

LES SCIENCES DU RECYCLAGE, LEVIER DES ENJEUX DE LA TRANSITION

RECYCLAGE DES MATIERES & TRANSITION ENVIRONNEMENTALE

Jean-François GERARD

*Université de Lyon – Institut National des Sciences Appliquées de Lyon
UMR CNRS 5223 – Ingénierie des Matériaux Polymères
Villeurbanne / jean-francois.gerard@insa-lyon.fr*



3^{ème} journée transition environnementale
de la recherche

**Transition environnementale :
Comment passer de l'ambition à la
mise en œuvre ?**

6 février 2026

Auditorium Marie Curie, Campus Gérard Mégie et retransmission à distance



LES MATERIAUX DANS LA TRANSITION ENVIRONNEMENTALE

Intégration dans le modèle d'une économie circulaire

Principe 1

Préserver et restaurer le capital naturel en contrôlant les stocks de ressources limitées et en équilibrant

Leviers ReSOLVE : Régénérer, Dématérialiser, Echanger



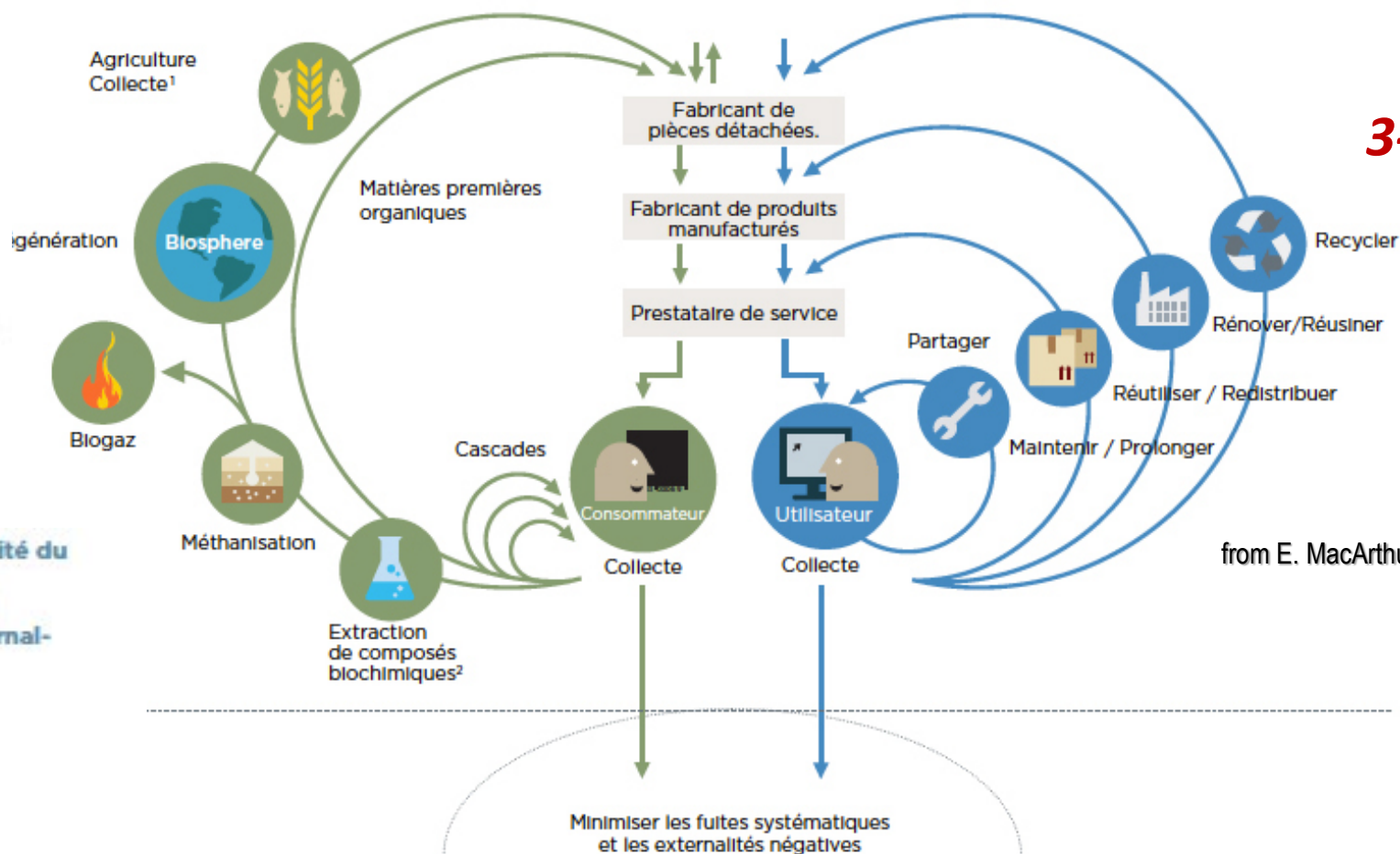
Gestion des flux renouvelables

Gestion des stocks

Principe 2

Optimiser le rendement des ressources en favorisant la circulation des produits, des composants et des matériaux à leur niveau de fonctionnalité maximal à tout moment au cours des cycles techniques et biologiques

Levier ReSOLVE : Régénérer, Partager, Optimiser, Cycler



Principe 3

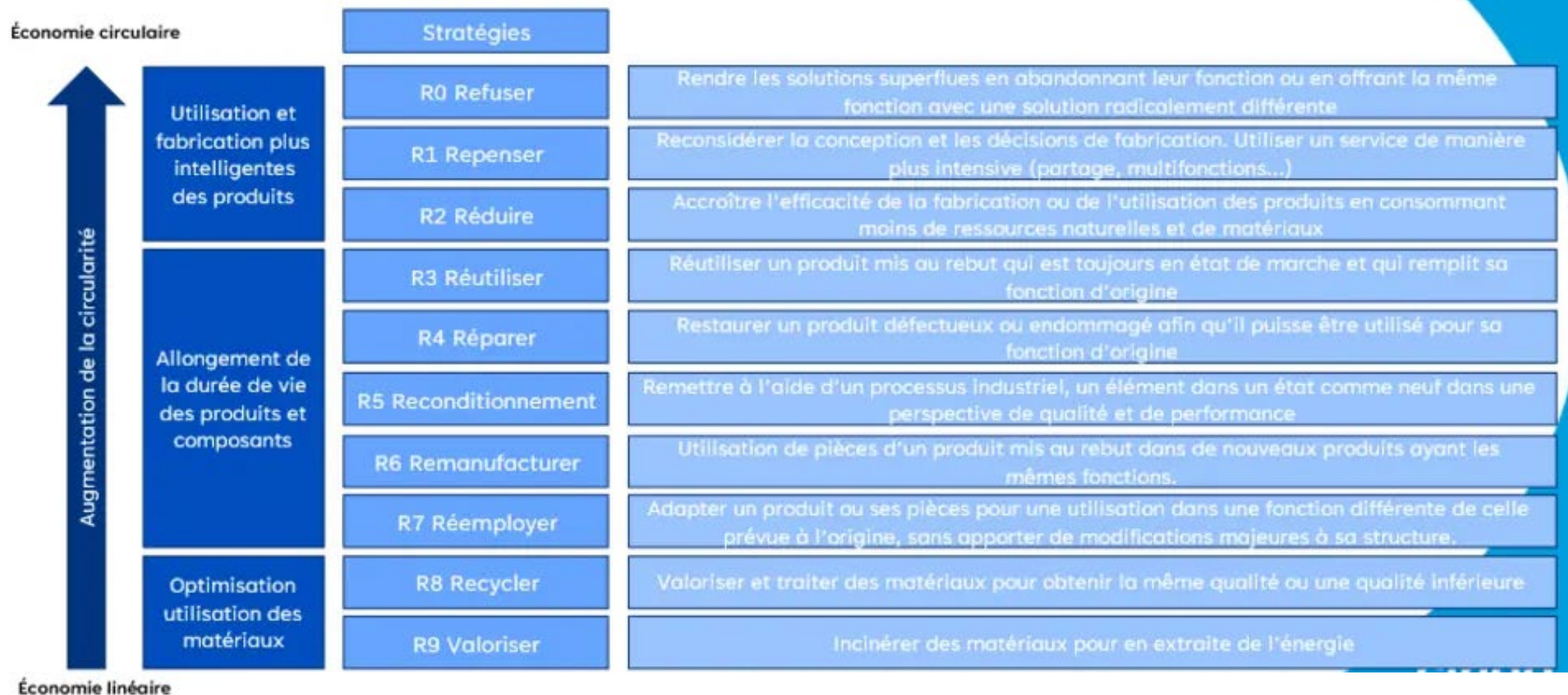
Favoriser l'efficacité du système en décelant et en éliminant les externalités négatives

Tous les leviers ReSOLVE

LES MATERIAUX DANS LA TRANSITION ENVIRONNEMENTALE

Intégration dans le modèle d'une économie circulaire

Les 9R de l'économie circulaire



RECYCLAGE & ECONOMIE CIRCULAIRE

Des freins à la circularité des matières / produits à prendre en compte ...

- **Limitations 'matière'** : réalité des matières, difficultés recyclages potentiels pour répondre à cahier des charges réutilisation, NIAS (Non-Intentionally Added Substances) à l'issue du processus de recyclage
- **Limitations liées au démantèlement/à la conception** des dispositifs / objets
- **Limitation liées aux gisements** : volumes, régularité, concentration
- **Limitations économiques et géo-politiques**: coûts (logistique de la collecte, coûts des traitements, etc), justification économique circularité (vis-à-vis énergie, cours des matières), compétition entre solutions de circularité, politiques (stratégies nationales et internationales)
- **Limitations culturelles / sociétales**: politiques de marketing, appropriation des gestes et comportements liés au recyclage et recyclabilité, acceptation/appropriation des réglementations actuelles et à venir

NECESSITE D'UNE APPROCHE SYSTEMIQUE DU RECYCLAGE

- *Focalisation des moyens sur certains matériaux ou filières*
- *Contrôle de l'amont des CGV*
- *Sécurité des sources d'approvisionnement en déchets*

- *Législation d'encadrement du recyclage*
- *Verrous et enjeux des politiques publiques*
- *Pertinence économique du recyclage pour les déchets différents*

Sécurisation des
filières de recyclage,
approvisionnement

Stratégies et
politiques
nationales, EU

Résoudre un
problème technique

**Questions
multiples
posées par le
recyclage**

Mesurer, quantifier
le recyclage

Modèles Société au
regard des
ressources

- *Démantèlement des objets pour accéder aux matériaux*
- *Identifier les matériaux dans les gisements de déchets*
- *Séparer et extraire les matériaux*

- *Indicateurs de performances du recyclage*
- *Recyclage et ACV*
- *Taux de recyclage globaux*

- *Pratiques de gestion et de collecte des produits en fin de vie*
- *Recyclage et croissance économique*
- *Récit sur consommation des ressources*

NECESSITE D'UNE APPROCHE SYSTEMIQUE DU RECYCLAGE

*Géopolitique,
Géoéconomie*

Sécurisation des
filères de
recyclage,
approvisionnement

Résoudre un
problème
technique

*Chimie, Physique,
Ingénierie,
Numérique,
Toxicologie, ...*

Mesurer, quantifier
le recyclage

*Macroéconomie,
ACV, MFA (Material
Flow Analysis)*

**Sciences
nécessaires
(pluri-, trans- et
inter-
disciplinarité)**

Stratégies et
politiques
nationales, EU

*Droit,
Management,
Politique Publique*

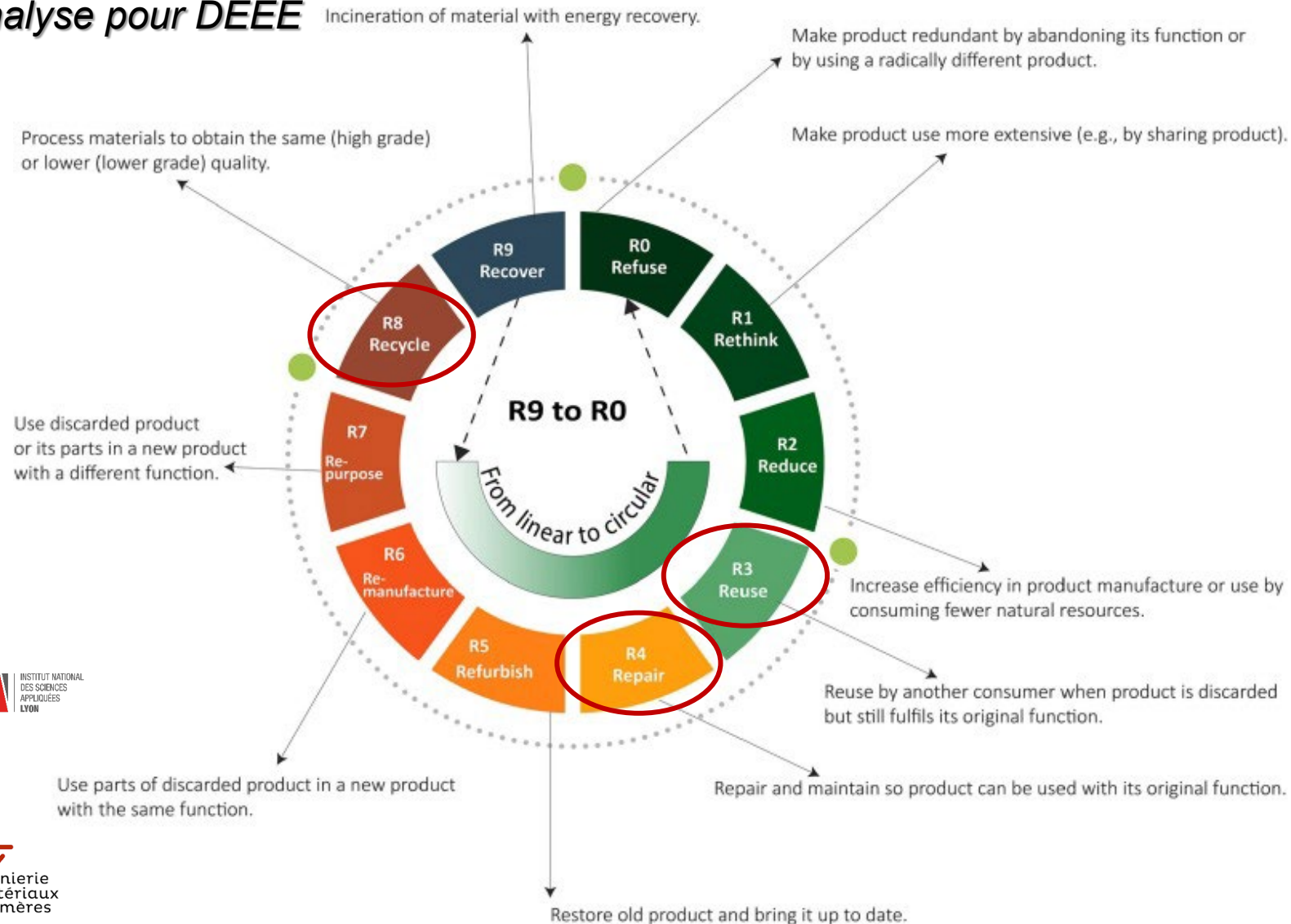
Modèles Société au
regard des
ressources

*Sciences Politiques,
Economie,
Sociologie,
Philosophie*

APPROCHE SYSTEMIQUE DU RECYCLAGE

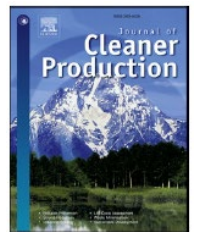
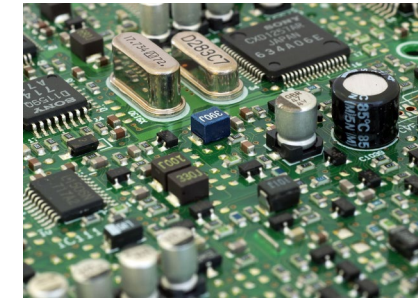
Questions de recherche traitées

Analyse pour DEEE



Analyse de la littérature scientifique montre que les problématiques de l'Economie Circulaire sont traitées essentiellement à travers:

- **Recyclage**
- **Stratégies de transformation circulaire vs linéaire**
- **Stratégies d'actions concrètes auprès des consommateurs (même si consommateur conscient des enjeux de l'EC)**



Review

Circular value chain blind spot – A scoping review of the 9R framework in consumption

Tom Hunger*, Marlen Arnold, Martin Ulber

Corporate Environmental Management and Sustainability, Faculty of Economics and Business Administration, University of Technology Chemnitz, Thüringer Weg 7, 09126 Chemnitz, Germany

INSA INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES LYON

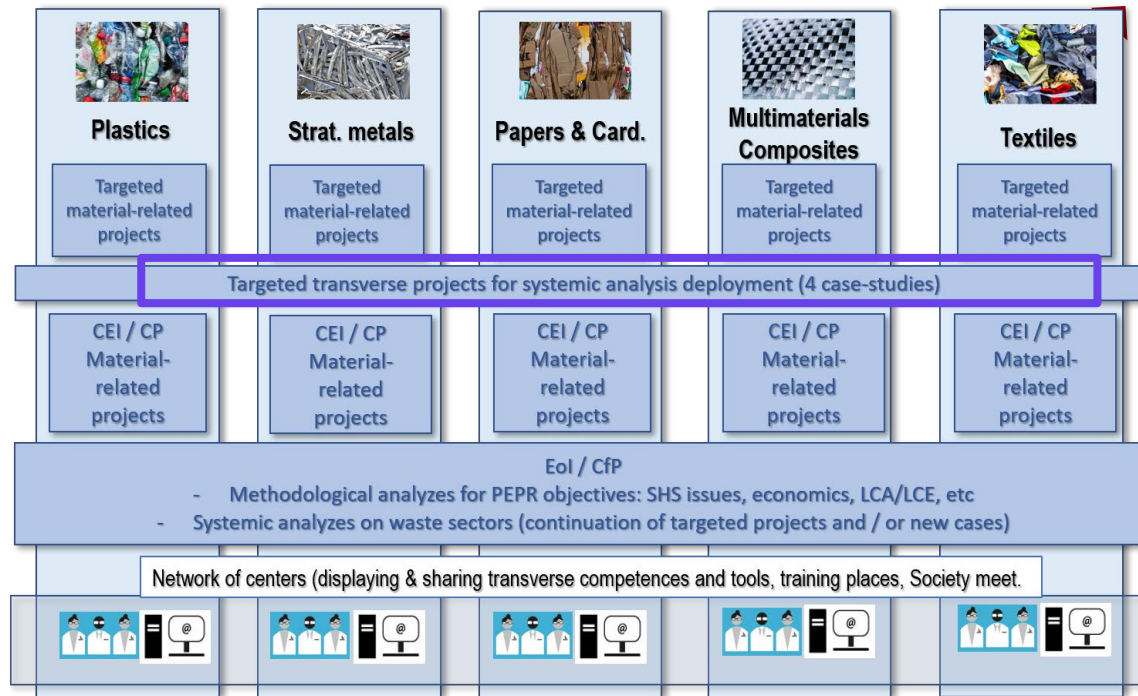


Ingénierie Matériaux Polymères

Le PEPR Recyclage, Recyclabilité & Ré-Utilisation des Matières en bref

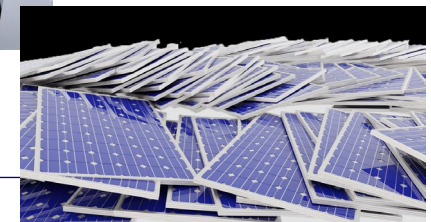
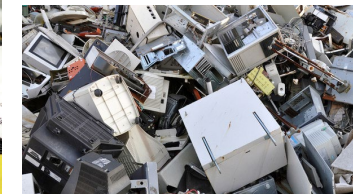
Une approche systémique de la circularité des matières (pluri/trans/inter disciplinarité)

5 axes dédiés aux matériaux assignés par SNA



4 axes dédiés à des filières (intersections autres PEPR)

- Batteries
- Nouvelles technologies de l'énergie (photovoltaïque, H₂ /fuel cells/tanks/pipes, aimants permanents, éolien)
- DEEE (déchets équipements électroniques)
- Déchets ménagers (packaging, textiles, etc). -exc. biodéchets, verre-



1 axe Digital/Data science/Robotique
1 axe SHS 'Société du Recyclage et de la Ré-Utilisation'

Le PEPR Recyclage, Recyclabilité & Ré-Utilisation des Matières en bref

En quelques chiffres:

- Pilotage par CNRS
- Début du programme : 1^{er} semestre 2023 (contrat gouvernance : Mai 2024)
Durée / 6 ans
- Montant alloué : 40 M€ (+10)
Montant alloué aux projets de recherche: 28 M€ (Phase 1: 19/Phase 2: 9)
Montant pilotage et animation: 4,2 M€
- 11 axes de recherche couvrant l'ensemble des sciences
pratiquement tous les instituts CNRS
UMRs Universités/Ecoles, EAs, labs. CNRS/CEA/INRAE/BRGM/IFPEN, CTI, IRT
- > 100 laboratoires impliqués
- 500 chercheurs aujourd'hui impliqués

... et 21 lieux-totem

Déclinaison territoriale des activités du PEPR

Lieux d'interdisciplinarité, d'ouverture aux parties prenantes (entreprises, collectivités, Société)

- Identifier par site les acteurs de la recherche dédiée aux recyclage / circularité des matières: au sein du PEPR (interdisciplinarité), autres entités de RD&I
⇒ *Mise en visibilité des acteurs (et de leurs domaines d'excellence)*
- Apport sur sites d'expertises scientifiques non présentes pour activités de recherche, formation, etc
⇒ *Enrichissement activités recherche, ouverture scientifique, interdisciplinarité*
- Interactions avec les parties prenantes, acteurs de l'écosystème du recyclage: entreprises, collectivités locales, étudiants, Grand Public
⇒ *Définition de nouvelles recherches à caractère fondamental issues de questions technologiques et sociétales, génération de nouveaux partenariats (PEPR –établissements, collectivités territoriales, B-to-B), communication scientifique avec/pour acteurs extérieurs*

Quelles actions dans les lieux-totem ?

Déclinaison territoriale des activités du PEPR

Lieux d'interdisciplinarité, d'ouverture aux parties prenantes (entreprises, collectivités, Société)

- ✓ réunions-bilan des axes de recherche du PEPR (d'un axe spécifique ou inter-axes), avec autres PEPR/GDR, etc
- ✓ écoles de recherche du PEPR
- ✓ séminaires de recherche*, chercheurs invités*
- ✓ journées et conférences avec l'Industrie ou ses clusters / pôles, collectivités territoriales
- ✓ activités en lien avec formation(s) avec les établissements d'accueil* - formation diplômante (Masters ou EDs des sites) et/ou continue -
- ✓ interactions avec Grand Public*: activités de science participative, expositions

(*) avec financement PEPR ou co-financement PEPR-partenaire

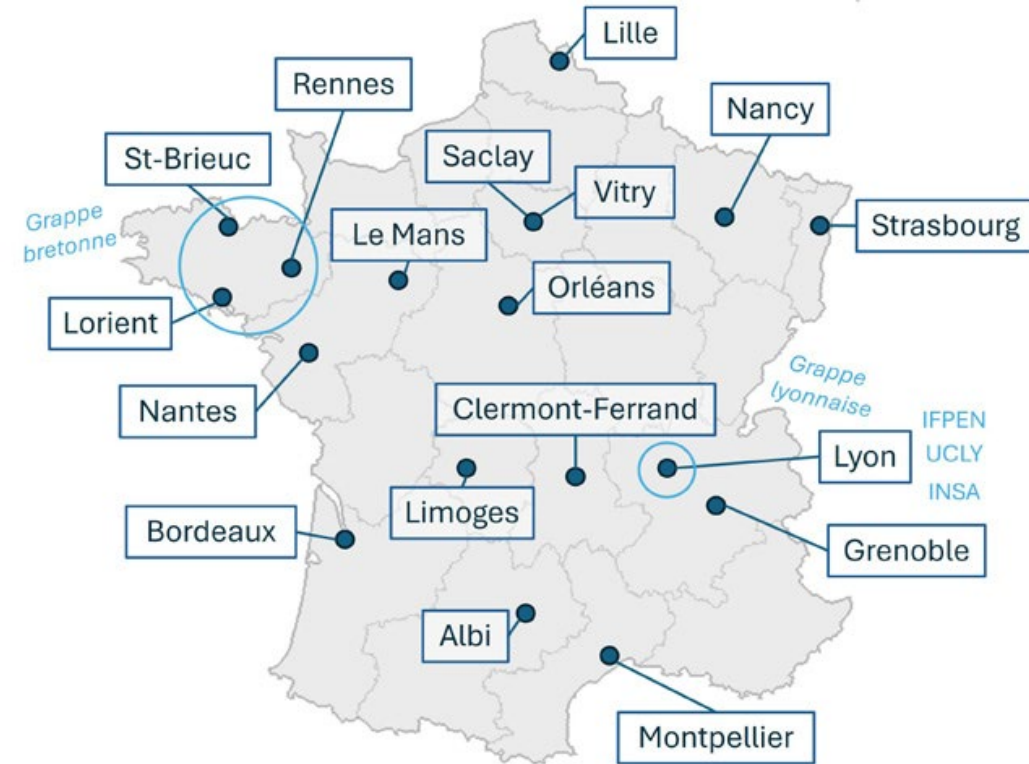
Où sont les lieux-totem ?

Quel partenariat avec les sites d'accueil?

- Implication des acteurs locaux du PEPR (ou non) pour la mise en place avec établissements
- 'Labellisation' PEPR simple sans contractualisation
- Pas de frais d'hébergement à la charge du PEPR
- *Financements PEPR réservés aux activités d'animation (citées précédemment)*
Programmation annuelle des activités

Où ?

- *Etablissements ESR, EPIC*
- *Direction Régionale CNRS/BRGM (Orléans)*
- *Cluster RD&I professionnel (Vitry Elanova)*
- *Implication d'industriels (Clermont Michelin), collectivités*



Liste non exhaustive mais nécessaire propositions rapides pour intégration dans programmation annuelle

Booklet Lieux-totem / Communication



Avril 2025

PARTENAIRE ACADÉMIQUE

LIEU-TOTEM CENTRE VAL DE LOIRE - ORLÉANS

Structure d'accueil :

La Matériaéthèque – Campus CNRS Orléans
Campus du CNRS et du BRGM et Cantine Poulain à Blois,
Avenue de la recherche scientifique, 45000 Orléans

Description :

La **Halle PLAT'INN** est une plateforme technologique installée au BRGM, qui cible le traitement des ressources minérales et le recyclage des déchets susceptibles de devenir source de matière première.

La **Cantine Poulain** est imaginée comme un lieu, situé au cœur du pôle d'enseignement supérieur, destiné à renforcer les liens entre chercheurs et acteurs économiques et à favoriser la mise en relation, l'acquisition et la transmission des savoirs, la recherche et l'innovation.

La **Matériaéthèque** est un espace d'information, de conseil et de recherche autour des matériaux sur tout le cycle de vie, un lieu de dialogue des sciences, des arts, de l'architecture et du design, de mise en relation des savoir-faire.

Actions (déployables dès fin-2025) :

Recherche : workshops, écoles thématiques, résidences internationales, collaborations scientifiques...

Formation : formation initiale, projets étudiants tutorés, hackatons, fablab, Blended Intensive Programme (BIP)...

Innovation : nouveaux partenariats industriels, sensibilisation des entreprises, ateliers de codiagnostic...

Service à la société : conseil aux collectivités, diffusion de la culture scientifique, technique et industrielle...

Etablissements partenaires :



L'ancienne cantine Poulain à Blois

Date de lancement :

- Halle PLAT'INN du BRGM : immédiat
- Cantine Poulain : avril 2026
- Matériaéthèque : en réflexion

Ecosystème :

- Etablissements de l'ESR :
CNRS, BRGM, Université d'Orléans, Université de Tours,
INSA Centre-Val de Loire, Ecole supérieure d'art et de design
d'Orléans, Ecole nationale supérieure d'art de Bourges

- Collectivités territoriales :
Région Centre-Val de Loire, Métropole d'Orléans

- Acteurs de l'innovation et du développement économique :
POLYMERIS, CARA, C-Valo, INPI, Technopole d'Orléans, NEKOE

Stadium Loire Valley Institute for Advanced Studies,
ADEME, PEPR Sous-sol et DIADEM...

Contact PEPR :

Yannick MENARD (BRGM)
y.menard@brgm.fr

Contact structure d'accueil :

Ludovic HAMON (CNRS)
Carine VAN HEIJENOORT (CNRS)

LIEU-TOTEM PEPR RECYCLAGE

2



Avril 2025

PARTENAIRE ACADÉMIQUE

LIEU-TOTEM LE MANS

Structure d'accueil :

Université du Mans (bâtiment Veron de Forbonnais)
Le Mans Université, Avenue Olivier Messiaen,
72085 - LE MANS Cedex 09

Description :

Lieu-totem de rudologie, discipline étudiant les déchets, biens et espaces déclassés.

Quatre salles sont à disposition (entre 40 et 102 places chacune), un amphithéâtre de 350 places et 1 hall d'exposition.

Actions :

- Réunions recherche des partenaires du PEPR
- Séminaires de recherche interdisciplinaires
- Séminaires d'interaction avec les professionnels de la gestion des déchets (en lien avec la recherche et la formation)
- Colloque Européen Opening the bin (décembre 2025)

- Doctoriales bi-annuelles de rudologie
- Actions de Formation Continue à travers le projet CMA Comreva (DU de Rudologie en construction)
- Actions de formation initiale (Master MIDECA – Déchets et économie circulaire en Afrique)

- Expositions de valorisation des activités de recherche du PEPR à destination du grand public (Plateforme expérimentale du projet CMA Comreva)

Etablissements partenaires :



Journée d'étude entre le réseau GDR "Plastiques, Environnement, Santé" et RTP "Déchets, Valeurs, Sociétés", le 15 octobre 2024.

Date de lancement :

Septembre 2024

Ecosystème :

Plus de 600 partenaires professionnels de la gestion des déchets et du recyclage, liés aux 32 ans d'activité du master MIDECA. Ceux formellement engagés :

- Federec
- Amorce
- Rudologia
- Envie
- IPC
- Région Pays de la Loire
- Le Mans Métropole
- ONG GRET

Contact PEPR :

Mathieu DURAND
mathieu.durand@univ-lemans.fr

Contact structure d'accueil :

Charlotte ROUSSEAU
charlotte.rousseau@univ-lemans.fr

Muriel FISCHER
muriel.fischer@univ-lemans.fr

LIEU-TOTEM PEPR RECYCLAGE

3

