

LES CAHIERS DE RECHERCHE

# Économie circulaire

Des leviers pour  
le développement  
durable dans  
les territoires



**Caisse  
des Dépôts**  
GROUPE



## Institut pour la recherche

*L'Institut pour la recherche de la Caisse des Dépôts et le département Cohésion sociale et territoriale de la Banque des Territoires s'intéressent, en articulation avec les questionnements opérationnels des métiers, à l'émergence des plateformes collaboratives, qui transforment l'accès aux infrastructures sociales (énergie, transport, services publics de proximité, logement...), aux données, ou encore aux territoires... Ces nouvelles plateformes cherchent, par des démarches ouvertes et transparentes, des modes de gouvernance innovants, des modèles économiques alternatifs permettant une création de valeur sur les territoires et son partage équitable entre l'ensemble des parties prenantes. Les résultats de ces travaux nourrissent la réflexion de la Banque des Territoires dans le cadre de sa recherche d'identification de modèles économiques à fort impact territorial, en vue de nouvelles actions d'investissement.*

---

**L'Institut pour la recherche de la Caisse des Dépôts soutient des projets de recherche s'inscrivant dans les champs d'intervention et les missions de la Caisse des Dépôts. Son rôle est de favoriser la recherche dans les domaines liés aux activités de la Caisse des Dépôts, sur des thématiques variées telles que les investissements de long terme, l'immobilier, la transition énergétique, le développement économique des territoires, la gouvernance territoriale, les infrastructures ou encore l'économie sociale et solidaire...**

---

L'Institut Louis Bachelier, soutenu par l'Institut pour la recherche de la Caisse des Dépôts, héberge, depuis décembre 2019, **la chaire Pilotage de l'économie circulaire** (voir l'encadré en 4<sup>ème</sup> de couverture), qui est multisectorielle et structurée autour de deux principaux axes scientifiques en interaction : le développement d'indicateurs de circularité pour piloter les décisions d'investissement d'une part et le développement d'indicateurs de circularité pour piloter des actifs, des activités et des flux au sein d'une organisation d'autre part. Ce cahier de recherche est basé sur les travaux menés par ce programme de recherche dirigé par Isabelle Nicolai (Université Paris-Saclay) et Yann Leroy (Centrale-Supélec).

Avec les multiples problématiques liées au développement durable et à la transition écologique dans les territoires - allant de la raréfaction des ressources à la gestion des déchets, en passant par l'allongement de la durée d'usage de certains biens et services ou l'émergence de nouveaux modes

de consommation (comme l'économie du partage) - l'économie circulaire constitue une alternative intéressante et nécessaire pour accroître l'attractivité et la résilience des territoires. En témoignent ainsi les nombreuses initiatives mises en œuvre dans ce domaine émanant notamment de syndicats de gestion de déchets et de collectivités locales, en particulier dans la réduction des déchets ménagers. Qui plus est, le concept relativement récent d'économie circulaire est massivement soutenu et encouragé par les pouvoirs publics : une loi anti-gaspillage pour une économie circulaire a été adoptée début 2020. Et pour appuyer cette stratégie ambitieuse, des montants importants de plusieurs centaines de millions d'euros y seront consacrés dans les prochaines années par l'intermédiaire de plusieurs organismes publics dont la Caisse des Dépôts. En clair, l'économie circulaire est amenée à prendre davantage de poids en France, sachant qu'elle représente déjà 800 000 emplois et que 300 000 supplémentaires sont attendus d'ici à 2030, selon l'Ademe (l'Agence de la transition écologique).

## Qu'est-ce que l'économie circulaire ?

### Un concept vertueux

Si le concept d'économie circulaire est désormais inscrit dans la loi, il en existe plusieurs définitions différentes. L'idée globale consiste à repenser l'économie traditionnelle et ses modes de production et de consommation linéaires. Ainsi, il ne suffit plus simplement de prélever les matières premières, de les transformer, de les consommer, puis de les jeter. Au contraire, il est primordial de maximiser l'utilité des ressources consommées en allongeant, par exemple, la durée de vie des biens et services par le biais de rebouclages, qui doivent s'effectuer selon le triptyque prioritaire : le réemploi ou la réutilisation, le recyclage, et la valorisation énergétique. Outre l'allongement de la durée de vie des biens et services, l'économie circulaire inclut aussi l'éco-conception, l'écologie industrielle et territoriale, la gestion des déchets, la consommation responsable, ainsi que l'économie de la fonctionnalité comme le montre le schéma de l'Ademe ci-après. Concrètement, il s'agit d'imaginer et de déployer des modes de production circulaire dans lesquels les boucles de flux de matières et d'énergie ont une importance essentielle pour générer des effets positifs et vertueux sur les plans économique, social et environnemental dans les territoires.

### L'économie circulaire

3 domaines, 7 piliers



## Des problématiques diverses

En plus des objectifs mentionnés précédemment, l'économie circulaire vise aussi à générer des boucles sans augmenter l'impact sur l'environnement. Autrement dit, les initiatives et projets d'économie circulaire ne doivent pas se faire au détriment de l'écologie. Pour illustrer cette problématique, prenons un exemple simple : sur un chantier de déconstruction, les matériaux susceptibles d'être recyclés ou valorisés doivent l'être au plus près du site pour limiter le bilan carbone de l'opération, qui peut rapidement augmenter en raison de contraintes logistiques, notamment de transport. Par ailleurs, les problématiques liées à l'économie circulaire sont différentes en fonction des acteurs concernés.

### Des problématiques multisectorielles et multidimensionnelles dans les territoires

Dans les territoires, (communautés d'agglomération, collectivités), l'économie circulaire englobe de nombreuses problématiques concernant le développement durable comme la gestion des déchets, la mobilité ou encore la préservation de la biodiversité. En parallèle, ces entités doivent inclure leurs administrés, en termes d'adhésion et d'incitation, pour éviter les transferts d'impact négatifs, qui peuvent réduire les effets positifs d'un projet d'économie circulaire. Enfin, la satisfaction des administrés doit également être prise en compte par les territoires, sachant que leurs arbitrages sont élaborés sur plusieurs années.

### Des problématiques aux échelles plus spécifiques pour les industriels

Du côté des industriels, l'économie circulaire est centrée sur les problématiques concernant les produits et services, ainsi que les procédés de production comprenant notamment la consommation énergétique des entreprises impliquées. Dans ces cas-là, le point de départ des problématiques d'économie circulaire provient souvent de l'activité principale de ces entités, avant de s'étendre progressivement à la responsabilité élargie des entreprises (filière REP).

Les problématiques diverses auxquelles sont confrontés les territoires et les industriels im-

pliquent ainsi que les projets d'économie circulaire soient pilotés différemment, notamment au niveau de leur temporalité. Pour illustrer davantage ces différences entre acteurs, mentionnons les trois partenaires financiers de **la chaire Pilotage de l'économie circulaire : la Communauté d'agglomération de Paris-Saclay**, composée de 27 communes, est engagée dans l'action publique et l'intérêt général ; **le SIOM** (Syndicat intercommunal des ordures ménagères) de la Vallée de Chevreuse doit respecter les objectifs fixés dans le cadre du pilotage du territoire, tout en répondant à des exigences propres aux entreprises, notamment en matière de rentabilité ; **Vale Nouvelle-Calédonie**, une entreprise minière exploitant du cobalt et du nickel, renforce sa démarche RSE (responsabilité sociale des entreprises), en particulier pour réduire son empreinte énergétique et environnementale, ainsi que le renforcement de ses liens avec le territoire, en veillant également au maintien de ses objectifs de production et de développement.

---

## Des recherches multidisciplinaires

---

Pour faire face aux problématiques diverses et variées des différentes catégories d'acteurs engagées dans des projets d'économie circulaire, **la chaire Pilotage de l'économie circulaire**, co-dirigée par **Isabelle Nicolaï** et **Yann Leroy**, conduit des travaux de recherche scientifique et des études de cas multisectorielles. L'objectif est de dégager une vision systémique d'aide à la décision dans l'aménagement du territoire (écoconception, recyclabilité, approvisionnement local, multi parties prenantes...) et la circularité des chaînes de valeurs industrielles de biens et services (allongement des cycles de vie, réparabilité, recyclage...). En outre, la chaire a également pour but de développer des indicateurs et tableaux

de bord mesurant les actions et leurs résultats économiques, sociaux et environnementaux. Ces derniers visent à aider au pilotage des activités industrielles, au quotidien, à moyen et long terme, prenant en compte le pilotage de décisions d'investissements, ayant des impacts sociaux-économiques et environnementaux durables. Sur ce dernier point, la chaire ambitionne particulièrement de développer un référentiel d'indicateurs permettant de prendre des décisions, qui améliorent la circularité en traitant de performance « globale ». Il faut dire que depuis l'émergence de l'économie circulaire, de nombreux indicateurs se sont développés sans pour autant qu'il y ait de cadre ou de référentiel commun. Cette lacune inhérente à la relative jeunesse du concept rajoute de la complexité lorsqu'il s'agit de piloter des projets et de garantir leur circularité.

---

## De nombreuses réflexions sur un référentiel d'indicateurs de circularité

---

Pour l'heure, il n'existe aucun référentiel commun sur l'économie circulaire, même si des réflexions sur ce sujet ont lieu au niveau national et européen dont certaines peuvent être incluses dans des publications d'organismes communautaires sur les obligations vertes et sociales par exemple. Certes, il existe quelques indicateurs communs aux différents acteurs concernés - comme le taux de recyclage, la quantité de recyclé ou encore le taux de réparabilité - mais des dizaines d'autres ne peuvent pas être appliqués tel quel ou ne fonctionnent pas sur certains cas étudiés. En voici un exemple frappant : **l'indicateur MCI** (*Material Circularity Indicator*), développé par la fondation Ellen MacArthur, mesure le taux de valorisation

des flux de matière d'un produit. Toutefois, si cet indicateur peut s'avérer très pertinent, il nécessite énormément de données, à savoir la nomenclature totale d'un produit, ce qui peut constituer un obstacle important dans certains cas. Une thèse précurseure dans ce domaine a été soutenue au Laboratoire Génie Industriel (LGI) de CentraleSupélec, en ingénierie de la conception en 2018 (*Monitoring and advancing the circular economy transition : Circularity indicators and tools applied to the heavy vehicle industry, Michael Saidani 2018*). Ces travaux de recherche ont mis en avant un grand nombre de jeux d'indicateurs. Afin de naviguer et d'identifier les indicateurs les plus pertinents, cette thèse propose une taxonomie des indicateurs de circularité, ainsi qu'un outil d'aide aux choix d'indicateurs. Ces propositions ont été éprouvées sur un cas d'étude industriel visant à faciliter la gestion de fin de vie des engins lourds. Depuis cette période, des expériences régulières sont effectuées auprès d'utilisateurs pour tester leur capacité à s'approprier l'outil, à renseigner les données nécessaires à cette notion de performance, à pouvoir entrevoir de bonnes pistes de reconception ou de nouvelles conceptions, qui prennent en compte la notion de boucle circulaire. Les résultats font apparaître des besoins importants de données et une prise en main parfois compliquée pour les utilisateurs trop éloignés des produits analysés. Finalement, la formalisation de groupes d'indicateurs ad hoc en fonction des acteurs et des projets est davantage recommandée pour éviter les écueils précédents. De prochains travaux seront d'ailleurs menés par la chaire et ses partenaires, afin de mettre à jour l'état de l'art sur les indicateurs de circularité et de sélectionner un nombre restreint d'indicateurs génériques, qui seraient facilement mobilisables par les entreprises. Ce projet, encore à ses prémices, pourrait permettre d'alimenter un processus de normalisation du concept d'économie circulaire en France. Enfin, des collaborations avec le secteur financier - qui s'intéressent de plus en plus à l'Investissement socialement Responsable (ISR) et aux investissements d'impact - pourraient permettre de dégager des méthodologies pour faire du pilotage opérationnel et évaluer la circularité des projets dont l'un des points d'orgue concerne la traçabilité de la circularité.

---

## Des exemples d'initiatives locales d'économie circulaire en lien avec la chaire

---

Créée en 2019 et hébergée par l'ILB, la chaire Pilotage de l'économie circulaire poursuit de nombreux travaux d'accompagnement et d'évaluation de projets d'économie circulaire dans le giron du laboratoire de Génie Industriel (CentraleSupélec). Quelques exemples non-exhaustifs sont listés dans cette partie.

### Réhabilitation d'une friche industrielle à Nozay

À Nozay, dans le département de l'Essonne, d'anciens abattoirs étaient désaffectés et abandonnés depuis 1990. Dans cette commune de moins de 5000 habitants, ce lieu était devenu le refuge des graffeurs et des squatteurs. Ce terrain perdu pour la commune causait des nuisances et était dangereux pour les riverains. Pour se le réapproprier et conserver sa valeur sur le territoire, la communauté d'agglomération de Paris-Saclay, à laquelle appartient Nozay, a décidé de réhabiliter ce site. C'est dans ce contexte que la chaire a accompagné le pilotage de ce projet en procédant à plusieurs étapes basées sur le triptyque prioritaire constitué par le réemploi, le recyclage ou la valorisation :

- › Le diagnostic des gisements des matériaux présents sur le site : leur nature, les quantités et le potentiel de valorisation (c'est à dire la capacité à être réutilisable sur le site ou ailleurs, ou recyclable).
- › L'identification et la caractérisation des entreprises de préparation de matériaux ayant la capacité de valoriser ces flux prioritairement sur le territoire de la communauté d'agglomération de Paris-Saclay.
- › L'élaboration d'une stratégie de valorisation des gisements de matériaux en minimisant l'empreinte environnementale et en privilégiant des opérateurs géographiquement proches, capables de les traiter et d'optimiser les coûts logistiques et environnementaux, tout en conservant de la valeur sur le territoire (valeur économique, emplois...).

## Valorisation des déblais du Grand Paris

Le projet pharaonique du Grand Paris génère et générera plusieurs millions de tonnes de déblais dont la finalité est d'en recycler une majeure partie. Avec plusieurs opérateurs et partenaires du projet, la chaire a participé à la valorisation de ces déblais issus de l'excavation de terre entre la Gare de l'Est et l'aéroport de Roissy. L'objectif a été de revaloriser 45 % des matériaux sur site et 55 % dans d'autres lieux avec des obligations environnementales importantes, ainsi que de nombreuses contraintes techniques et logistiques, notamment la classification et le traitement des déblais, qui diffèrent d'un matériau à un autre en fonction de la réglementation.

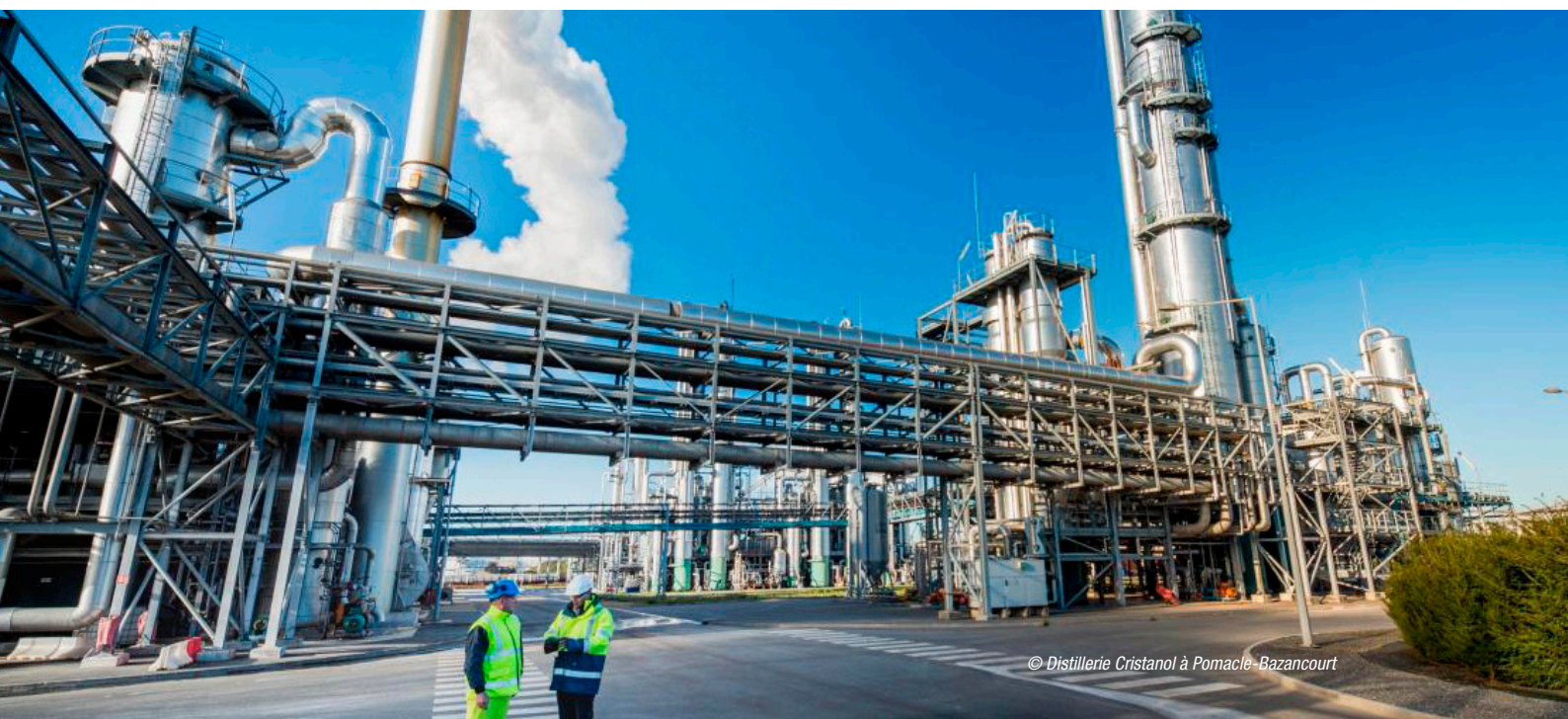
Dans ce cadre de collaboration, plusieurs travaux de recherche ont été conduits :

- › Une cartographie des flux de matières (quantités, nature, valorisation) issus des opérations de transformation des différents chantiers.
- › L'identification des entreprises de préparation et des exutoires capables d'absorber les flux.
- › Le développement de stratégies de valorisation en couplant les aspects environnementaux, économiques et logistiques.
- › La conception d'un outil de calcul d'aide à la décision multicritères prenant en compte tous les paramètres évoqués ci-dessus, afin de déterminer la stratégie de valorisation la plus efficace au pilotage des chantiers du Grand-Paris.



## Développement de la chaire bioéconomie de Pomacle-Bazancourt

Située au nord de Reims, la zone de Pomacle-Bazancourt regroupe un pôle industries et agro-ressources, spécialisé dans la bioéconomie avec plusieurs entreprises (raffinerie, sucrerie, distillerie...). Au fil des années, cette région a été désertée. Pour la redynamiser, notamment dans le secteur de l'emploi, un financement public a permis de débiter, en 2016, un projet visant à en faire un pôle de référence dans la valorisation des agro-ressources. Dans ce cadre, la chaire Pilotage de l'économie circulaire a participé à la cartographie de l'ensemble des flux de matières et énergies (eau, vapeur, effluents...) dans cet éco-parc, qui sont partagés par les entreprises présentes sur le site. Elle a également identifié de nouvelles voies de valorisation de coproduits (déchets, effluents, chaleur fatale) issus des activités de ce site et proposé des réflexions sur l'autonomie énergétique du pôle.



---

## Institut Louis Bachelier

**Le Groupe Louis Bachelier** travaille pour financer, développer et promouvoir la recherche d'excellence en économie et en finance. Il est constitué de **l'Institut Louis Bachelier** (ILB) et de deux fondations reconnues d'utilité publique **l'Institut Europlace de Finance** (IEF) et **la Fondation du Risque** (FdR). En 2019, le Groupe Louis Bachelier a hébergé 69 programmes de recherche orientés sur 4 transitions sociétales d'envergure : environnementale, numérique, démographique et financière.

Pour en savoir plus :

[www.institutlouisbachelier.org](http://www.institutlouisbachelier.org)

Parmi ces programmes de recherche figurent **la chaire Pilotage de l'économie circulaire**, qui compte comme partenaires académiques l'Université Paris Saclay et le laboratoire génie industriel de CentraleSupélec, ainsi que la Communauté d'agglomération de Paris Saclay, le Siom et Vale NC en tant que partenaires financiers.

La chaire, sous la responsabilité scientifique d'**Isabelle Nicolai** et de **Yann Leroy**, a pour objectif de répondre aux enjeux suivants : diagnostic, caractérisation des projets, production d'indicateurs de performance, de méthodes et d'outils d'analyse et de pilotage. Pour ce faire, elle s'appuie sur deux points de vue complémentaires : une approche d'économie centrée sur des indicateurs financiers permettant de piloter des décisions d'investissement « circulaires » à moyen et long terme, intégrant des dimensions sociales et locales ; une approche de gestion des activités industrielles qui consiste à produire des indicateurs de circularité à l'échelle d'un périmètre industriel (site de production, chaîne logistique, entreprise, ligne de produit, chaîne de valeur et filière industrielle) ou d'un territoire.

Contacts :

[yann.leroy@centralesupelec.fr](mailto:yann.leroy@centralesupelec.fr)

[isabelle.nicolai@centralesupelec.fr](mailto:isabelle.nicolai@centralesupelec.fr)

Pour en savoir plus :

[www.institutlouisbachelier.org/programme/chaire-pilotage-de-leconomie-circulaire/](http://www.institutlouisbachelier.org/programme/chaire-pilotage-de-leconomie-circulaire/)

[www.lgi.centralesupelec.fr/en](http://www.lgi.centralesupelec.fr/en)

---



**Ensemble,  
faisons grandir  
la France**

[caissedesdepots.fr](http://caissedesdepots.fr)