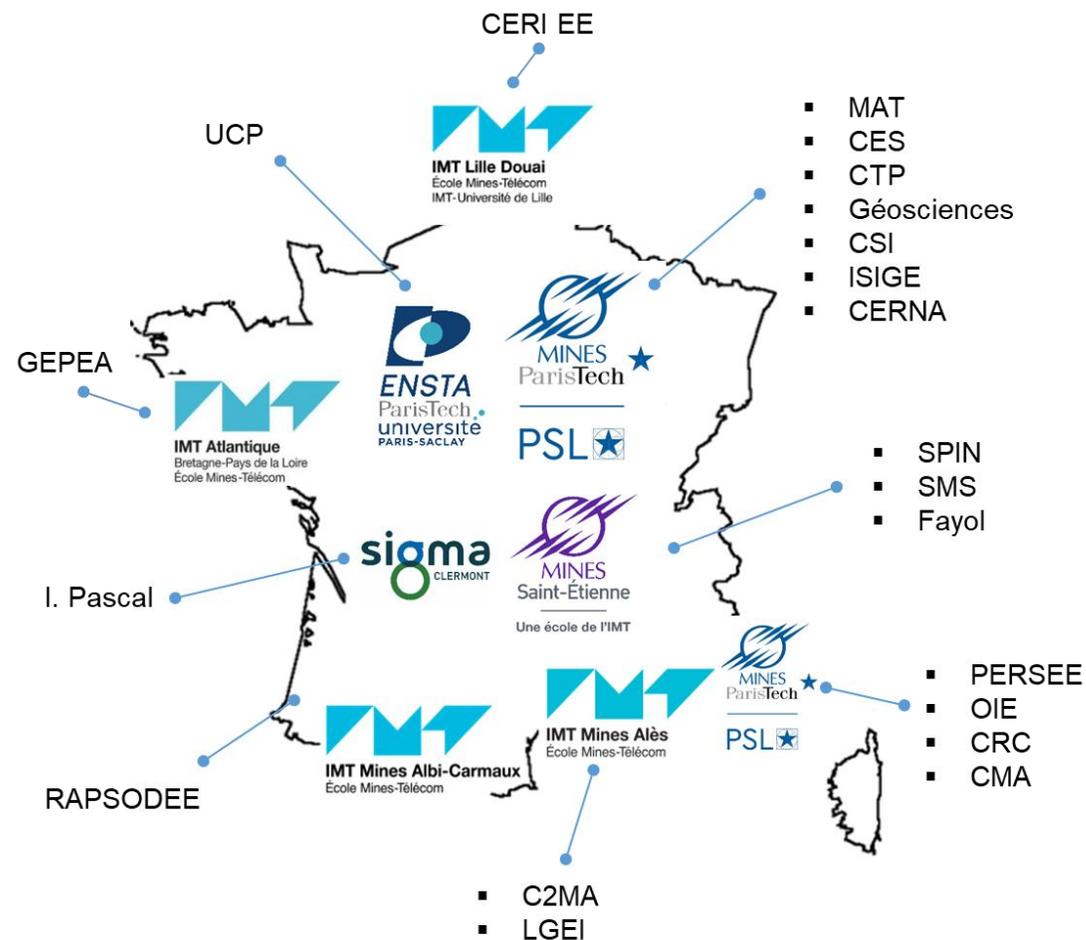
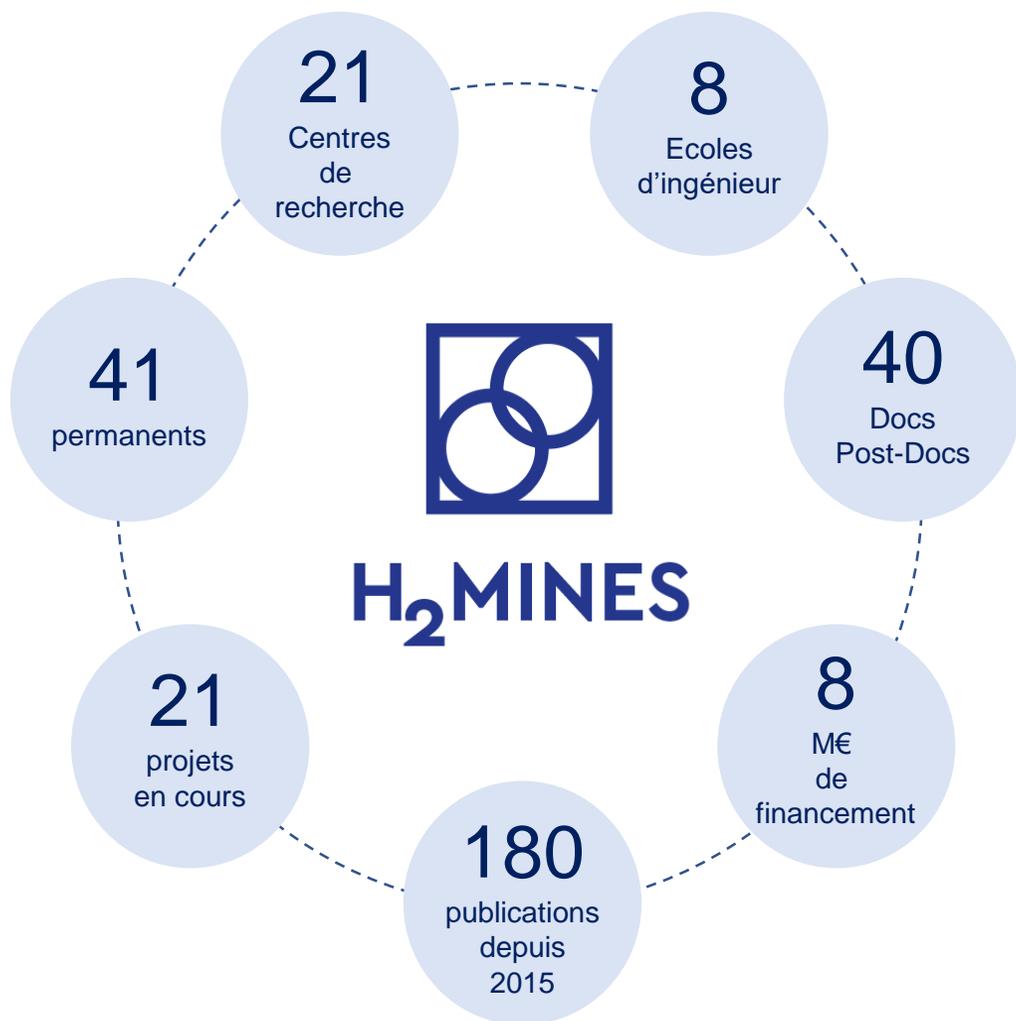
 Innovation

 Formation



Créé en 2016, H₂MINES fédère

les **enseignants-chercheurs** du **Carnot M.I.N.E.S.** actifs sur la **filère hydrogène**



H₂MINES – Complémentarité sur toute la chaîne de valeur de la filière H₂-Energie

MATERIAUX

MODELISATION-SIMULATION

PROCEDES-SYSTEMES

PRODUCTION

- **Electrolyse de l'EAU** - BT, HT, PEC
- **Gazéification/Pyrolyse de BIOMASSE**
- **Craquage plasma du METHANE...**
- ...
- **Purification** - PSA, membrane, électrochimique

STOCKAGE-DISTRIBUTION

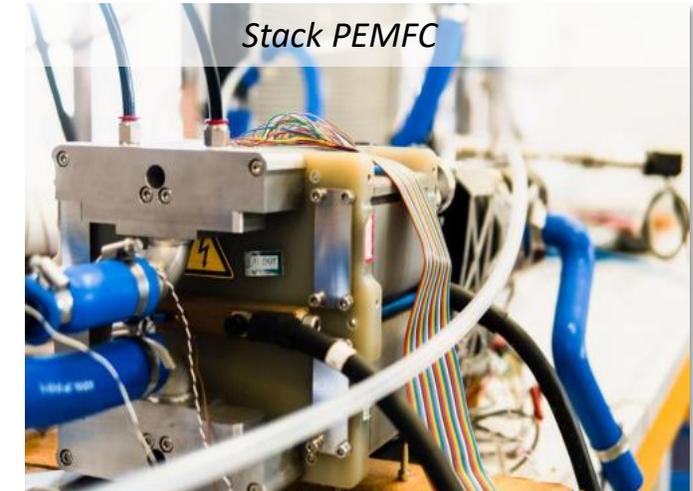
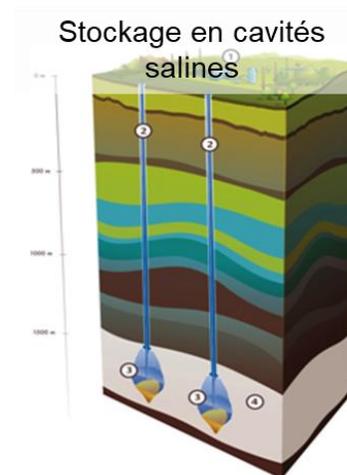
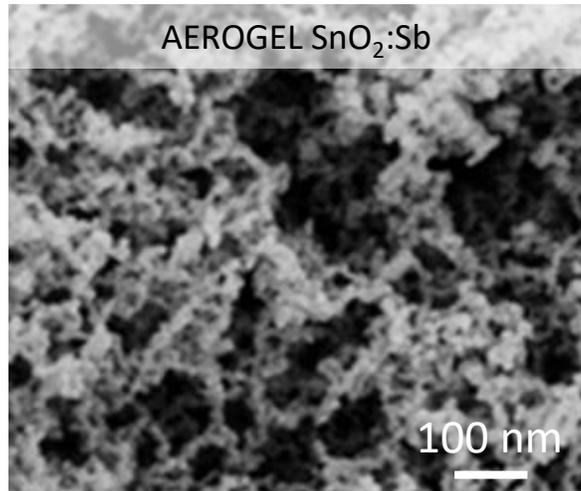
- **RESERVOIRS** sous pression
- **MATERIAUX poreux, vecteurs** – C, MOF, LOHC, Hydrures
- **CAVITES** salines
- ...
- **Pipelines** – Fragilisation, protection

USAGE

- **PILES à Combustible** - BT, HT
- **Synthèse de COMBUSTIBLES**
FT, capt/rétroconv. CO₂, méthanation biologique
- **COMBUSTION**
- **Power to Gas ...**

DIAGRAMMES de phases, PROPRIETES thermochimiques

CAPTEURS gaz – Plateforme multicapteurs



- Evaluation environnementale par ACV
- Etude et caractérisation des RISQUES
- Cartographie des ENJEUX / DEBATS sociétaux

DEVELOPEMENT DURABLE

- SYNERGIES Eco-industrielles
- Aménagement du TERRITOIRE
- PROSPECTIVES

H₂MINES – Des plateformes expérimentales originales (sélection)

PRODUCTION

Biomasse



Unité pilote VALTHERA



Torche PLASMA

STOCKAGE-DISTRIBUTION

Cavités



Pilote Stockage

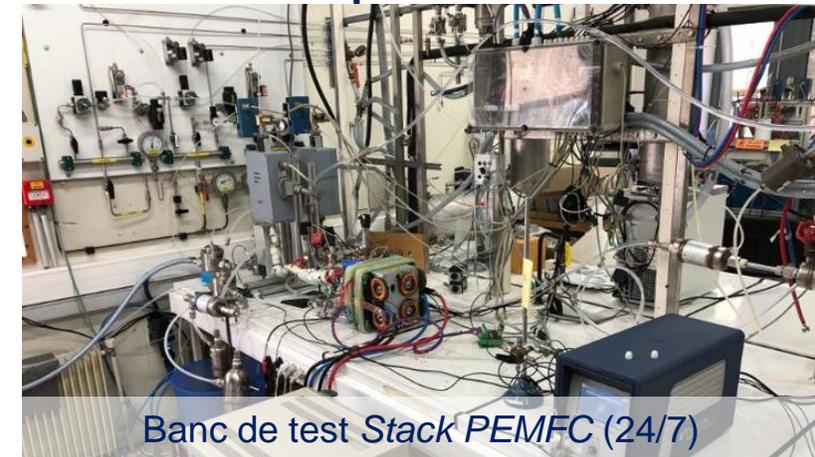
USAGE

SOFC



Banc de test pile monochambre

PEMFC (AME → Stack 10 kW)



Banc de test Stack PEMFC (24/7)

- Etroite collaboration avec le monde industriel
- Recherche par projets
- Contrats directs (Accords cadre, Cifre, CIR)
- Mode collaboratif (ANR, FUI, Ademe, Eu)
- Création de start-ups (Plenesys)



- Etroite collaboration avec le monde industriel
- Recherche par projets
- Contrats directs (Accords cadre, Cifre, CIR)
- Mode collaboratif (ANR, FUI, Ademe, Eu)
- Création de start-ups (Plenesys)



Partenariat Mobilité H2



La recirculation passive :
une idée innovante,
du labo à son intégration.



Pôles de compétitivité

Associations

Sociétés

GDR

...

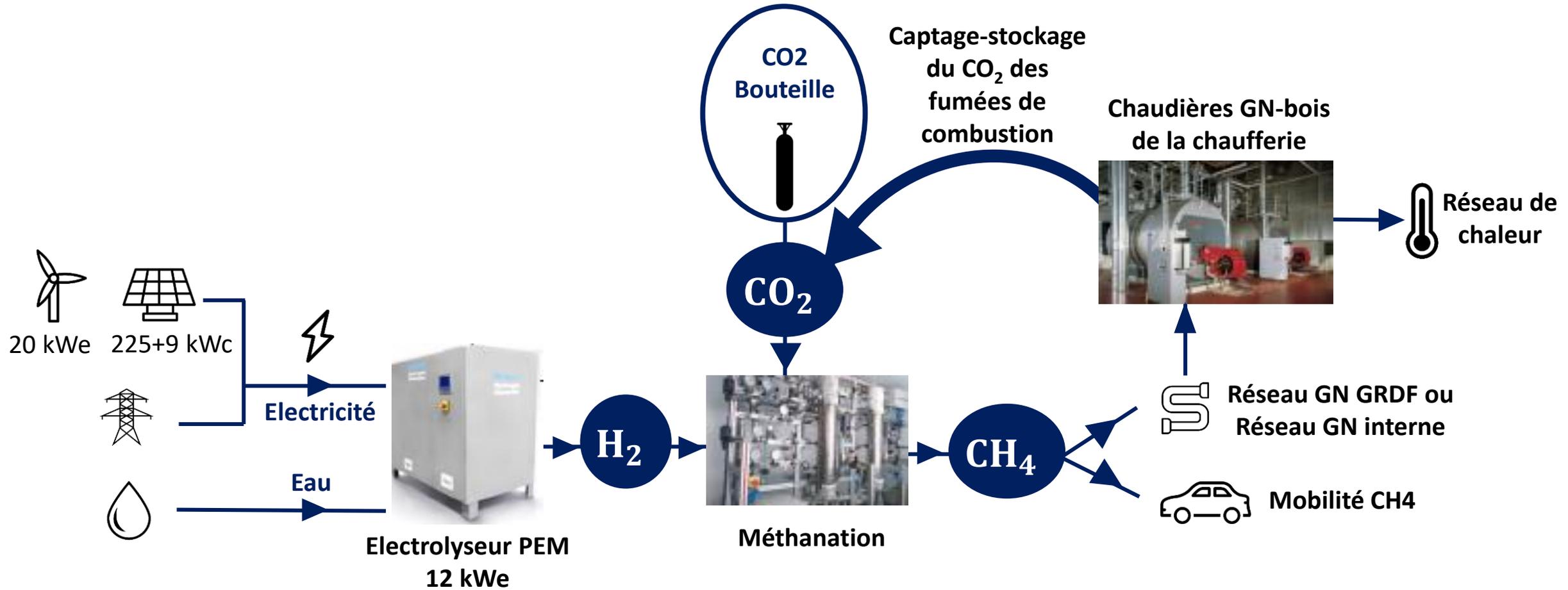


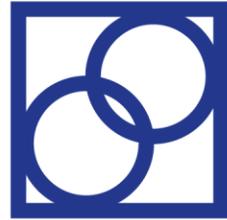
Une grande variété de formats – Une voie de recrutement privilégiée

- Formation par la recherche (thèse de doctorat)
- Cycles ingénieurs
 - Stages, projet de fin d'étude
 - Métier de l'Ingénieur Généraliste (MIG)
 - Trimestres recherche et ingénierie
 - Enseignements spécialisés
- Master Recherche
- Mastères spécialisés (*Post master*)
- *Executive Education*



Projet 2019-2022 qui mobilise les expertises transdisciplinaires de H2MINES autour de la plateforme MINERVE de Power to gaz (Nantes)





H₂MINES



Christian Beauger

Coordinateur de H₂MINES

MINES ParisTech/PERSEE

christian.beauger@mines-paristech.fr



Joanna SCHLESINGER

Développement de partenariats R&D filière Energie,

Institut Canot M.I.N.E.S. / ARMINES

joanna.schlesinger@mines-paristech.fr

- ▶ **IMT MINES Albi-Carmaux** (@mines-albi.fr)
 - RAPSODEE: Doan Phamminh, Ange Nzihou

- ▶ **IMT MINES Alès** (@mines-ales.fr)
 - C2MA: Belkacem Otazaghine, Aurélie Taguet
 - LGEI: Luc Malhautier, Frédéric Heymes (EUREQUA), Guillaume Junqua (ERT)

- ▶ **IMT Atlantique** (@imt-atlantique.fr)
 - GEPEA: Pascaline Pré

- ▶ **IMT Lille-Douai** (@imt-lille-douai.fr)
 - CERI EE: Rémi Gautier, Daniel Bougeard

- ▶ **MINES ParisTech** (@mines-paristech.fr)
 - PERSEE: Christian Beauger, Patrick Achard
 - MAT: Alain Thorel, Anthony Chesnaud
 - CES: Rodrigo Rivera_Tinoco, Chakib Bouallou
 - CTP: Christophe Coquelet, Elise El_Ahmar
 - Géosciences: Faouzi Hadj_Hassen
 - OIE: Paula Perez_Lopez
 - CSI: Madeleine Akrich
 - ISIGE: Jasha Oosterbaan, Daniel Florentin
 - CMA: Gilles Guerassimoff

- ▶ **IMT MINES Saint-Etienne** (@mines-stetienne.fr)
 - SPIN: Mathilde Rieu, Jean-Paul Viricelle
 - Fayol: Valérie Laforest
 - SMS: Cédric Bosch

- ▶ **ENSTA Paris** (@ensta-paris.fr)
 - UCP: Laurent Catoire, Didier Dalmazzone, Johnny Deschamps

- ▶ **Sigma Clermont** (@sigma-clermont.fr)
 - I. Pascal: Jean-François Cornet

ANNEXE – Le flyer de présentation de H₂MINES

PRODUCTION		STORAGE/DISTRIBUTION		END USES		SUSTAINABLE DEVELOPMENT	
 <ul style="list-style-type: none"> Biomass gasification Biogas reforming 	RAPSODEE	<ul style="list-style-type: none"> Compression and distribution: simulation 	RAPSODEE	<ul style="list-style-type: none"> Fisher-Tropsch synthesis Methanation 	RAPSODEE	<ul style="list-style-type: none"> Risk analysis Eco-Industrial synergy 	LGEI/EUREQUA/ERT
				<ul style="list-style-type: none"> PEMFC membrane materials: functionalization of clays Biological methanation 	C2MA LGEI/EUREQUA		
 <ul style="list-style-type: none"> Purification (PSA, membrane, absorption) 	GEPEA	<ul style="list-style-type: none"> Porous materials Solid storage tank 	GEPEA	<ul style="list-style-type: none"> Power to gas: methanation, CO₂ capture 	GEPEA		
 <ul style="list-style-type: none"> Modeling & Optimization: Porous media, adsorption, storage, topology optimization 			CERI EE				
 <ul style="list-style-type: none"> Electrolysis (LT PEMWE) Plasma cracking, reforming Electrochemical purification (LT) Photocatalysis 	PERSEE	<ul style="list-style-type: none"> Electrochemical compression Porous materials 	PERSEE	<ul style="list-style-type: none"> PEMFC: MEA materials (catalysts and composite membranes), system studies (Transport, stationary, H₂ recirculation, hybridization...) CO₂ reduction Renewable Energy coupling Multi-energy systems 	PERSEE	<ul style="list-style-type: none"> Future energy systems and markets Prospective & optimization of energy systems Life cycle assessment Socio-technical controversies Process economics The economics of H₂ (cost benefit analysis, public policy assessment, innovation and competition) Territorial planning and public policies in energy transition Safety and reliability assessment, public perception of safety Underground storage environmental impact 	PERSEE CMA OIE CSI CES CERNA ISIGE CRC GÉOSCIENCES
 <ul style="list-style-type: none"> Phase diagrams / measurement of thermophysical properties Selection of solvents 			CTP	<ul style="list-style-type: none"> Methanation (coelectrolysis) Power to gas CO₂ recycling Biogas 	CES		
 <ul style="list-style-type: none"> Electrolysis (SOEC, PEMWE, MCEC) System analysis 	CES			<ul style="list-style-type: none"> SOFC: MEA materials, new regenerative systems 	MAT		
<ul style="list-style-type: none"> Electrolysis (HT) Reforming Electrochemical purification (HT) 	MAT	<ul style="list-style-type: none"> HP composite tanks: tests/calculations Pipeline protection: cold spray coating 	MAT				
		<ul style="list-style-type: none"> Salt caverns: Integrity/reactivity 	GÉOSCIENCES				
 <ul style="list-style-type: none"> Gas sensors: CO, H₂, safety/process control 					SPIN	<ul style="list-style-type: none"> Environmental analysis: qualitative assessment and absolute sustainability evaluation Decision aid support for territorial planning 	FAYOL
<ul style="list-style-type: none"> Electrode material: modeling /simulation (Image analysis) 	SPIN	<ul style="list-style-type: none"> Pipeline Integrity and durability 	SMS	<ul style="list-style-type: none"> SOFC single chamber 	SPIN		
 <ul style="list-style-type: none"> Biomass flash pyrolysis 	UCP	<ul style="list-style-type: none"> Doped MOFs (C, metal, metal+C) Liquid carriers (LOHC) Hydrides 	UCP	<ul style="list-style-type: none"> Combustion Reactivity/Risk 	UCP	<ul style="list-style-type: none"> Tech-eco evaluation of the distribution chain 	UCP
 <ul style="list-style-type: none"> Solar photoreactive processes 	I. PASCAL						