

## **Appel à Manifestation d'Intérêt du PEPR Recyclage, Recyclabilité & Ré-Utilisation des Matières Premières Recyclées 2024**

### ***Recueil d'avis et propositions pour la construction de nouveaux axes et projets de recherche des partenaires socio-économiques, centres, pôles, associations, etc***

Le programme de recherche PEPR RECYCLAGE s'intègre dans la Stratégie d'Accélération 'Recyclabilité, Recyclage et Réincorporation de Matériaux' de France 2030 dont l'objectif est l'émergence d'un modèle français dans le domaine des matières premières de recyclage (MPR) et leur réincorporation dans de nouveaux produits. C'est donc à une circularité forte des matériaux (parmi ceux-ci, plus spécifiquement, les plastiques, les métaux stratégiques, les matériaux composites, les textiles et les papiers/cartons) que s'attelle la stratégie nationale d'accélération. De forts gains environnementaux, la création de la valeur sur le territoire une réduction de la dépendance extérieure de la France et des créations d'emplois sont ainsi attendus au cours et à l'issue de cette stratégie. La recherche et le développement ont un rôle majeur à jouer pour soutenir l'innovation et le déploiement des filières industrielles actuelles et futures du recyclage. La circularité des matières impose que l'ensemble des étapes soient maîtrisées et optimisées depuis la collecte de celles-ci à leur ré-intégration dans de nouveaux produits avec une empreinte environnementale et énergétique la plus faible possible.

Par mise en synergie de l'ensemble des disciplines scientifiques concernées, l'objectif du PEPR RECYCLAGE sont :

- de produire de nouvelles connaissances sur le recyclage de certaines matières identifiées dans la Stratégie Nationale France 2030 correspondante,
- de permettre de conduire à des innovations technologiques de rupture permettant de répondre aux enjeux du recyclage,
- de coordonner les acteurs de la Recherche Publique afin de constituer un réseau de recherche structuré ayant une visibilité européenne.

Pour cela, le PEPR RECYCLAGE est constitué de :

- Cinq axes dits 'Matériau' permettant de déployer les savoirs scientifiques particuliers à chaque classe de matériau dans le cadre de projets de recherche intégrant à la fois les spécificités et des approches systémiques.
- Quatre axes transverses, dits 'Filière', permettant le développement d'approches systémiques pluridisciplinaires sur des objets complexes, le plus souvent multimatériau'.
- Un axe 'SHS' permettant de compléter les approches holistiques du domaine du recyclage des matières en intégrant les volets politiques et territoriaux, l'analyse des acteurs, territoires, usages, comportements, la réglementation et les modèles d'entreprise.

Ces dix axes (Voir annexe) sont non indépendants et des activités communes sont travaillées en inter-axes avec la promotion de l'implication d'équipes de recherche dans plusieurs axes. Enfin, des axes transverses supplémentaires en nombre limité pourront compléter cette organisation matricielle.

Ce premier AAP adressé aux acteurs de la Recherche Publique doit permettre de compléter les axes définis dans la construction du PEPR ('Matériau', 'Filières' et 'SHS) par l'apport de nouvelles compétences à travers des projets proposant des travaux complémentaires et/ou de nouveaux sous-axes ainsi que de promouvoir les sciences du numérique dans le domaine du recyclage et de

la ré-utilisation des matières. L'ambition globale est d'intégrer l'ensemble des compétences scientifiques présentes dans la communauté de la Recherche Publique pour répondre aux questions scientifiques identifiées comme essentielles pour les enjeux de la circularité des matières.

*Les partenaires du PEPR comme les entreprises, les centres techniques, les pôles et clusters industriels, les syndicats professionnels, les associations, etc ont la possibilité d'interagir avec les acteurs du PEPR à l'occasion de cet AAP/AMI 2024 pour permettre d'identifier les problématiques technologiques, industrielles et sociales associées et ainsi contribuer à une plus grande pertinence encore aux activités de recherche qui pourront alors se voir gravir les différents niveaux de l'échelle des TRLs (actions de prématuration/maturation, démonstrateurs, etc). Partenaires qui êtes intéressés par les domaines de R&I couverts par le PEPR et qui avez , en particulier, assisté aux journées de lancement des différents axes, vous êtes donc invités à identifier ces problématiques essentielles et à suggérer des activités de recherche associées (TRL 0 à 3) pour les mois et années qui viennent. Votre contribution qui peut être discutée avec les porteurs des axes scientifique peut être rapportée dans le formulaire ci-dessous (retour : 15 Septembre 2024).*

## Recueil d'avis et propositions pour la construction de nouveaux axes et projets de recherche du PEPR Recyclage – Appel 2024

### Formulaire de contribution

retourner à: [direction-pepr-recyclage@insa-lyon.fr](mailto:direction-pepr-recyclage@insa-lyon.fr) et copie aux porteur.e.s indentifié.e.s de l'axe ou des axes de recherche concerné(s) par les activités proposées avant le 15 Septembre 2024 12:00

<b>1.- Thème(s) de recherche identifié(s)</b>	
Titre indicatif	
<b>2.- Envergure des recherches (TRL0 à TRL3) identifiées</b>	
Type	<input type="checkbox"/> Nécessité de mobilier un consortium de laboratoires sur un sujet non traité actuellement (voir WPs des différents axes en cours en Annexe)  <input type="checkbox"/> Complément de travaux par une équipe d'un laboratoire sur un des thèmes travaillés actuellement (voir WPs des différents axes en cours en Annexe)
Secteur(s) industriel(s), technologiques et domaines sociaux Acteurs (partenaires socio-économiques, structures, associations, etc) concernées	
Problématique(s) technologique(s), industrielle(s) ou sociale(s) impliquée(s) et travaux de recherche qui pourraient être déployés (résumé - détails en Partie 4)	
Plus-value des travaux suggérés pour le PEPR	

<p>Interactions et travaux communs envisageables avec d'autres axes de recherche en cours du PEPR</p>	
---	--

<b>3.- Structure partenaire répondante</b>			
<b>Contact porteur.e</b>			
Nom		Prénom	
email			
Adresse			
Nom			
Activités			
Potentiel(s) apport et/ou activité(s) commune(s) avec les acteurs du PEPR*			

*(\*) Par définition, seuls les acteurs de la recherche Publique peuvent obtenir des financements France2030 PEPR. Un partenariat peut toutefois être mis en place au sein des axes de recherche du PEPR et/ou de ses tâches. Une contractualisation de ce partenariat devra alors être mis en place entre les acteurs du programme.*

**4.- Présentation des recherches identifiées – TRLO à TRL3 – qui pourraient être déployées au sein du PEPR (3 pages maximum)**

## Annexe

Axes de travail définis dans le cadre du PEPR RECYCLAGE et leurs sous-axes (porteurs des axes de recherche – contacts):

- Axe Matériau 'Plastics'

- Contaminants
- Désassemblage et démantèlement de structures complexes
- Recyclage tertiaire
- Outils de caractérisation, méthodes et modélisation
- Flux de matériaux, scénarii de recyclage et ACV
- Conception de produits

[sophie.duquesne@centralelille.fr](mailto:sophie.duquesne@centralelille.fr) / [khalid.lamnawar@insa-lyon.fr](mailto:khalid.lamnawar@insa-lyon.fr)

- Axe Matériau 'Strategic Metals'

- Évaluation socio-économique et environnementale du recyclage des métaux stratégiques
- Développement de méthodes de séparation
- Opérations unitaires de traitement pour la dissolution et la récupération des métaux stratégiques
- Modélisation des procédés

[stephane.pellet-rostaing@cea.fr](mailto:stephane.pellet-rostaing@cea.fr) / [y.menard@brgm.fr](mailto:y.menard@brgm.fr)

- Axe Matériau 'Composite Materials'

- Recyclage par solvolysse de matériaux composites à matrice organique et fonctionnalisation des fibres recyclées dans un procédé en une seule étape.
- Fabrication et caractérisation d'une nouvelle génération de composites à partir de matières premières recyclées conçues pour leur recyclabilité

[cyril.aymonier@icmcb.cnrs.fr](mailto:cyril.aymonier@icmcb.cnrs.fr) / [johnny.beaugrand@inrae.fr](mailto:johnny.beaugrand@inrae.fr)

- Axe Matériau 'Textiles'

- Approche d'éco-conception (materials by-design) à l'échelle moléculaire (polymères, biosourcés, mélanges)
- Procédés de recyclage et de transformation des textiles sûrs et durables
- Recyclage sûr et durable des textiles par le design à l'échelle de l'objet textile

[jannick.duchet@insa-lyon.fr](mailto:jannick.duchet@insa-lyon.fr) / [anne.perwuelz@ensait.fr](mailto:anne.perwuelz@ensait.fr)

- Axe Matériau 'Papers & Cardboards'

- Upcycling de la fraction de fibres acceptées issues du recyclage de cartons et valorisation des rejets fibreux
- Développement d'un nouveau type de bioraffinerie à partir de « forêt urbaine » : les papiers et cartons récupérés
- Aérogels de cellulose et de carbone à partir des rejets du recyclage papier-carton
- Valorisation des rejets du recyclage par thermo-conversion
- Impacts environnementaux et économiques des nouveaux procédés et matériaux développés

[nathalie.marlin@grenoble-inp.fr](mailto:nathalie.marlin@grenoble-inp.fr) / [fabienne.espitalier@mines-albi.fr](mailto:fabienne.espitalier@mines-albi.fr)

- Axe Transverse 'Batteries'

- Compréhension de la chaîne de valeur et du marché du graphite de qualité batterie et identification du rôle futur du graphite recyclé
- Système de décision multicritères pour évaluer la durabilité des matières premières des batteries
- Contribution de la lixiviation par attrition au traitement des NMC par dissolution/précipitation
- Mise en œuvre d'opérations d'électrodialyse

- Compréhension des mécanismes chimiques et catalytiques du processus de précipitation oxydante  
[alexandre.chagnes@univ-lorraine.fr](mailto:alexandre.chagnes@univ-lorraine.fr) / [emmanuel.billy@cea.fr](mailto:emmanuel.billy@cea.fr)
- Axe Transverse 'NTE New Technologies of Energy'
  - Recyclage en boucle courte (et fermée) d'aimants permanents
  - Récupération et valorisation de polymère fluoré de membrane et du platine des piles à combustible
  - Récupération et recyclage des métaux valorisables de panneaux photovoltaïques  
[etienne.bouyer@cea.fr](mailto:etienne.bouyer@cea.fr) / [virginie.nachbaur@univ-rouen.fr](mailto:virginie.nachbaur@univ-rouen.fr)
- Axe Transverse 'WEEE'
  - Connaissance et analyse du gisement minier urbain
  - Procédés de traitement des DEEE
  - Implications des stratégies de recyclage des DEEE pour l'accessibilité aux ressources et les impacts environnementaux  
[jean-christophe.gabriel@cea.fr](mailto:jean-christophe.gabriel@cea.fr) / [s.touze@brgm.fr](mailto:s.touze@brgm.fr)
- Axe Transverse 'Household Waste'
  - Tri innovant pour une séparation optimale des matériaux
  - Préparations innovantes pour une large réutilisation des matériaux : décontamination, désencrage, ...
  - Modélisation et analyse systémique
  - Dynamique des acteurs et des organisations
  - Réglementation, normalisation  
[ligia.barna@insa-toulouse.fr](mailto:ligia.barna@insa-toulouse.fr) / [yvan.chalamet@univ-st-etienne.fr](mailto:yvan.chalamet@univ-st-etienne.fr)
- Axe SHS 'Society of Recycling and Re-Use ?'
  - Écologie politique et territoriale du recyclage : Acteurs, territoires et usages
  - Comportement des consommateurs, acteurs, réglementation et modèles d'entreprise
  - Pratiques et représentations du recyclage dans l'anthropocène  
[jeanbaptiste.bahers@univ-nantes.fr](mailto:jeanbaptiste.bahers@univ-nantes.fr) / [philippe.tastevin@univ-tlse2.fr](mailto:philippe.tastevin@univ-tlse2.fr)

## **Domaines potentiels de recherche du numérique ouverts à la proposition de projets de type PRAN**

- Numérisation et modélisation des processus de transformation par l'exploitation de jumeaux numériques pour une meilleure maîtrise des flux à recycler (vers un système cyber-physique de recyclage).
- Nouvelles interactions multimodales homme/machine pour une télé-opération efficace des activités de tri.
- Gestion et suivi des circuits de matériaux basés sur un grand nombre de données physiques à grande échelle
- Systèmes multi-agents pour la gestion distribuée et la prise de décision dans les processus de recyclage
- Traitement avancé des signaux et des images pour une séparation efficace des flux de matériaux complexes en vue de leur recyclage

- Fonctions informatiques intégrées avancées (puces RFID, IoT), techniques de blockchain pour les produits, les matériaux et les systèmes de suivi des produits, des matériaux et des conteneurs
- Apprentissage de la robotique avancée pour faciliter la manipulation (flexible) et l'optimisation des matériaux à recycler.
- Big Data et gestion des données pour soutenir le cycle de vie des matériaux, de la conception au recyclage (ACV).
- Outils d'IA pour affiner le tri et capacités d'intelligence basées sur l'IA pour le tri des matériaux et le fonctionnement des processus avancés
- Pronostics basés sur l'IA pour la maintenance prédictive des processus de recyclage afin d'anticiper les pannes.
- Collecte intelligente de matériaux pour le recyclage
- Science des données pour les services de matériaux en vue de la recyclabilité
- Conception et planification de chaînes d'approvisionnement durables basées sur des mécanismes de collaboration et des facilités internet