

Filière du BTP et aménagements urbains : du passage de l'économie linéaire à l'économie circulaire



**FILIERE DU BTP ET AMENAGEMENTS URBAINS :
DU PASSAGE DE L'ECONOMIE LINEAIRE
A L'ECONOMIE CIRCULAIRE**

RAPPORT FINAL

novembre 2020

P. FOLTZENLOGEL, G. SIPOS – I Care & Consult

Créée à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD est depuis 1989, le catalyseur d'une coopération entre industriels, institutionnels et chercheurs.

Acteur reconnu de la recherche appliquée dans le domaine des déchets, des sols pollués et de l'utilisation efficace des ressources, RECORD a comme objectif principal le financement et la réalisation d'études et de recherches dans une perspective d'économie circulaire.

Les membres de ce réseau (groupes industriels et institutionnels) définissent collégialement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

Avertissement :

Les rapports ont été établis au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Ces documents comprennent des propositions ou des recommandations qui n'engagent que leurs auteurs. Sauf mention contraire, ils n'ont pas vocation à représenter l'avis des membres de RECORD.

- ✓ Pour toute reprise d'informations contenues dans ce document, l'utilisateur aura l'obligation de citer le rapport sous la référence :

RECORD, Filière du BTP et aménagements urbains : du passage de l'économie linéaire à l'économie circulaire, 2020, 108 p, n°19-0719/1A

- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de la transition écologique)
www.ademe.fr

Comité de suivi de l'étude :

Bénédicte COUFFIGNAL – RECORD, Anita HARIOT – INRS, Nathan SONALIER – ENGIE, Rémy BAYARD - RECORD / INSA de Lyon, Jean-Paul CAZALETS – TOTAL, Coryse COUDRAY – EDF, Cyrille BLARD – SNCF Réseaux, Nadia TAHIR – SNCF Immobilier, Marie-Dominique BOGO – SUEZ, Delphine ANTONIUCCI – ENGIE, Fabrice ABRAHAM – RENAULT, Sylvain BORDEBEURE – ADEME, Florence GODEFROY – ADEME

© RECORD, 2020

RESUME

Le BTP représente le secteur le plus consommateur de ressources et le premier producteur de déchets (en tonnages) en France. Les objectifs de valorisation des déchets dans le BTP ne sont à ce jour pas atteints. L'étude s'interroge sur l'économie circulaire (EC) comme une solution plus respectueuse de l'environnement, pertinente techniquement, et économiquement pour permettre de surmonter ce challenge.

L'état de l'art de l'EC dans le BTP ainsi qu'une analyse de plusieurs projets concrets en Europe, que ce soit en zone dense ou en milieu rural, pour des matériaux de Travaux Publics comme pour des matériaux d'aménagement et finition d'un bâtiment, démontre que des acteurs du BTP travaillent à faire émerger des modèles d'EC holistiques rentables. L'EC n'est plus vue comme une boucle matière que l'on intègre de façon limitée et opportuniste dans le *business model* traditionnel, pensé selon les préceptes d'économie linéaire, mais comme une approche systémique, qui confère à l'EC un rôle central dans le chantier.

La numérisation des outils du BTP (plateformes, outils de déconstruction), l'industrialisation des processus, la généralisation d'exigences fortes d'EC dans les appels d'offres, la fluidification du marché des matériaux de dépose permise par une caractérisation systématique des matériaux, et la formation des principaux acteurs sont vus comme les prochaines avancées qui vont permettre de rendre l'EC au moins aussi compétitive que l'approche classique, « linéaire », d'un chantier, voire moins chère. La déconstruction sélective, la gestion des terres excavées en EC ainsi que l'utilisation massive du béton recyclé sont identifiés comme 3 *business model* rentables, qui seront largement répandus dans le secteur à horizon 2025.

MOTS CLES

Secteur du BTP et de l'aménagement, économie circulaire, modèle économique, numérisation, industrialisation, rentabilité, EPA Paris-Saclay, Société du Grand Paris, la Maillerie, Projet ZIN

SUMMARY

Construction and public works (CPW) represent the most resource-consuming and waste-generating (in tons) sectors in France. The national waste reuse and recycling objectives have not yet been reached. To address the issue, our study analyses circular economy (CE) as a more respectful solution for the environment, as well as a technically and economically sound one.

With a state of the art of CE in the CPW sectors, as well as the analysis of several projects in Europe, in dense or rural areas, and concerning public works or finishing works materials, this study demonstrates that actors of these sectors are, already today, working to develop holistic and profitable CE models. CE is no longer considered as a loop solely based on materials, that is integrated in traditional business models in a limited and opportunistic way, and along the lines of linear economy. It is now seen as a systemic approach, and therefore displays a fundamental role in construction projects.

The digitalization of construction tools (platforms, deconstruction tools...), the industrialization of processes, the generalization of strong requirements in calls for tenders, better flowing markets of deconstruction materials through the systematic characterization of the latter, and finally, appropriate training of the main actors of the sectors are seen as major next steps that will allow CE to become at least as competitive (if not more) as the traditional linear construction models. Selective deconstruction, excavated soils managed in a circular manner and finally the generalization of recycled concrete are identified as three profitable business models which will become widespread in the CPW sectors within a five-year time (2025).

KEY WORDS

Construction and public works sectors, circular economy, economic models, digitalization, industrialization, profitability, EPA Paris-Saclay, Société du Grand Paris, la Maillerie, Projet ZIN

Table des matières

INTRODUCTION	7
CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE DANS LE BTP	8
Retour sur le concept d'économie circulaire dans le BTP	8
1. Définition de l'économie circulaire	8
2. Enjeux de l'économie circulaire dans le BTP	9
2.1 Un fort potentiel pour une économie plus circulaire	9
2.2 Piliers de l'économie circulaire applicables au BTP	10
2.3 Freins identifiés spécifiques au BTP	12
2.4 Les impacts économiques de l'économie circulaire dans le BTP	14
Etat de l'art de l'économie circulaire dans le BTP	15
1. Vue générale par type de matériau	15
1.1 Synthèse des analyses par matériaux	18
1.2 Matériaux de Travaux Publics	19
1.3 Structure et gros œuvre	21
1.4 Enveloppe extérieure	24
1.5 Equipements techniques	25
1.6 Aménagement et finitions	26
2. Outils et projets d'économie circulaire identifiés	29
2.1 Synthèse des outils et initiatives	29
2.2 Description et analyse des outils et initiatives	29
BIBLIOGRAPHIE	40
CHAPITRE 2 : PROJETS D'ECONOMIE CIRCULAIRE DANS LES GRANDS PROGRAMMES D'AMENAGEMENT EN FRANCE ET EN EUROPE	42
Introduction	42
1. Objectifs	42
2. Méthodologie de l'analyse	42
Projet d'économie circulaire : les terres excavées du Grand Paris	46
1. Présentation des deux projets : EPA Paris-Saclay et la Société du Grand Paris	46
1.1 Genèse et objectifs du projet	46
1.2 Le périmètre du projet	47
1.3 Genèse et objectifs du projet	49
1.4 Intégration de l'économie circulaire	50
2. Présentation détaillée des acteurs	52
3. Notre analyse du projet	55

3.1	Aspects novateurs de la démarche	55
3.2	Bénéfices économiques, environnementaux et organisationnels.....	55
3.3	Rentabilité et répliquabilité du projet.....	58
4.	Freins et leviers identifiés	60
	Projet d'économie circulaire : le chantier de la Maillerie.....	62
1.	Présentation du projet	62
1.1	Genèse et objectifs du projet.....	62
1.2	Le périmètre du projet	64
1.3	chronologie.....	65
1.4	Intégration de l'économie circulaire	66
2.	Présentation détaillée des acteurs.....	66
3.	Notre analyse du projet	67
3.1	Aspects novateurs de la démarche	67
3.2	Bénéfices économiques environnementaux et organisationnels.....	69
3.3	Rentabilité et répliquabilité du projet.....	69
4.	Freins et leviers identifiés	70
	Projet international d'économie circulaire : le projet ZIN à Bruxelles.....	73
1.	Présentation du projet	73
1.1	Genèse et objectifs du projet.....	73
1.2	Le périmètre du projet	74
1.3	Chronologie.....	75
1.4	Intégration de l'économie circulaire	76
2.	Présentation détaillée des acteurs.....	77
3.	Notre analyse du projet	78
3.1	Aspects novateurs de la démarche	78
3.2	Bénéfices économiques, environnementaux et organisationnels.....	78
3.3	Rentabilité et répliquabilité du projet.....	79
4.	Freins et leviers identifiés	80
	CHAPITRE 3 : TROIS MODELES D'ECONOMIE CIRCULAIRE.....	81
	Introduction	81
1.	Objectifs	81
2.	Sélection des boucles	81
3.	Méthodologie.....	82
	Boucle d'économie circulaire : les terres excavées.....	83
1.	Présentation générale	83
2.	Le modèle économique	84

2.1	Présentation des modèles d'économie linéaire et circulaire.....	84
2.2	Répartition et évolution des coûts.....	86
2.3	Bénéfices économiques- Impacts sur les acteurs.....	87
3.	Freins et leviers identifiés.....	89
	Boucle d'économie circulaire : la déconstruction sélective.....	89
1.	Présentation générale.....	89
2.	Le modèle économique.....	91
2.1	Présentation des modèles d'économie linéaire et circulaire.....	91
2.2	Répartition et évolution des coûts.....	94
2.3	Bénéfices économiques- Impacts sur les acteurs.....	97
3.	Freins et leviers identifiés.....	97
	Boucle d'économie circulaire : le béton recyclé.....	98
1.	Présentation générale.....	98
2.	Le modèle économique.....	99
2.1	Présentation des modèles d'économie linéaire et circulaire.....	99
2.2	Répartition et évolution des coûts.....	101
2.3	Bénéfices économiques- Impacts sur les acteurs.....	103
3.	Freins et leviers identifiés.....	104
	CONCLUSIONS.....	105
1.	Synthèse de l'état de l'art.....	105
2.	Quelle place pour l'économie circulaire dans le BTP aujourd'hui ?.....	106
3.	Synthèse des freins identifiés.....	106
4.	Enseignements et opportunités.....	107

Introduction

Le BTP représente le secteur le plus consommateur de ressources et le premier producteur de déchets, avec 81% des déchets français générés¹, impliquant des conséquences environnementales majeures. En plus des moyens énergétiques significatifs pour manipuler des matériaux pondéreux, les matériaux de construction, notamment minéraux tels que le sable, les graviers et les roches concassées représentent la moitié des matières premières consommées dans le monde². D'après les scénarios de l'OCDE, l'augmentation de la population et le développement économique vont générer une augmentation de l'utilisation globale de ressources, et en particulier, de la consommation de matériaux de construction, qui double à l'horizon 2060. Dans un contexte de changement climatique et d'épuisement des ressources, une transition à l'économie circulaire est donc indispensable pour limiter l'utilisation de ressources, mais aussi pour en assurer une gestion plus efficace.

Les activités du BTP sont aussi fortement génératrices de déchets : en France, 227,5 millions de tonnes de déchets ont été générées par les activités de construction en 2014³, ce qui représente 81% de l'ensemble des déchets français. Ces déchets proviennent presque en totalité des chantiers, et si 23% d'entre eux sont réutilisés d'autres chantiers, il reste 31% du gisement qui n'est pas valorisé⁴.

Au-delà du caractère fini des ressources, qui sont de plus en plus difficilement mobilisables à cause de leur disponibilité (dans le cas des granulats par exemple) et des distances d'acheminement (par exemple des ressources locales en eau), cette augmentation a d'importantes conséquences environnementales. Par exemple, les processus d'extraction et de fabrication du béton sont la cause de 9% des émissions globales de gaz à effet de serre. La phase de chantier est aussi émettrice mais à une moindre mesure : les activités de construction ont représenté 3% des émissions totales de toute l'industrie française en 2013. Ainsi, les émissions de gaz à effet de serre, généralement concomitant à une grande consommation d'énergie fossile, sont une conséquence quasi-directe de l'exploitation de matières premières. Le BTP peut également, selon le contexte, présenter une menace envers la biodiversité et les écosystèmes (artificialisation des sols, perte de couvert végétal, destruction d'habitats naturels, etc.). Toutefois, ces menaces locales sont à l'échelle de l'UE prises en compte par le biais de réglementations européennes ou nationales : ainsi, des zones ont été définies interdites à la construction (zones protégées, réserves, sites Natura 2000), et des études d'impact doivent être conduites en amont de tout projet avec, le cas échéant, implémentation de mesures de mitigation ou de compensation idoines.

Il existe donc un intérêt non négligeable pour le BTP d'adopter des démarches d'économie circulaire, grâce à **l'industrialisation**, qu'elle ne manquera pas de provoquer dans ce secteur, par des procédés comme la numérisation, l'automatisation et de nouveaux processus d'organisation. Il existe donc ici un parallèle clair avec le processus d'industrialisation classique, et donc on peut affirmer que mettre en œuvre des démarches d'EC présente un intérêt concurrentiel pour les entreprises du secteur ainsi que pour les acteurs publics, puisqu'elles permettent une meilleure prise en charge et gestion des déchets et des ressources. Par ailleurs, l'EC a le potentiel de se déployer à grande échelle au sein du BTP, puisqu'il s'agit par nature d'un secteur qui concerne l'économie dans son ensemble, ainsi que le territoire tout entier.

¹ Déchets Chiffres-Clés - L'essentiel 2018, ADEME (Mars 2019).

² D'après le rapport *Global Material Resources Outlook to 2060 – Economic drivers and environmental consequences*, de l'OCDE (Oct. 2018).

³ Source : Déchets Chiffres-Clés - L'essentiel 2018, ADEME (Mars 2019).

⁴ Source : Le recyclage des déchets produits par l'activité de BTP en 2014, Commissariat général au développement durable (Oct. 2018).

Chapitre 1 : Etat de l'art de l'économie circulaire dans le BTP

Retour sur le concept d'économie circulaire dans le BTP

1. Définition de l'économie circulaire

Le modèle économique aujourd'hui évolue peu à peu vers la circularité, avec les réminiscences d'un système linéaire, qui commence lors de l'extraction ou l'exploitation de ressources, puis se poursuit avec la production, la consommation et enfin se termine avec la gestion des déchets. Le principe d'économie circulaire s'oppose au modèle économique actuel, en proposant de boucler la première et la dernière étape, afin de limiter la pression sur les ressources tout en réduisant les impacts environnementaux liés à la quantité de déchets générés.

Ainsi, comme le définit le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, il s'agit d'un modèle économique « dont l'objectif est de produire des biens et des services de manière durable », qui s'organise autour de trois domaines d'action et de sept piliers. Chaque domaine d'action correspond à une étape du modèle économique : l'offre de biens et de services au niveau de la production, la demande et le comportement lors de la consommation, et la gestion des déchets qui, avec le bouclage⁵, deviennent aussi des ressources.

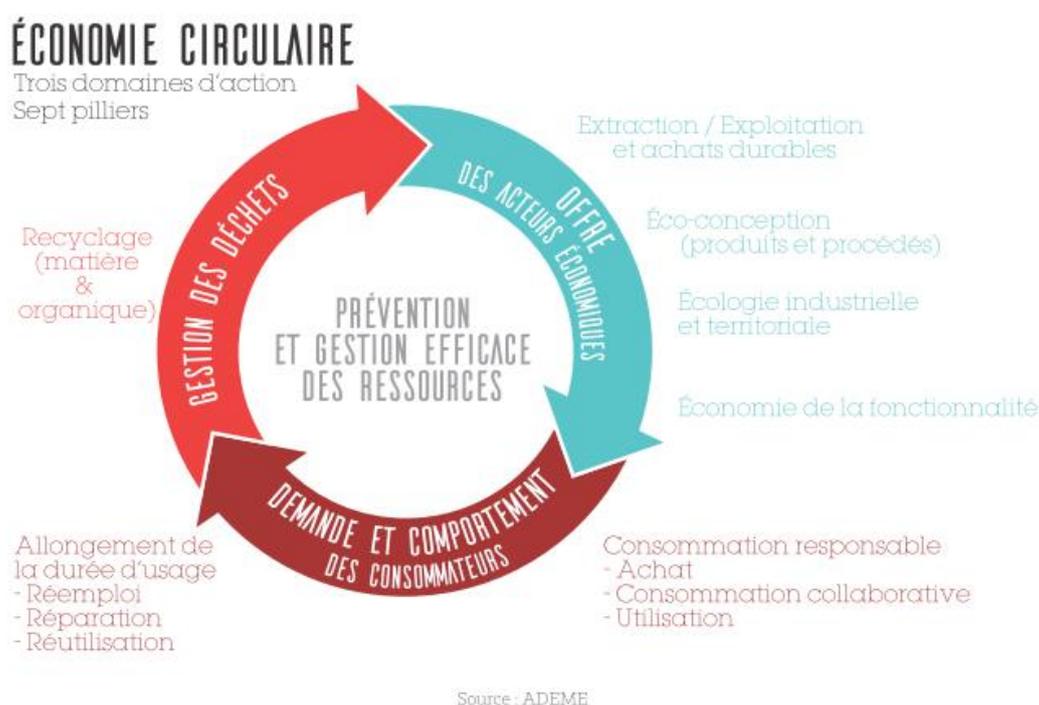


Figure 1 : Schéma des trois domaines d'action et sept piliers de l'économie circulaire⁶

Les trois domaines d'action se divisent en sept piliers :

- Dans l'offre de biens et de services, les acteurs économiques peuvent modifier leur modèle de production à travers quatre piliers :

⁵ A noter qu'il ne s'agit pas toujours d'un bouclage parfait : les matériaux ne retrouvent pas toujours leur usage premier mais peuvent être reconditionnés à de nouvelles utilisations.

⁶ Source : rapport Economie Circulaire, un atout pour relever le défi de l'aménagement durable des territoires de l'ADEME (Nov. 2018).

- L'approvisionnement durable de la production, via l'extraction ou l'exploitation limitée et efficace de ressources (matières premières, eau, énergie), ou via des achats durables,
 - La minimisation des impacts environnementaux d'un bien ou d'un service dans l'ensemble de son cycle de vie, de la production à la fin de vie, à travers l'écoconception,
 - L'écologie industrielle et territoriale, qui permet de mutualiser les ressources et les besoins de différents acteurs économiques d'un même territoire,
 - L'économie de la fonctionnalité, qui propose une offre de biens et de services basée sur l'usage et non sur la possession.
- Les consommateurs peuvent agir à travers leur demande et leur comportement, via :
 - La consommation responsable, basée sur la prise en compte des impacts environnementaux liés à la consommation d'un produit, et de la pertinence ou nécessité d'acheter,
 - Le recours au réemploi et à la réutilisation, afin d'allonger la durée d'usage des produits.
 - Enfin, les déchets peuvent être transformés en matières premières, qui peuvent fournir à nouveau la production, par :
 - Le recyclage, qui permet de transformer les produits et de les faire passer du statut de déchet au statut de ressources.

Les nouveaux modèles économiques basés sur les piliers de l'économie circulaire peuvent, au-delà de leurs impacts positifs sur les ressources et l'environnement, être aussi créateurs d'activité économique et d'emplois durables et non délocalisables⁷, par exemple dans le réemploi et la réutilisation, ou le recyclage.

2. Enjeux de l'économie circulaire dans le BTP

2.1 UN FORT POTENTIEL POUR UNE ECONOMIE PLUS CIRCULAIRE

Au vu des raisons exposées plus haut, cette étude prend le parti de se pencher prioritairement sur les flux de matière première et de déchets.

Le secteur présente ainsi un fort potentiel pour une transition vers l'économie circulaire, tout particulièrement à travers les piliers liant la prévention et la gestion des déchets à l'exploitation et l'extraction de ressources.

⁷ 800 000 emplois équivalent temps plein (ETP), d'après la note d'analyse L'économie circulaire, combien d'emplois ? de France Stratégie (Avril 2016).

2.2 PILIERS DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE APPLICABLES AU BTP

Tableau 1 : Synthèse des objectifs d'économie circulaire à chaque étape du cycle de vie d'un bâtiment ou d'un ouvrage d'art

Phase du projet Leviers de l'EC	Conception	Construction	Usage	Fin de vie
Extraction / Exploitation et achats durables	Choisir des matériaux durables (biosourcés, recyclés, réutilisables ou réutilisés etc)	Utiliser efficacement les ressources		
Éco-conception	Concevoir un bâtiment durable à faible impact environnemental	Techniques constructives efficaces (conso matières et énergie)	Conception multi-usages, produits/équipements réparables	Concevoir avec des systems constructifs démontables
Ecologie industrielle et territoriale	Gestion dynamique des flux pour le réemploi/réutilisation des matériaux	Chercher les synergies et échanges possibles et mutualiser les flux	Récupération d'énergie fatale (eaux usées), autoconsommation d'énergie renouvelable	Organiser les flux avec les plateformes pour le réemploi/réutilisation
Economie de la fonctionnalité	Prévoir des espaces partagés et multi-usages	Préférer la location à l'achat	Utiliser des espaces partagés	
Consommation responsable	Suivi des consommations sur le chantier	Proposer des produits de réemploi/réutilisation dans les projets d'aménagement	Avoir un usage efficace et limité des ressources (énergie, eau)	Organiser le réemploi/réutilisation des produits et matériaux
Allongement de la durée d'usage	Prévoir les évolutions, la modularité, et la déconstruction du bâtiment		Entretien, maintenir, réparer et rénover le bâtiment	Proposer les produits de déconstruction au réemploi/réutilisation
Recyclage	Choisir des matériaux de construction recyclables	Techniques constructives évitant le mélange des matériaux	Maintenance et depollution préventive	Identifier les filières de recyclage

Au vu du fort potentiel des activités de construction, certaines institutions françaises⁸ et internationales⁹ se sont intéressées à la question de l'application des principes de l'économie circulaire au secteur du BTP. En effet, de nombreux piliers sont directement applicables aux activités de construction et d'usage des bâtiments. En premier lieu, avant la phase de construction, l'**éco-conception** (pilier 2 de l'ADEME) peut permettre de réduire les impacts environnementaux générés tout au long de la durée de vie et d'usage du bâtiment, mais aussi de faciliter la mise en place des autres piliers de l'économie circulaire :

- Par une conception durable, qui peut correspondre par exemple à des objectifs d'efficacité énergétique afin de réduire la consommation d'énergie lors de l'usage du bâtiment, ou à des objectifs d'utilisation de matières recyclées lors de sa construction,
- Mais aussi en pensant à l'**allongement de la durée de vie du bâtiment**, en assurant la pérennité de l'usage du bâtiment (par exemple en choisissant des produits et équipements de bonne qualité, ou en prévoyant les réparations et la maintenance nécessaires afin de repousser l'obsolescence),
- En prévoyant la possibilité de changement d'usage du bâtiment, et en concevant des bâtiments évolutifs dont les structures sont modifiables et adaptables, par exemple en séparant les couches fonctionnelles (structure, espace, fluides) du bâtiment pour pouvoir les modifier indépendamment,
- Et enfin en imaginant la déconstructibilité du bâtiment, afin de pouvoir déconstruire un bâtiment sans que les produits et équipements qui le composent ne soient endommagés, et puissent être réutilisés ou réemployés sur d'autres chantiers de construction, afin d'**allonger la durée de vie des matériaux et équipements**.

L'idée générale de l'écoconception dans le domaine de la construction est, au-delà de planifier les phases de construction et d'usage de manière durable, de penser à l'allongement de la durée de vie du bâtiment et des

⁸ Exemple : L'économie circulaire, tremplin du bâtiment durable pour tous 15 leviers pour agir - Cadre de définition de l'économie circulaire dans le bâtiment, Alliance HQE (Mai 2016).

⁹ Exemple : *Shaping the Future of Construction : A Breakthrough in Mindset and Technology*, World Economic Forum (Oct. 2018).

matériaux qui le composent. A titre d'exemple sur ce deuxième aspect, la ville d'Amsterdam développe le *smart design* en construisant des bâtiments flexibles : des habitations adaptables à la taille du foyer ou des bâtiments modulaires qui peuvent changer de fonction. L'éco-conception peut également permettre d'intégrer plusieurs enjeux environnementaux, dont notamment la biodiversité, en réfléchissant en amont à la place de la nature au sein des villes.

Ensuite, différents piliers peuvent être appelés lors de la phase de chantier de construction :

L'**approvisionnement durable** (pilier 1) permet de limiter l'extraction et l'exploitation des ressources et de réduire le gaspillage, par exemple en préférant les matériaux en matière recyclée aux matériaux vierges, ou en choisissant des produits et équipements disposant de certifications environnementales. La Fédération Française du Bâtiment donne l'exemple des Charpentiers de l'Atlantique, entreprise spécialisée dans les bâtiments en bois, dont les fournisseurs respectent les engagements du Programme Européen des Forêts Certifiées (PEFC), et dont 80% des approvisionnements sont issus de forêts françaises¹⁰. Les matériaux biosourcés sont également une solution d'approvisionnement durable qui se développe de plus en plus. Cependant, l'approvisionnement durable d'un chantier passe aussi par la mise en place d'autres piliers :

L'**économie industrielle et territoriale** (EIT – pilier 3) renforce l'approvisionnement durable d'un chantier de construction : grâce à une meilleure connaissance des gisements et les potentialités sur le territoire et par la recherche de synergies possibles (par exemple, par l'identification de chantiers de démolition alentours et en étudiant le potentiel de réemploi et de réutilisation des produits de déconstruction sur d'autres chantiers, ou bien par la mutualisation de matériel de chantier). La ville d'Amsterdam propose, dans le cadre d'une transition à l'économie circulaire, la création d'une banque de matériaux en ligne, afin de relier l'offre et la demande de matériaux existantes entre les différents acteurs de la construction et de la démolition.

L'**économie de la fonctionnalité** (pilier 4) permet de limiter les achats, en préférant la location de biens ou de services, comme par exemple les engins de chantier.

La transition à l'économie circulaire lors de la phase de chantier passe principalement par une utilisation limitée et efficace des ressources : que ce soit en privilégiant les matériaux durables, en optimisant les échanges de matériaux pour le réemploi et la réutilisation et la mutualisation du matériel, ou en préférant la location à l'achat. C'est le cas d'offres existantes d'éclairage ou de chauffage, qui proposent à l'occupant de payer pour une prestation définie, charge au prestataire d'optimiser la maintenance et la durée de vie de ses équipements.

Lors de l'usage des bâtiments, l'**allongement de la durée d'usage ou de vie du bâtiment** (pilier 6) est possible par des opérations de rénovation, de réparation et de maintenance, soit pour maintenir un même usage, soit pour modifier la fonction d'un bâtiment. Ces opérations sont d'autant plus pertinentes et efficaces si le bâtiment a été au préalable conçu pour une durée de vie longue, par l'écoconception.

De même, la **consommation responsable** (pilier 5) lors de l'usage d'un bâtiment, via un usage efficace de l'espace et des économies d'énergies ou d'eau, est possible si le bâtiment a été écoconçu. On pense également à la production et à l'autoconsommation d'énergies renouvelables.

Enfin, la fin de vie d'un bâtiment est une phase importante pour une transition à l'économie circulaire :

L'**allongement de la durée de vie des matériaux**, via le réemploi et la réutilisation, est possible par une déconstruction sélective, notamment en réalisant un diagnostic ressources du chantier de déconstruction, et en planifiant la déconstruction de façon à ce que les produits et équipements puissent être réemployés et réutilisés au fur et à mesure. Par exemple, l'un des grands magasins de l'entreprise Galeries Lafayette a fait l'objet d'une déconstruction dont 80% des déchets ont été recyclés : en démontant chaque produit ou équipement tour à tour, et en identifiant les filières de traitement et de valorisation adaptée (par exemple, l'éco-organisme Valdelia pour le recyclage du mobilier de magasin).

Le **recyclage** (pilier 7) des matériaux est facilité par l'identification de points de collecte ou d'installation de recyclage à proximité du chantier, mais aussi par le choix de matériaux recyclables lors de la conception du bâtiment.

L'objectif principal lors de la fin de vie d'un bâtiment est de réduire au maximum la production de déchets, en optimisant la phase de déconstruction afin que les déchets puissent être réemployés, réutilisés ou recyclés. La traçabilité des déchets est également un enjeu fort qui va impacter la façon de travailler de la filière. En effet, le manque de traçabilité des déchets aujourd'hui (hors déchets dangereux) implique une mauvaise

¹⁰ Source : Le bâtiment à l'heure de l'économie circulaire, Fédération Française du Bâtiment (2016).

connaissance du gisement et du vrai prix des matériaux. Une partie des volumes échappe aux différentes filières de gestion des déchets (notamment au travers des décharges sauvages) et participe à la formation d'un prix peu élevé au niveau économique.

Nous pouvons résumer l'ensemble des leviers d'actions dans une grille (tableau 1), qui classe les actions en fonction du levier d'économie circulaire et de la phase du projet. Cette grille d'analyse met en évidence le fait que la majorité des actions possibles se prévoient dès la phase de la conception du projet, d'où l'importance de l'éco-conception.

2.3 FREINS IDENTIFIES SPECIFIQUES AU BTP

Certaines initiatives d'économie circulaire émergent dans les entreprises du bâtiment et dans les collectivités, lorsque le marché en donne l'opportunité (par exemple, le traitement à la chaux ou liant hydraulique pour les déblais) ou bien pour les matériaux à forte valeur ajoutée et les gisements significatifs, comme les matériaux patrimoniaux (matériaux anciens présentant un intérêt scientifique ou culturel) ou les agrégats d'enrobés. Cependant, de nombreux freins à la mise en place des bonnes pratiques demeurent. Il est par ailleurs important de noter que le rôle du donneur d'ordres (instance politique dans la majorité des cas) est primordial et doit être mis en avant, puisque c'est ce dernier qui permettra la mise en œuvre des démarches d'EC. En effet, les entités publiques doivent d'une part émettre l'obligation d'intégrer des éléments d'EC dans les projets de construction, et d'autre part, peuvent débloquer des aides importantes afin de mettre en place des projets expérimentaux. On peut alors imaginer que la contrepartie de l'aide pour les maîtres d'ouvrages soit de remonter (auprès d'instances comme l'ADEME, par exemple), les bilans (économiques, environnementaux), dans le but de mutualiser et rendre publics les retours d'expérience, afin de valoriser les différents modèles. **L'absence d'obligations de tous les donneurs d'ordre d'intégrer l'EC représente donc le principal frein à la diffusion de l'EC dans le secteur du BTP.**

Un besoin de R&D et de formation

Comme souligné précédemment, un pilier essentiel à la transition à l'économie circulaire dans le secteur du BTP est l'écoconception des bâtiments, qui permet d'assurer la durabilité de l'usage des bâtiments et de faciliter la mise en place d'autres initiatives. Cependant, concevoir des bâtiments évolutifs et déconstructibles nécessite de l'innovation, par des moyens de R&D, mais aussi une montée en compétence des acteurs de la construction sur ces nouveaux modes de conception. Un frein important à l'écoconception est le manque de sensibilisation des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre aux problématiques de gaspillage et de surexploitation des ressources, ainsi que les habitudes et la méconnaissance des différentes pratiques de l'économie circulaire, que l'écoconception pourrait permettre. Une formation des différents acteurs du secteur à l'économie circulaire pourrait leur permettre de mieux anticiper le cycle de vie du bâtiment, et ainsi inciter à l'écoconception.

Des freins réglementaires, normatifs ou assurantiels

L'approvisionnement durable avec des matériaux recyclés, et le recours à la réutilisation signifie que les matériaux utilisés sont passés par le statut de déchet avant de redevenir des matériaux de construction. Cependant, les définitions légales de la sortie du statut de déchet peuvent compliquer la mise en place de ces pratiques, en posant des problèmes à la fois réglementaires, qui peuvent être amplifiés par le manque de traçabilité des déchets dans le secteur. Certains freins à ces bonnes pratiques sont aussi d'origine assurantielle : le manque de connaissances et les problèmes de réglementation des pratiques de réemploi ou de réutilisation posent des difficultés pour faire assurer les projets. De plus, les tests de caractérisation supplémentaires qui doivent être appliqués aux matériaux réemployés pour s'assurer de leur conformité aux normes en vigueur génèrent des coûts supplémentaires, et constituent un frein au réemploi. Par ailleurs, il est important de noter que l'extraction et la logistique au sein du secteur de l'extraction des matières premières n'intègrent pas les contraintes ni les coûts du développement durable.

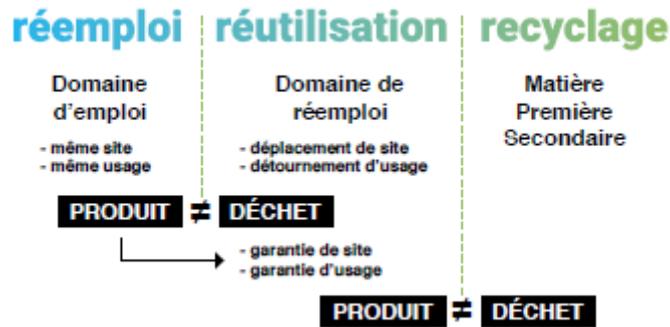


Figure 2 : Différence dans le statut des matériaux entre réemploi, réutilisation et recyclage¹¹

Des filières de réemploi, réutilisation et de recyclage difficiles à identifier

Le secteur du BTP étant fortement consommateur de ressources et gros producteur de déchets, le bouclage des flux de matériaux entre les chantiers de démolition et de construction est essentiel à la transition vers l'économie circulaire. Pourtant, la mise en place de bouclage est actuellement difficile, notamment à cause de l'absence d'un système de mise en relation de l'offre et de la demande de matériaux de construction, ou des possibilités de mutualisation. En outre, il existe un maillage territorial insuffisant en points de collecte des déchets et installations de valorisation, surtout en milieu urbain, et les points existants permettent rarement le tri sélectif des déchets en vue d'un recyclage. Il est néanmoins important de noter que les centres de tri des déchets du BTP sont de plus en plus nombreux sur l'ensemble du territoire français¹².

Des freins économiques

Le BTP est un secteur avec des marges modérées et pour lequel le coût du chantier est un élément clé de compétitivité, or certaines initiatives génèrent un coût supplémentaire par rapport aux pratiques existantes. Premièrement, au niveau de la gestion des déchets, le recyclage des déchets inertes, tels que les granulats, coûte beaucoup plus cher que l'enfouissement. Deuxièmement, au niveau de l'approvisionnement durable, le recyclage des matériaux a aujourd'hui un coût plus élevé que l'extraction de nouvelle matière première¹³.

L'absence d'incitation publique et de concertation

Les freins cités précédemment sont accentués par l'absence de stimulus public pour amorcer la démarche vers une économie circulaire, au-delà même de la réglementation et des normes qui sont à modifier : des freins tels que le maillage territorial insuffisant de points de collecte de déchets du BTP ou les coûts trop élevés du recyclage pourraient être surmontés à l'aide d'initiatives publiques comme la création de points de collecte, la structuration de filières de recyclage, l'obligation d'utilisation de matériaux recyclés dans les cahiers des charges des appels d'offre public, ou l'incitation économique au recyclage. De plus, une concertation entre les différents acteurs du secteur de la construction est nécessaire, afin de mettre en place des initiatives communes, et s'accorder sur des mesures réalisables pour tous¹⁴.

Une vision trop cloisonnée de la boucle qui ne permet pas d'anticiper

La transformation du BTP vers une économie circulaire sera d'autant plus complexe que les acteurs de la filière auront du mal à se défaire de leurs habitudes du *business as usual*. Un réel travail de conduite du changement devra être effectué auprès des professionnels sur l'ensemble du secteur. Un des freins identifiés concerne la vision parcellaire que chaque acteur a de l'ensemble de la boucle de flux et de matières. Dans l'économie linéaire le bâtisseur n'a pas à se préoccuper de l'origine des matériaux, ni de leur devenir en fin de vie. Ce cloisonnement de la chaîne de valeur empêche une vision holistique, et occulte les potentiels leviers d'économie circulaire (approvisionnement durable, éco-conception, modularité, etc.). Le recyclage et la gestion de la fin de vie des matériaux, e.g. via le diagnostic déchets, sont des exemples de pratique n'intervenant qu'en fin de processus sans avoir été prévus par les acteurs plus en amont. L'identification des

¹¹ Source : Comment mieux déconstruire & valoriser les déchets du BTP, OREE (2018).

¹² <http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr/>

¹³ D'après le rapport *Global Material Resources Outlook to 2060 – Economic drivers and environmental consequences*, de l'OCDE (Oct. 2018).

¹⁴ D'après <https://www.batiweb.com/actualites/eco-construction/feuille-de-route-economie-circulaire-le-btp-souhaite-plus-de-concertation-2019-06-18-34834>

opportunités d'économie circulaire nécessite une anticipation dès l'étape de montage du projet et une vision transversale de la construction et de sa durée de vie. Idéalement, l'identification des opportunités d'EC devrait se planifier lors du montage du projet, l'évolution du diagnostic déchets vers un diagnostic ressources pourrait être un bon outil de transformation de la filière.

Une coordination des acteurs à l'échelle territoriale encore à engager

A ce manque d'intégration verticale, s'ajoute un manque d'ouverture horizontale : la vision chantier par chantier en huis clos du modèle en place, peine à se transformer vers une vision à 360° territoriale et industrielle. Il y a un manque de concertation et de coordination entre les acteurs, qui éclipsent les opportunités de synergie entre chantiers concomitants (échanges de matière, bouclage des flux, partage d'outils, etc.). Un besoin de fédération est identifié, sans responsable attribué à ce jour.

2.4 LES IMPACTS ECONOMIQUES DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE DANS LE BTP

Dans le contexte socio-économique actuel, la question des conséquences économiques, en termes de création de richesse et d'emplois, d'une transition vers l'économie circulaire prend une place importante. Cependant, si de plus en plus d'études d'impacts économiques existent sur les leviers de gestion des déchets, notamment le recyclage, peu d'études ont été réalisées sur les leviers possibles dans le domaine du BTP. Concernant les filières de matériaux, quelques études réalisent un état des lieux économique des filières concernées par la transition vers l'économie circulaire : la filière d'extraction et d'exploitation des matériaux minéraux par exemple¹⁵, ou encore la filière de production de matériaux biosourcés¹⁶. Ces études présentent les caractéristiques économiques des filières de matériaux, tels que le nombre d'emplois ou le chiffre d'affaire générés, qui peuvent constituer une base pour une analyse prospective de l'évolution. Cependant, elles ne présentent pas à ce jour de résultats d'analyse économique de la mise en place de leviers d'économie circulaire au sein de ces filières.

Dans la recherche académique, les études existantes s'intéressent aux actions de recyclage et à la production de matériaux de construction recyclés, et notamment à la viabilité économique des installations de recyclage de déchets de construction et de démolition. Dans la plupart des cas, les résultats démontrent des effets économiques positifs¹⁷, c'est-à-dire que les investissements pour la création d'une installation de recyclage et son exploitation sont rentables. Cependant, dans certains cas, la viabilité économique est conditionnelle à plusieurs facteurs : la possibilité de réaliser des économies d'échelle, la localisation géographique, ou bien le niveau d'automatisation de l'installation. Une étude de 2017 démontre par exemple que les installations de petite échelle (dont la capacité de traitement est inférieure à 100 000 tonnes par an) ne sont pas économiquement viables, mais que les installations moyennes (à partir de 300 000 tonnes par an) peuvent être rentables voire générer un profit.

¹⁵ Prospective : Marché actuel et offre de la filière minérale de la construction et évaluation à échéance de 2030, DGE/PIPAME (2016).

¹⁶ Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction - Etat des lieux économique du secteur et des filières, Nomadéis (2017).

¹⁷ D'après l'article *Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review*, P. Ghisellini, M. Ripa, S. Ulgiati, *Journal of Cleaner Production* (Nov. 2017).

Etat de l'art de l'économie circulaire dans le BTP

Une vision théorique de l'économie circulaire dans le bâtiment et les travaux publics est représentée dans le schéma de flux ci-dessous. Il s'agit de créer des boucles de réemploi, réutilisation et recyclage dans le schéma d'économie actuel sur l'ensemble des matériaux. Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes principalement concentrés sur les flux de matériaux, qui semblent les plus importants en termes de coût et de quantité pour le secteur du BTP¹⁸.

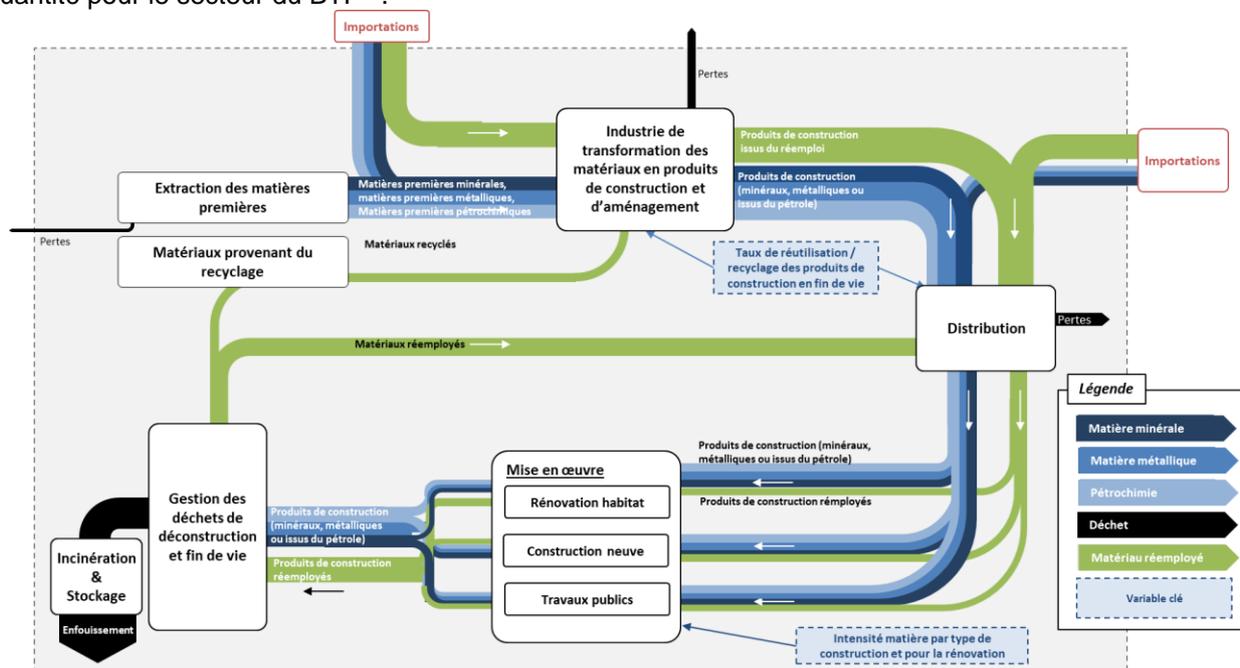


Figure 3 : Modélisation des flux de matières dans le secteur du BTP

1. Vue générale par type de matériau

Dans le cadre de ce rapport, une analyse de la mise en œuvre actuelle de l'économie circulaire dans le secteur du BTP a été réalisée. Cette analyse s'est basée sur une approche par matériau afin d'évaluer le niveau de maturité des boucles existantes sur chaque catégorie de matériau mais également les freins et leviers. La catégorisation suivante est proposée, basée sur la classification des métiers de la Fédération Française du Bâtiment (FFB) et de la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP) notamment.

- **Travaux publics** : comprend l'ensemble des matériaux, principalement inertes, utilisés dans les travaux publics tels que les enrobés, les granulats, les terres et remblais, etc.
- **Structure et gros œuvre** : comprend les matériaux nécessaires à la construction de la structure d'un bâtiment, tels que le béton, le bois, la brique, l'acier, etc.
- **Enveloppe extérieure** : comprend l'ensemble des matériaux utilisés sur l'enveloppe extérieure tels que les menuiseries, les membranes d'étanchéité, les isolants, les vitres, etc.
- **Equipements techniques** : comprend tous les équipements techniques utilisés dans les bâtiments, tels que les équipements électriques (câbles, prises, éclairage...), les installations de chauffage et climatisation, les canalisations de distribution d'eau et de gaz, etc.
- **Aménagements et finitions** : comprend l'ensemble des matériaux nécessaires aux aménagements et finitions dans les bâtiments, tels que la moquette, la peinture, le plâtre, le carrelage, les tuiles etc.

¹⁸ A l'échelle de la Région de Bruxelles, la construction consomme 1/3 des matériaux entrants sur le territoire et produit environ 1/3 des déchets sortants de la Région, alors qu'elle ne consomme qu'une petite fraction d'énergie et d'eau par rapport au total régional, d'après le rapport *Economie circulaire dans le secteur de la construction à Bruxelles : état des lieux, enjeux et modèle à venir*, Bruxelles Environnement (Oct. 2017)

La catégorisation proposée est proche d'autres concepts, comme celui introduit par l'architecte Frank Duffy dans les années 1970 puis développé par Stuart Brand dans les années 1990, appelé « *building in layers* » ou « couches d'un bâtiment ». Ce concept suppose que les bâtiments sont constitués de différentes couches séparées, mais connectées entre elles, chacune d'entre elle avec une durée de vie différente. Le modèle de Brand intègre 6 couches : le site, la structure, l'enveloppe extérieure « skin », les services, l'aménagement intérieur et les finitions « *space* » et les équipements techniques et informatiques « *stuff* ». Une couche additionnelle, le système, a été ajoutée, afin de pouvoir décrire les interactions entre les différents bâtiments au sein d'un quartier, d'une ville...

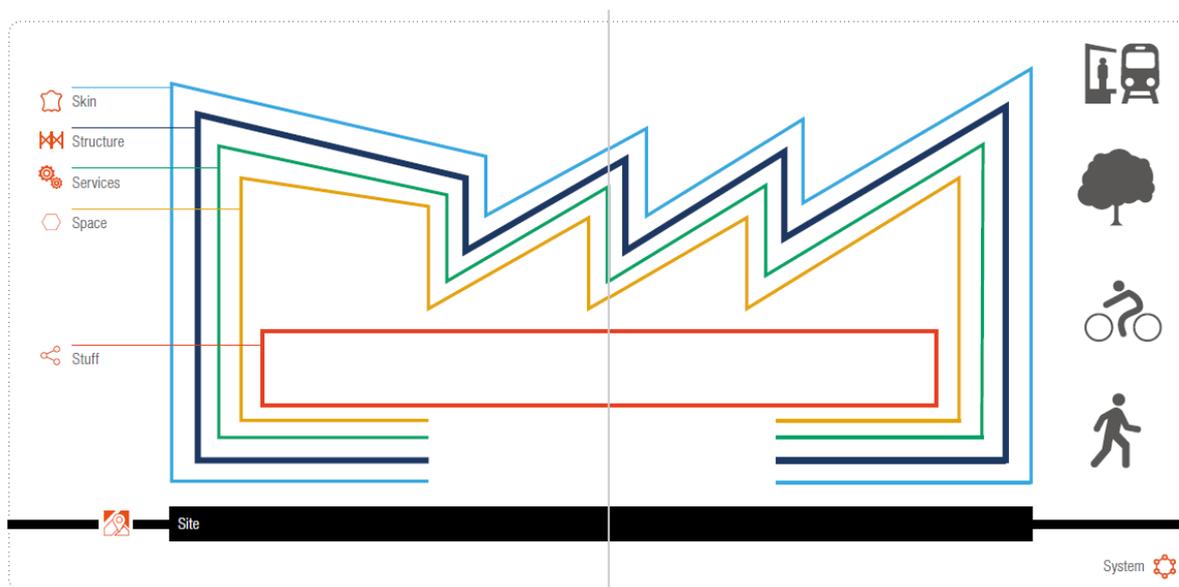


Figure 4 : Schéma explicatif du « 7S model » de S. Brand

Nous préférons cependant utiliser la classification inspirée de la FFB et de la Fntp car elle s'applique aussi bien aux travaux publics qu'aux bâtiments et permet quasiment la même finesse d'analyse que le modèle de S. Brand.

Chacune de ces catégories de matériaux génère des déchets, lors de la pose mais également (et surtout) lors de la réhabilitation ou de la démolition du bâtiment. Ces déchets sont organisés en trois catégories selon leurs propriétés :

- **Déchets non-dangereux inertes** : ils correspondent aux déchets qui ne se décomposent pas et ne brûlent pas. Il s'agit de la catégorie de déchets la plus importante en termes de volumes avec près de 211,2 millions de tonnes de déchets recensés en 2014 en France, soit plus de 90% du volume de déchets du BTP traités annuellement. Ces déchets comprennent notamment les bétons, briques, tuiles et céramiques, le verre, la terre et les cailloux ainsi que tous les déchets minéraux issus de démolition ou déconstruction. Ces déchets sont ainsi généralement issus des matériaux de travaux publics (par exemple, excavation de terre pour le terrassement) et de structure et gros œuvre (par exemple, béton issu de la démolition d'un bâtiment).
- **Déchets non-dangereux non-inertes** : ce sont des déchets très variés, présents partout dans le bâtiment, du plastique au bois en passant par le plâtre et les métaux. Ces déchets représentent un volume moins conséquent que les déchets inertes mais sont tout de même importants avec près de 13,2 millions de tonnes soit 6% des déchets du BTP traités en 2014 en France. Ils sont issus de toutes les phases de chantier (bois dans la structure et gros œuvre, menuiseries et isolants de l'enveloppe extérieure, canalisations en PVC des équipements techniques, et moquettes, plâtre, peinture des aménagements et finitions. Ces déchets peuvent être répartis en 4 sous-catégories selon la réglementation :
 - *Déchets de matériaux de construction* : bois non traité, plastiques issus des menuiseries, revêtements de sols et canalisations, métaux comprenant le laiton, le cuivre, l'aluminium, le

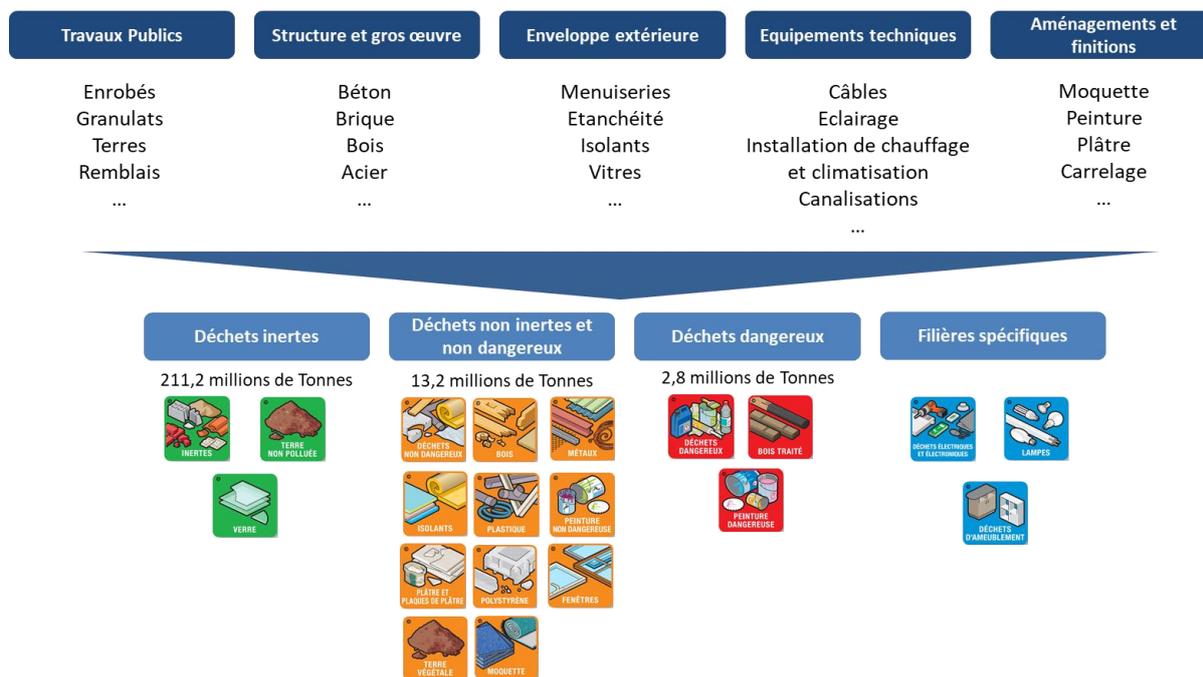
- plomb, le fer, etc., matériaux d'isolation non minéraux tels que le polystyrène expansé et le polyuréthane...
- *Produits de revêtements* : peinture et vernis sans solvants organiques et substances dangereuses
- *Emballages, absorbants, chiffons d'essuyage, matériaux filtrants* : non contaminés par des substances dangereuses
- *Matériaux de construction à base de gypse* : carreaux et plaques de plâtre...
- **Déchets dangereux** : ces déchets sont considérés comme dangereux et doivent faire l'objet de traitements spécifiques. Ils représentent près de 1% des déchets du BTP traités en 2014, avec 2,8 millions de tonnes recensées. Ils correspondent à tous les éléments et équipements contenant des traces d'amiante, de plomb ou toute autre substance présentant des risques pour la santé et l'environnement.

Certains déchets spécifiques sont gérés au sein d'une filière responsabilité élargie du producteur (REP). Ces déchets correspondent à 4 filières spécifiques :

- *Lampes* : tubes fluorescents, lampes à LED, lampes fluo-compactes, récupérées directement par Recylum.
- *Piles et accumulateurs* : comprend des déchets dangereux tels que les accumulateurs au plomb et piles contenant du mercure, mais également des déchets non dangereux comme les piles alcalines sans mercure, les piles et accumulateurs sans mercure, plomb ou Ni-Cd.
- *Déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE)* : correspond au matériel d'éclairage, instruments de surveillance et de contrôle, équipements de chauffage électriques et de ventilation, équipement informatique et bureautique, outillage électrique et électronique.
- *Déchets d'éléments d'ameublement* : comprend le mobilier de collectivité, de bureau, d'agencement de magasins ainsi que les meubles de cuisine, de salon, de salle de bains...

On peut noter que la réglementation prévoit une procédure de sortie de statut du déchet, mais limitée aux ICPE et aux IOTA soumis à la Loi sur l'eau. Par ailleurs, les bases législatives du diagnostic ressource ont été posées dans la loi contre le gaspillage et l'économie circulaire, ce qui devrait à l'avenir faciliter le réemploi sans devoir passer par le statut de « déchet ».

Les professionnels du BTP représentent ces catégories de matériaux et de déchets selon le schéma suivant :



Sources : Enquête « Déchets et déblais produits par l'activité de construction en 2014 », SOeS
Pictogrammes déchets, Fédération Française du Bâtiment

Figure 5 : Déchets et déblais produits par l'activité de construction en 2014

D'après une étude menée par l'ADEME sur 10 opérations de déconstruction entre 1999 et 2001, lors de la démolition ou déconstruction d'un bâtiment, les déchets inertes représentent en moyenne 80% à 99% des déchets générés, les déchets non inertes non dangereux représentent de 1% à 20% généralement issus du second œuvre et les déchets dangereux représentent moins de 1% de déchets générés, essentiellement de l'amiante, dans les bâtiments hors activités industrielles.

L'analyse menée dans le cadre de cette étude a été organisée par type de matériaux afin de bien étudier l'ensemble des leviers de l'économie circulaire (de la conception au recyclage des déchets, en passant par la prévention des déchets, la réutilisation et le réemploi).

1.1 SYNTHÈSE DES ANALYSES PAR MATÉRIAUX

La grille suivante présente une synthèse des observations par type de matériaux et par leviers de l'économie circulaire, selon l'ADEME.

On observe ainsi que les boucles semblent plus matures (en vert) pour le levier « recyclage », ainsi que, à moindre mesure, pour les leviers « extraction / exploitation et achats durables » et « allongement de la durée d'usage ». De plus, les leviers « économie de la fonctionnalité » et « consommation responsable » semblent les deux boucles les moins matures avec très peu d'initiatives identifiées sur ces sujets.

Par ailleurs, d'un point de vue matériaux, les matériaux de Travaux publics et de structure et gros œuvre semblent les plus avancés sur les leviers de l'économie circulaire. A contrario, les matériaux de l'enveloppe extérieure semblent moins matures sur l'ensemble des leviers de l'économie circulaire.

Tableau 2 : Synthèse des analyses par matériaux

Leviers de l'EC	Types de matériaux				
	Matériaux de Travaux Publics	Structure et gros œuvre	Enveloppe extérieure	Équipements techniques	Aménagements et finitions
Extraction / Exploitation et achats durables	Approvisionnement local dans la majorité des cas et forte proportion de matériaux recyclés	Remplacement par des matériaux recyclés dans la limite du réglementaire. Des distances d'approv. locales	Utilisation d'isolants naturels tels que le chanvre	Non identifié à ce stade	Offre de produits naturels mais peu visible
Éco-conception	Nombreux efforts d'éco-conception dans différents domaines (climat, ressources, ...)	Référentiels en cours de dvpt pour une construction en facilitant la déconstruction en fin de vie	Conception en facilitant le démontage et en choisissant des matériaux bas carbone	Industries de fabrication travaillent sur l'éco-conception de leurs produits	Industries de fabrication travaillent sur l'éco-conception de leurs produits
Ecologie industrielle et territoriale	Des synergies entre les carrières et les constructeurs au niveau territorial	Approvisionnement local pour une grande partie des matériaux	Initiative d'écologie industrielle et territoriale autour du chanvre	Non identifié à ce stade	Quelques exemples de projets avec déconstruction et réemploi des matériaux localement
Economie de la fonctionnalité	Non identifié à ce stade	Non identifié à ce stade	Non identifié à ce stade	Quelques services notamment pour l'éclairage et la chaleur	Non identifié à ce stade
Consommation responsable	Non identifié à ce stade	Non identifié à ce stade	Non identifié à ce stade	Travaux sur l'optimisation des équipements électriques / chauffage / ventilation	Non identifié à ce stade
Allongement de la durée d'usage	Allongement de la durée de vie des infrastructures de transport avec des rénovations régulières	Projets existants de réhabilitation du bâtiment en préservant la structure	Réutilisation de certains matériaux possibles mais peu développés	Réglementation sur la garantie et l'affichage de la durée de mise à disposition de pièces de rechange	Réemploi peu développé mais en cours de dvpt pour une partie des matériaux (meubles)
Recyclage	Recyclage des granulats et enrobés et intégration en boucle fermée, dans la limite du réglementaire	Quelques filières existantes de recyclage, plutôt bien développées	Quelques filières existantes de recyclage, peu développées	Filière REP (responsabilité élargie du producteur) existantes et fonctionnelles	Recyclage peu développé mais de nombreuses filières sont en cours de dvpt

LÉGENDE

- Boucle inexistante, aucune initiative n'a été identifiée
- Boucle peu mature mais des initiatives existent
- Boucle mature et globalement opérationnelle

1.2 MATERIAUX DE TRAVAUX PUBLICS

Comme précisé précédemment, les matériaux de Travaux Publics correspondent principalement à des matériaux inertes (enrobés, granulats, béton, terres, remblais), ainsi que quelques matériaux en plastique ou acier (canalisations) et câbles. Dans le cadre de cette catégorie, nous nous sommes concentrés sur les matériaux inertes consommés par les Travaux Publics, les autres types de matériaux pouvant être retrouvés dans d'autres catégories communes au Bâtiment.

Les déchets inertes de construction sont souvent réutilisés comme matériaux dans les Travaux Publics, notamment pour les sous-couches des routes et les voies de chemin de fer, ainsi que pour répondre aux besoins de remblaiement des chantiers et de réaménagement des carrières.

Aujourd'hui, 63% des déchets du secteur des Travaux Publics sont valorisés¹⁹, que ce soit réutilisés directement sur le chantier, par des plateformes de recyclage ou valorisés en carrière. L'objectif imposé par la loi de transition énergétique pour la croissance verte est de valoriser 70% des déchets du BTP en 2020. Un effort est donc encore à fournir pour améliorer la gestion et la réutilisation de ces déchets inertes.

¹⁹ MTEs (2017) « Enquête déchets et déblais 2014 : données sur les déchets inertes par nature de déchets (en millions de tonnes). »

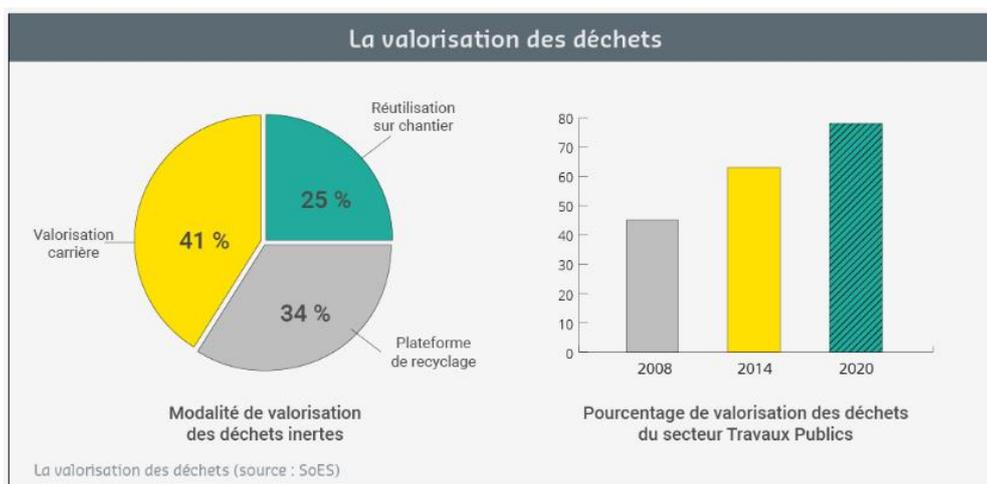


Figure 6 : La valorisation des déchets

Les matériaux des Travaux Publics sont souvent issus du recyclage (puisque 63% des déchets sont valorisés), notamment de déchets d'autres chantiers, et sont généralement issus de carrières ou de sites de proximité. Les terres excavées restent un problème, notamment avec la génération prévue de l'ordre de 45 millions de tonnes de déblais par les chantiers du Grand Paris en une dizaine d'années. Ce volume représente une augmentation annuelle de 10% à 20% de la production totale de déchets des chantiers franciliens²⁰. Un schéma de gestion et de valorisation des déblais a été développé par la Société du Grand Paris (SGP) afin de gérer durablement ces terres, en favorisant notamment la réutilisation sur d'autres sites. Enfin, l'éco-conception, l'économie de la fonctionnalité et la consommation responsable sont encore peu développés pour les matériaux des Travaux Publics.

²⁰ D'après *Le défi de la valorisation des déblais*, Société du Grand Paris (juillet 2019) <https://www.societedugrandparis.fr/info/gestion-et-valorisation-des-d%C3%A9blais>

Tableau 3 : Synthèse des analyses pour les matériaux de Travaux Publics

	Matériaux de Travaux Publics	Commentaires
Extraction / Exploitation et achats durables	Approvisionnement local dans la majorité des cas et forte proportion de matériaux recyclés (variable suivant géographie)	Les granulats proviennent généralement de carrières ou de l'extraction de fleuves et mers, mais également du recyclage de débris de béton, maçonnerie, démolition de route et bâtiment... Les enrobés proviennent généralement de centrales d'enrobages situées à proximité des carrières ou directement sur le site des travaux (avec des centrales mobiles). Les terres utilisées proviennent généralement d'un approvisionnement local, pour une question principalement de coûts de transport. En France, il existe un réseau local d'approvisionnement et des efforts sont actuellement menés par l'UNPG pour pérenniser l'exploitation de ressources de proximité.
Éco-conception	Nombreux efforts d'éco-conception dans différents domaines (climat, ressources, ...)	L'inscription de critères environnementaux dans les cahiers des charges et l'existence de logiciels d'éco-conception / calcul environnemental multicritères (ex: SEVE) ont permis de nombreuses offres éco-conçues dans différents domaines: réduction des couches et du poids, ouvrages avec empreinte carbone réduite, taux de recyclage élevé (enrobés et couches de forme).
Ecologie industrielle et territoriale	Des synergies entre les carrières et les constructeurs au niveau territorial	La proximité entre chantier de déconstruction, centres de traitement et chantier de construction est nécessaire. Dans le cas des enrobés, ces chantiers se situent souvent sur le même site, permettant une récupération in situ des enrobés. Les sites de carrière s'inscrivent dans cette logique de proximité avec un maillage du territoire et récupèrent à moindre coût les déchets inertes triés susceptibles d'être recyclés. Les coûts de mise en décharge des terres sont importants, il y a donc un intérêt économique à la récupération de terres provenant d'autres chantiers. Ces échanges entre chantiers receveurs et chantiers donneurs doivent donner lieu à des boucles locales d'économie circulaire sur un territoire.
Economie de la fonctionnalité	Quelques initiatives identifiées à la marge	La plateforme Noé propose tous les services liés aux métiers de la filière construction : main d'œuvre, une base de vie, des locaux, de la location de matériel, des espaces de stockage. Bellastock s'investit entre autres dans l'urbanisme de transition.
Consommation responsable	Non identifié à ce stade	
Allongement de la durée d'usage	Allongement de la durée de vie des infrastructures de transport avec des rénovations régulières	La rénovation et l'entretien régulier des infrastructures de transport permet d'allonger leur durée de vie et d'usage. Cet entretien permet d'éviter la re-construction d'infrastructures gourmande en matériaux notamment. Ces pratiques sont courantes et permettent également de réduire les coûts.
Recyclage	Recyclage des granulats et enrobés et intégration en boucle fermée, dans la limite du réglementaire	Les granulats peuvent provenir du recyclage de débris de béton, de maçonnerie, de démolition de route ou de bâtiment. Ces granulats peuvent être utilisés directement dans les fondations ou sous-fondations de voirie ou de bâtiment, ou dans du béton pour la construction, avec une limite de 30%, selon la norme. Ils peuvent aussi être réutilisés directement sur le chantier. Les enrobés peuvent être aussi être recyclés sur une plateforme de recyclage à partir des agrégats d'enrobés récupérés sur la couche de roulement, réutilisés dans de nouveaux enrobés dans la limite de 10% d'enrobés recyclés (qui peut monter jusque 40%). Des expérimentations sont en cours pour développer des routes à partir d'enrobés 100% recyclés. Le procédé est moins courant pour les terres : en 2015, 75% des terres excavées étaient envoyées en décharge. Des initiatives existent pour identifier des filières de valorisation, notamment pour les terres polluées, par exemple le projet Valtex de Suez. Des initiatives telles que BdSolo et Geobapa visent à identifier les chantiers receveurs/donneurs et la compatibilité des terres.

Sources : ADEME, Union Nationale des Producteurs de Granulats (UNPG), Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE), Eurovia, Eiffage
<http://dtrf.cerema.fr/pdf/pj/Dtrf/0003/Dtrf-0003571/DT3571.pdf?openerPage=notice>

LÉGENDE	
	Boucle inexistante, aucune initiative n'a été identifiée
	Boucle peu mature mais des initiatives existent
	Boucle mature et globalement opérationnelle

1.3 STRUCTURE ET GROS ŒUVRE

Le gros œuvre correspond à l'ensemble des travaux qui soutiennent l'édifice en construction et lui assurent stabilité et solidité. Cela inclut la charpente, les murs, la toiture mais également les fondations du bâtiment. Ces travaux consomment donc principalement du bois, du béton, de l'acier et de la terre cuite, et représentent une grande partie des matières premières consommées sur le territoire. L'industrie du béton représente 20 millions de tonnes de produits de béton en France (pour le bâtiment, mais également pour la voirie, le génie

civil, les réseaux, l'épuration, etc.), dont 48% sont des blocs de béton utilisés en maçonnerie²¹. Le bois d'œuvre représente 19,3 Mm³ de bois en 2017, soit 50,7% du bois commercialisé²². En Europe, la production de la sidérurgie est estimée à 110 millions de tonnes, dont 40% trouvent leurs débouchés dans les marchés du BTP²³. Aujourd'hui, plus d'un bâtiment sur trois est construit en brique terre cuite, qui représente le premier matériau de construction de logements²⁴. On assiste également à la réémergence de la terre crue, qui est assez demandée dans les projets constructifs d'économie circulaire.

²¹ Fédération de l'Industrie du Béton (FIB), <https://www.fib.org/industrie-du-beton-chiffres-cles/>

²² D'après *Le Marché du Bois en France*, Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies, Comité des Forêts et de l'Industrie Forestière (Nov. 2018) <http://www.unec.org/fileadmin/DAM/timber/country-info/statements/france2018-v2.pdf>

²³ <https://www.lemoniteur.fr/article/un-marche-en-pleine-concentration.1608634>

²⁴ Observatoire de la construction neuve, réalisé par BatiÉtude pour le compte de la FFTB, septembre 2016.

Tableau 4 : Synthèse des analyses pour les matériaux de structure et gros œuvre

	Structure et gros œuvre	Commentaires
Extraction / Exploitation et achats durables	Remplacement par des matériaux recyclés dans la limite du réglementaire. Des distances d'approvisionnement généralement locales	Le béton et le bois restent des matériaux avec un approvisionnement généralement local. Au contraire, l'acier vient généralement de distances plus lointaines. Le bois, produit d'origine renouvelable, est de plus en plus utilisé pour les ossatures des bâtiments et maisons individuelles. 94% des bois utilisés par les entreprises en 2016 sont certifiés (PEFC et FSC), avec une hausse notable des bois d'origine française.
Éco-conception	Référentiels en cours de développement pour une construction facilitant la réhabilitation et la déconstruction en fin de vie	Plusieurs projets visent à favoriser l'éco-conception des bâtiments et notamment du gros œuvre. Le projet BAZED (Bâtiment Zéro Déchet) par exemple a mis en place un référentiel présentant les étapes à suivre en mettant l'accent sur une conception réfléchie et permettant de construire un bâtiment évolutif et démontable en fin de vie, privilégiant la réutilisation et le réemploi. De plus des initiatives existent pour produire des bétons « bas carbone » et des réflexions ont lieu autour de l'utilisation du béton dans les bâtiments (par exemple, utiliser des bétons plus résistants permettrait de réduire les quantités de béton consommée).
Ecologie industrielle et territoriale	Approvisionnement local pour une grande partie des matériaux	Le béton et le bois sont des matériaux de proximité généralement. De synergies se mettent en place au niveau local entre les producteurs de bois et les entreprises de construction, ainsi qu'entre les carrières, les producteurs de béton et les constructeurs.
Economie de la fonctionnalité	Quelques initiatives identifiées à la marge	La plateforme Noé propose tous les services liés aux métiers de la filière construction : main d'œuvre, une base de vie, des locaux, de la location de matériel, des espaces de stockage.
Consommation responsable	Non identifié à ce stade	
Allongement de la durée d'usage	Projets existants de réhabilitation du bâtiment en préservant la structure	Plusieurs projets de construction visent à conserver la structure originelle et réhabiliter le bâtiment pour l'adapter à sa nouvelle fonction. C'est notamment un des points clés du projet BAZED visant une conservation de l'existant
Recyclage	Quelques filières existantes de recyclage, plutôt bien développées	Lors de la démolition ou de la déconstruction des bâtiments, les éléments de gros œuvre tels que le bois et l'acier sont facilement récupérés. L'acier est recyclé sous forme de ferraille pour produire de nouveau de l'acier. Le bois est généralement recyclé en panneaux de bois ou valorisé dans des chaufferies industrielles. Le béton, la brique et autres matériaux inertes constituant la structure du bâtiment peuvent également être recyclés en granulats, à condition d'être trié et séparé des matériaux non inertes non recyclables sur le chantier. Cette pratique n'est pas encore courante mais tend à l'amélioration avec notamment le diagnostic déchets imposé pour certains bâtiments. Le projet RECYBETON vise à réutiliser l'intégralité des matériaux issus de bétons déconstruits (y compris la fraction fine) et de l'utiliser comme matière première pour la production de béton.

Sources : Démarche BAZED, Démocliès, Observatoire France Bois Forêt, RECYBETON, Fédération de l'Industrie du Béton, Artelia

LÉGENDE	
	Boucle inexistante, aucune initiative n'a été identifiée
	Boucle peu mature mais des initiatives existent
	Boucle mature et globalement opérationnelle

Ces matériaux sont généralement produits localement, avec un maillage fort du territoire. Le clinker, composant du ciment, constitue une exception notable puisqu'il est produit de plus en plus loin des marchés de consommation d'Europe de l'Ouest. Les bétons sont par ailleurs plutôt bien valorisés lors de la démolition des bâtiments, la problématique aujourd'hui consiste à rendre possible une valorisation plus vertueuse. Par exemple, comment inciter les industriels du béton à incorporer du béton recyclé dans leur béton ? Est-ce que le béton obtenu est meilleur d'un point de vue émissions GES et pas seulement selon l'axe épuisement des ressources ?

Le béton, les briques et tuiles, le bois et l'acier représentent environ 11% des déchets produits par le secteur du BTP²⁵. La valorisation du bois et de l'acier est bien ancrée dans les habitudes des entreprises de démolition et les filières sont opérationnelles. Pour le béton, des filières existent (recyclage en granulats) et d'autres sont en cours de développement (projet RECYBETON visant à recycler l'ensemble des fractions du béton. Ces filières peuvent néanmoins être améliorées par un meilleur tri sur le chantier des différentes fractions (bois, acier, béton) et d'une déconstruction organisée afin de faciliter la valorisation.

Bien que différents projets visent à encourager la réhabilitation des bâtiments en conservant autant que possible la structure et le gros œuvre, il est encore ancré dans les mentalités qu'il est plus simple de démolir avant de reconstruire, et surtout moins cher ou plus efficace dans de nombreux cas de figure. La démarche BAZED (Bâtiment Zéro Déchet) a notamment pour objectif la réduction des déchets par l'encouragement d'un allongement de la durée de vie avec une réhabilitation et une conservation et réutilisation des matériaux sur place.

Enfin, les leviers d'économie de la fonctionnalité et de consommation responsable semblent peu développés dans le cas de ces matériaux de construction.

1.4 ENVELOPPE EXTERIEURE

L'enveloppe extérieure assure des fonctions multiples telles que l'étanchéité, l'isolation thermique et acoustique, l'aération et la ventilation, etc. Les matériaux consommés sont donc très hétérogènes et spécifiques à chaque métier : étanchéité (membranes bitumineuses, membranes PVC...), isolation (laines minérales, polyuréthane, polystyrène...), menuiserie (vitres, bois, plastique, aluminium...). Des filières de valorisation de ces matériaux existent mais le manque de massification des gisements et le manque de tri sur les chantiers ne permettent pas à ce stade un développement de ces filières. Des expérimentations ont lieu en Europe pour montrer qu'il est réaliste de construire l'enveloppe extérieure avec une forte proportion de matériaux recyclés. Par exemple, le projet « Blue City » aux Pays-Bas fait appel pour 90% des matériaux utilisés à des matériaux de réemploi sourcés localement.

Par ailleurs, des travaux existent sur l'allongement de la durée de vie des matériaux, une facilitation du démontage par de l'éco-conception afin d'encourager le tri sur chantier et la réutilisation des matériaux en état reconditionnés. Néanmoins, ces initiatives restent ponctuelles et peu développées sur le territoire.

²⁵ *Le recyclage des déchets produits par l'activité de BTP en 2014*, Commissariat Général au Développement Durable (CGDD), Service de la Donnée et des Etudes Statistiques (SDES), 2018

Tableau 5 : Synthèse des analyses pour l'enveloppe extérieure

	Enveloppe extérieure	Commentaires
Extraction / Exploitation et achats durables	Utilisation d'isolants naturels tels que le chanvre	Des initiatives existent pour privilégier l'utilisation d'isolants naturels tels que le chanvre. Il est de plus en plus utilisé dans les constructions d'éco-bâtiments. D'autres matériaux d'origine organique (bois, coton, ouate de cellulose) sont également utilisés dans certains bâtiments.
Éco-conception	Conception en facilitant le démontage et en choisissant des matériaux bas carbone, peu développés pour le moment	Les matériaux utilisés peuvent être choisis, au stade de la conception, pour allonger leur durée de vie et assurer la facilité du démontage (choix d'isolants rigides ou semi-rigides, plus facilement dépendants ou démontables). Il s'agit d'anticiper les évolutions du bâti à la phase de conception et donc d'assurer un utilisation optimale des matériaux pour préserver leurs fonctions. Par ailleurs, le label E+C- vise à orienter les concepteurs vers le choix de matériaux bas carbone. Ce label est au stade de l'expérimentation pour le moment et vise à préfigurer la future réglementation environnementale 2020.
Ecologie industrielle et territoriale	Initiative d'écologie industrielle et territoriale autour du chanvre	L'initiative Gatchanvre en Ile-de-France vise à développer un projet d'économie circulaire entre des agriculteurs producteurs de chanvre et industriels de la transformation du produit en isolant naturel. Ces isolants peuvent ensuite être utilisés par les entreprises de BTP de la région.
Economie de la fonctionnalité	Non identifié à ce stade	
Consommation responsable	Non identifié à ce stade	
Allongement de la durée d'usage	Réutilisation de certains matériaux possibles mais peu développés	La réutilisation de certains matériaux issus de la déconstruction d'un bâtiment est possible, notamment les menuiseries en bon état reconconditionnées, les ardoises ou pierres naturelles pour réaliser la couverture de la toiture, etc. Il est également possible, lors d'une rénovation, de conserver certains éléments tels que l'étanchéité existante en toiture jouant le rôle de pare-vapeur avant de réaliser une isolation par l'extérieur. La démarche BAZED recense des bonnes pratiques et recommandations permettant de favoriser la réutilisation et le réemploi.
Recyclage	Quelques filières existantes de recyclage, peu développées	Les filières de recyclage de ces matériaux existent mais sont actuellement peu développées par manque de massification des gisements et de tri sélectif sur les chantiers. Une filière de valorisation des membranes d'étanchéité bitumineuse en combustibles solides de récupération (CSR) existe sur un site en France. Les installations de recyclage du verre plat (en boucle fermée ou ouverte pour la production de laine de verre ou de verre creux) sont globalement bien diffusées en France, mais les gisements sont faibles par manque de tri sur les chantiers. Il existe également des filières de recyclage du polystyrène expansé mais refusant le polystyrène issu de la démolition. Enfin, le PVC souple (pour les membranes d'étanchéité, les stores...) peut également être recyclé en cône de signalisation, feuilles de d'étanchéité dans les fondations des bâtiments, etc. via des préparateurs matière situés en Europe.

Sources : Démoclès, BAZED, Gatchanvre

LÉGENDE	
	Boucle inexistante, aucune initiative n'a été identifiée
	Boucle peu mature mais des initiatives existent
	Boucle mature et globalement opérationnelle

1.5 EQUIPEMENTS TECHNIQUES

Les matériaux des équipements techniques correspondent à des équipements électriques (câbles, luminaires, etc.) ainsi qu'à des équipements pour les réseaux d'eau et de gaz (canalisation en plastique ou métal) et les installations de chauffage et de climatisation.

Ces équipements doivent s'adapter à des évolutions technologiques au fur et à mesure de la durée de vie du bâtiment (gestion de l'énergie, automatisation de certains appareils, énergies renouvelables, amélioration des chaudières, etc.). Un enjeu fort d'éco-conception pour assurer leur adaptabilité, leur remplacement aisé et leur

amélioration dans le temps a donc été observé. Il s'agit par ailleurs, d'un des seuls types de matériaux permettant une mise en application de l'économie de la fonctionnalité, bien que cela ne soit toujours que peu développé. Enfin, concernant les déchets de type DEEE, il s'agit de matériaux bien encadrés par la loi et faisant l'objet d'une REP (Responsabilité du Producteur Elargie). Ainsi, les filières de valorisation et réutilisation sont bien développées sur l'ensemble du territoire.

Tableau 6 : Synthèse des analyses pour les équipements techniques

	Equipements techniques	Commentaires
Extraction / Exploitation et achats durables	Non identifié à ce stade	
Éco-conception	Industries de fabrication travaillent sur l'éco-conception de leurs produits	Les industriels proposant des équipements techniques (luminaires, câbles, appareils de chauffage et de ventilation) travaillent sur l'éco-conception de leur produit, notamment dans un optique de réduction de la consommation énergétique, mais également d'allongement de la durée de vie.
Ecologie industrielle et territoriale	Non identifié à ce stade	
Economie de la fonctionnalité	Quelques services notamment pour l'éclairage et la chaleur	Un développement de l'économie de la fonctionnalité est en cours avec notamment des entreprises proposant leur produit comme un service. A titre d'exemple, pour l'éclairage, Philips a mis en place un système « Pay per lux » visant à vendre la lumière en tant que service, le consommateur payant en fonction de la performance plutôt qu'en fonction de l'objet. Philips garde ainsi le contrôle sur les équipements ce qui facilite leur entretien, leur reconditionnement et leur récupération. Ce système n'est néanmoins pas encore répandu et développé en France. De même, certains équipementiers proposent de la location de chaudières (en Belgique notamment).
Consommation responsable	Travaux sur l'optimisation des équipements électriques / chauffage / ventilation	Les équipements électriques, de chauffage et ventilation consommant de l'énergie, une optimisation de leur utilisation est recherchée, via notamment une optimisation de leur emplacement et installation. La tendance est donc plutôt à la sobriété sur l'installation de ces équipements malgré une augmentation des équipements liés au contrôle et à l'automatisation des systèmes. De plus, l'ADEME notamment promeut un usage responsable du chauffage et de la climatisation, via des recommandations de températures adaptées aux différentes pièces de vie.
Allongement de la durée d'usage	Réglementation sur la garantie et l'affichage de la durée de mise à disposition de pièces de rechange	La Loi Consommation du 17 mars 2014 vise notamment l'allongement de la durée de vie des équipements avec une garantie légale de conformité de 2 ans et une obligation d'affichage de la durée de mise à disposition de pièces de rechange.
Recyclage	Filière REP (responsabilité élargie du producteur) existantes et fonctionnelles	Des filières REP (responsabilité élargie du producteur) existent pour les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) (récupérés par Ecologic et ESR), mais également pour les luminaires (récupérés par Recylum). Concernant les canalisations en PVC rigide ou plastique dur, elles sont généralement recyclées ou valorisées énergétiquement via un réseau de préparateurs matière et exutoires finaux répartis sur le territoire.

Sources : Démocléès, Centre Scientifique et Technique de la Construction en Belgique, Davivister, ADEME, UFC Que Choisir.

LÉGENDE	
	Boucle inexistante, aucune initiative n'a été identifiée
	Boucle peu mature mais des initiatives existent
	Boucle mature et globalement opérationnelle

1.6 AMENAGEMENT ET FINITIONS

Ces matériaux regroupent également un ensemble assez hétérogène, allant du revêtement de sol (en PVC souple, moquette, parquet), à la peinture en passant par les cloisons en plâtre, le carrelage, les éléments d'ameublement, etc.

La diversité des matériaux rend l'éco-conception importante au niveau de l'aménagement et des finitions. Des guides existent pour orienter vers des finitions plus durables, notamment en lien avec la qualité de l'air

(favoriser des matériaux bruts, bien choisir les panneaux de finition, éviter les colles, etc.)²⁶. Par ailleurs, les industriels travaillent également sur ces thématiques, notamment sur les revêtements de sols. En plus d'un travail sur l'éco-conception, un travail sur la dépose facilitée de leur produit et la récupération pour permettre une valorisation est souvent mis en place par les producteurs (Gerflor, Tarkett, Interface).

Aucune initiative n'a été identifiée sur l'économie de la fonctionnalité et la consommation responsable. Par contre, plusieurs initiatives de réemploi des différents éléments d'aménagement et de finition ont été identifiées. Cependant, ces initiatives restent assez ponctuelles et la filière a besoin d'être encouragée.

Concernant plus précisément les éléments d'ameublement, une filière de responsabilité élargie du producteur a été mise en place avec Vadelia. Ainsi, ces éléments sont plus systématiquement récupérés et réutilisés ou valorisés. Les autres déchets produits peuvent être recyclés mais sont peu récupérés pour le moment.

²⁶D'après le *Guide bâtiment durable*, Bruxelles Environnement <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/4-choisir-les-materiaux-de-finition.html?IDC=8001#4>

Tableau 7 : Synthèse des analyses pour les aménagements et finitions

	Aménagements et finitions	Commentaires
Extraction / Exploitation et achats durables	Offre de produits naturels mais peu visible	Il existe une offre structurée de peintures naturelles (à la chaux par exemple), d'huiles naturelles, de laques écologiques sans solvant, etc. Cependant la profession peine à se regrouper derrière des labels visibles et reconnus et semble avancer en ordre dispersé. Il existe notamment un problème de visibilité puisque les produits pétrochimiques équivalents disposent eux aussi de labels de performance environnementale.
Éco-conception	Industries de fabrication travaillent sur l'éco-conception de leurs produits	Les industriels proposant des éléments d'aménagements et de finitions (revêtement des sols, moquettes...) travaillent sur l'éco-conception de leur produit, notamment dans un optique d'allongement de la durée de vie et de récupération facilitée en fin de vie.
Ecologie industrielle et territoriale	Quelques exemples de projets avec déconstruction et réemploi des matériaux localement	Il existe quelques exemples de synergies locales avec des échanges entre des chantiers donneurs et des entreprises ou associations receveuses. Ces synergies sont généralement facilitées par des acteurs locaux de l'économie circulaire. Par exemple, lors de la réhabilitation de l'ancien siège de PSA à Paris, les dalles de plafond, panneaux acoustiques, tableaux numériques, etc. ont été donnés pour installation dans les locaux d'une entreprise d'insertion, et les ponts de lumière et spots lumineux ont été fournis à l'association Solidarité Sida pour le festival Solidays.
Economie de la fonctionnalité	Non identifié à ce stade	
Consommation responsable	Non identifié à ce stade	
Allongement de la durée d'usage	Réemploi peu développé mais en cours de développement pour une partie des matériaux (meubles)	Les éléments d'ameublement gérés par Valdélia peuvent faire l'objet d'une réutilisation suite à une préparation. Par ailleurs, des associations proposent des récupérations des meubles pour les remettre en état et les réutiliser sur d'autres sites. Néanmoins, la filière est peu développée. Pour les autres matériaux, le réemploi est peu mis en place actuellement.
Recyclage	Recyclage peu développé mais de nombreuses filières sont en cours de développement	Une filière REP (Responsabilité Elargie du Producteur) existe pour les déchets d'éléments d'ameublement, récupérés par Valdélia. Pour les autres matériaux, plusieurs filières de recyclage existent mais peu sont opérationnelles actuellement. Le plâtre est recyclé de façon plus systématique avec plusieurs exutoires en France. Néanmoins, les autres filières sont peu développées. Les moquettes et autres revêtements de sol en PVC souple peuvent être recyclés via des démarches en lien avec les producteurs (Tarkett, Interface, Gerflor, Optimum). Ces démarches sont cependant peu développées pour le moment. Les laines minérales (dans les plafonds acoustiques) peuvent être recyclées également mais un seul exutoire existe en France.

Sources : Démoclès, Bouygues Construction, Gerflor, Tarkett,

LÉGENDE	
	Boucle inexistante, aucune initiative n'a été identifiée
	Boucle peu mature mais des initiatives existent
	Boucle mature et globalement opérationnelle

2. Outils et projets d'économie circulaire identifiés

2.1 SYNTHÈSE DES OUTILS ET INITIATIVES

Les outils et initiatives identifiés ont été regroupés dans le schéma ci-dessous, en fonction du levier de l'économie circulaire (selon la définition de l'ADEME) sur lequel il intervient et du type de matériaux impliqué. Les outils et initiatives semblent se concentrer, à ce stade, sur les questions d'éco-conception du bâtiment et de fin de vie des matériaux (réutilisation, réemploi et recyclage). Cela vient conforter notre analyse de l'état de l'économie circulaire dans le BTP, qui semble montrer que l'économie circulaire dans le secteur se résume pour le moment aux actions menées pour limiter la quantité de déchets (via l'allongement de la durée d'usage ou le recyclage) et pour améliorer la conception des bâtiments. Néanmoins, des initiatives et outils existent également sur les questions de l'économie de la fonctionnalité et des achats durables, ainsi que sur l'écologie industrielle et territoriale.



Figure 7 : Recensement des différentes initiatives et leurs domaines d'application

Une lecture transverse de ce tableau nous amène à souligner le rôle essentiel, aujourd'hui et à l'avenir, de la **collecte et l'analyse des données**. Cette dernière débute au diagnostic en amont et permet la gestion efficace de la déconstruction sélective. Elle se doit donc d'être en lien étroit avec les outils tels que les Market Places en aval.

2.2 DESCRIPTION ET ANALYSE DES OUTILS ET INITIATIVES

Pour accélérer la transformation de la filière vers une économie davantage circulaire, de nombreuses barrières économiques, techniques, réglementaires et humaines restent à franchir. Plusieurs acteurs – institutions publiques, acteurs privés, regroupement régionaux ou nationaux, etc. – se mobilisent pour proposer des solutions à l'ensemble de l'industrie : sensibilisation, guides de bonnes pratiques, plateformes de ressources ou d'accompagnement, laboratoires d'idées et de R&D et démonstrateurs de bonnes pratiques. Nous présentons ci-dessous quelques initiatives emblématiques pour notre mission.

Tableau 8 : Synthèse des outils et initiatives analysés en faveur de l'Economie Circulaire dans le BTP

	Nature	Pilier(s) de l'EC	Réponse aux freins	Lieu	Maturité
Diagnostic déchets	Réglementation française	Recyclage	Légal Sensibilisation	France	Obligatoire depuis 2011
Ivestigo	Logiciel de traçabilité des déchets	Recyclage	Aide à la conformité réglementaire	France	Mature
NF Environnement	Ecolabel	Achats durables	Sensibilisation Transparence	France	Mature
Cradle-to-Cradle®	Ecolabel	Achats durables	Sensibilisation Transparence	Monde	Mature
App Déchets BTP	Outils de localisation des points de collecte	Recyclage	Logistique d'évacuation & sensibilisation	France	Mature
BAZED	Aide à la conception et information	Eco-conception	Sensibilisation, formation Accompagnement	France	Mature
Opalis	Annuaire de professionnels et catalogue de pratiques	Allongement durée de vie, éco-conception	Mise en relation Force de proposition	Belgique	Mature
Materrio.construction	Centre de ressource	Recyclage	Formation	France	Mature
SEVE	Logiciel éco-comparateur	Eco-conception	Accompagnement	France	Mature
Imaterio	Marketplace	Allongement durée de vie, achats durables, écologie industrielle et territoriale	Mise en relation	France	Pilote
Cycle-Up	Marketplace, conseils, certifications, réinsertion, etc.	Allongement durée de vie, achats durables	Mise en relation Accompagnement	France	Mature
Matabase	Démonstrateur et marketplace	Allongement durée de vie, éco-conception, achats durables	Mise en relation Démonstrateur	France	Mature (2014)
Batidon	E-Plateforme de dons de matériaux aux associations	Allongement durée de vie	Mise en relation Gain économique (défiscalisation des dons)	France	R&D
Gatichanvre	Plateforme de distribution de produits biosourcés locaux	Achats durables, Ecologie industrielle et territoriale	Mise en relation	Essonne	Mature, site numérique en déploiement
Noé	Plateforme multi-services pour la filière construction	Recyclage, éco-conception, économie de la fonctionnalité	Accompagnement Gain économique Mise en relation	Bordeaux	Mature à Bordeaux Déploiement en UE
Solid-R	Plateforme physique	Allongement durée de vie	Mise en relation Formation Sensibilisation	92	2 sites actifs Déploiement France en cours
Bellastock	Groupe de travail	Allongement durée de vie, éco-	Démonstrateur Sensibilisation	France	Mature (2006)

		conception, Economie de la fonctionnalité			
Salvo	Plateforme	Allongement durée de vie	Sensibilisation Démonstrateur	UK, Belgique, France	R&D
Hesus	Intermédiaire pour l'échange et la valorisation Solution de traçabilité	Recyclage	Mise en relation Aide à la conformité réglementaire Gain économique	France, Pologne, UK	Mature
R-Aedificare	Association assistant au réemploi	Allongement durée de vie	Sensibilisation Accompagnement	Sud France	En déploiement
ECT	Société d'aménagement et de valorisation	Recyclage, Ecologie industrielle et territoriale	Accompagnement	Ile de France	Mature
Alternatiba	Mouvement écologiste	Eco-conception, écologie industrielle et territoriale, Economie de la fonctionnalité	Démonstrateur Sensibilisation	Europe	Mature
BAMB	Laboratoire d'initiatives européen	Eco-conception, Economie de la fonctionnalité, Ecologie industrielle et territoriale	Démonstrateur Sensibilisation	7 pays d'UE	En déploiement
INIES	Base de données	Eco-conception	Accompagnement Aide à la conformité réglementaire	France	Mature
La Vallée	Projet d'écoquartier	Achats durables, éco-conception, écologie industrielle et territoriale, recyclage	Démonstrateur	92	En cours
Plaine Commune	Etablissement Public Territorial	Eco-conception, Ecologie industrielle et territoriale	Démonstrateur	Grand Paris	Nombreux projets, matures, en cours ou en conception
Madaster	Entreprise néerlandaise	Eco-conception, allongement de la durée de vie	Accompagnement	Pays- Bas	Mature
Re-Store	Réunion d'initiatives	Allongement de la durée de vie	Démonstrateur	93	Plusieurs initiatives matures
Europa	Projet architectural de Philippe Samyn	Allongement de la durée de vie	Démonstrateur	Belgique	Mature
Neo-eco	Entreprise d'ingénierie et conseil	Ecoconception, allongement de la durée de vie	Accompagnement	France	Mature
batiRIM®	Outil numérique de SUEZ et Resolving	Allongement de la durée de vie, recyclage	Accompagnement	France	Pilote
Karibati	Entreprise experte en biosourcés	Achats durables	Accompagnement, Formation	France	Mature

NOBATEF/IN EF4	Centre de recherche	Ecoconception	Démonstrateur, Accompagnement	France	Mature
INDURA	Technopole	Ecoconception, Allongement de la durée de vie	Démonstrateur, Accompagnement, Mise en Relation	Auvergne-Rhône-Alpes	Mature
Team²	Technopole	Achats durables Allongement de la durée de vie Recyclage	Démonstrateur, Accompagnement, Mise en relation	Hauts-de-France	Mature
« Construire au futur, habiter le futur »	Lauréat du Programme d'Investissements d'Avenir	Transverse (not. Ecoconception, Economie de la Fonctionnalité,	Transverse	Île-de-France	Non débuté
DEMOCLES	Plateforme collaborative	Recyclage	Sensibilisation	France	En cours

A. Aspects réglementaires et certifications

Le diagnostic déchets en amont du chantier :



Pour atteindre ses objectifs de valorisation des déchets du BTP, la réglementation française a imposé dans de nombreux cas de figures la réalisation d'un diagnostic déchets pour les chantiers de démolition ou réhabilitation du bâtiment. Ce CERFA 14498 permet d'identifier les matériaux présents sur le chantier et de proposer des voies de valorisation. Il offre aux différents acteurs de la filière un cadre réglementaire et un outil partagé. Toutefois, un manque de sensibilisation de l'industrie à cet outil n'a pas encore permis d'en faire un véritable levier pour l'EC.

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000024099263&categorieLien=id>

Ivestigo, le logiciel de traçabilité des déchets :



Porté par le SNED et la FFB, ce logiciel permet de simplifier les démarches administratives conformément à la réglementation. Cet outil offre un gain de temps pour la gestion des bordereaux de suivi des déchets (BSD) et du registre des déchets et propose un tableau de bord pour suivre ces opérations, le tout de façon simple d'utilisation et sécurisée.

<http://www.sned.fr/page/investigo>

NF Environnement, écolabel aménagement et finitions



La marque NF environnement est écolabel délivrée par Afnor Certification ; les producteurs doivent se soumettre volontairement à un cahier des charges de qualité environnementale pour se voir délivrer la certification. Elle garantit la qualité d'usage et la qualité écologique, sur l'ensemble du cycle de vie du produit. <http://marque-nf.com/>

Cradle-to-cradle, une certification en faveur de l'économie circulaire



Le label C2C (pour cradle-to-cradle, du berceau au berceau en français) sert à qualifier les matériaux selon leur impact environnemental. Co-développé dans les années 1980 par l'architecte McDonough et le chimiste Braungart, il s'adresse à toutes les industries, donc celle du BTP. La certification comporte 5 niveaux d'exigence, de basique à platinum, et s'articule autour de cinq composantes : les effets sur la santé, la consommation d'énergie renouvelable, la gestion de l'eau, la réutilisabilité et la RSE.

Pour les tenants de la philosophie C2C, tout est ressource (la notion de déchet est vouée à disparaître) et le changement d'usage d'un matériau doit passer par de l'énergie renouvelable. De nombreux produits de consommation, mais également des bâtiments à l'instar du projet Park 20|20 sont aujourd'hui certifiés C2C.

B. Informations et guides

L'application mobile « Déchets BTP » :



La Fédération Française du Bâtiment propose une application ergonomique et clé-en-main pensée pour les acteurs du bâtiment. L'app localise les centres de traitement ou dépose de déchets à proximité en fonction du type de déchet renseigné. Un rappel de la signalétique et une FAQ complètent l'app. Le site de la FFB « Déchets de chantier » reprend ces informations et propose des vidéos et des guides de bonnes pratiques. Cette initiative permet à chaque

personne d'avoir accès en permanence et à portée de main aux informations pratiques indispensables à l'évacuation des déchets de chantier. <http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr/>

Matterio.construction, des outils pour favoriser le recyclage et la valorisation



Matterio.construction est un centre de ressource dont l'objectif est de donner accès à des informations utiles pour promouvoir le recyclage et la valorisation des déchets inertes de la construction. Médiathèque, carte interactive, forum de discussions,

actualités et formations permettent de familiariser les acteurs de la filière aux notions d'économie circulaire et d'aménagement du territoire. <http://matterio.construction/>

INIES, base nationale de référence sur les déclarations environnementales et sanitaires



INIES est géré de façon collaborative par les différents acteurs de la construction, incluant les pouvoirs publics. Outil opérationnel pour généraliser l'éco-conception, il s'agit de la « base nationale de référence sur les déclarations environnementales et sanitaires des produits,

équipements et services pour l'évaluation de la performance des ouvrages ». <https://www.inies.fr/accueil/>

Madaster, la bibliothèque de matériaux de construction



Madaster est une entreprise néerlandaise engagée pour la réduction des déchets. Elle propose une palette de services large et destinée à des acteurs multiples. Elle propose par exemple un outil de travail collaboratif pour les acteurs du BTP pour la gestion des documents. Est également mis à disposition une bibliothèque publique en ligne d'informations sur les matériaux, composants et produits, notamment en vue d'un réemploi. La vision de Madaster : le déchet est un matériau à qui il ne manque qu'une identité.

<https://www.madaster.com/en>

DEMOCLES, les clés de la démolition durable



DEMOCLES est une plateforme collaborative d'acteurs du BTP réunissant maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'oeuvre, entreprises de travaux gestionnaires de déchets et industriels. Défendant un passage à l'économie circulaire des déchets du second oeuvre du bâtiment, le groupement

transverse a pu, sur la base d'un état de l'art sectoriel, se constituer en sensibilisateur et en centre de ressources proposant des outils aux différents acteurs pour les chantiers de démolition et de réhabilitation.

C. Plateforme de mise en relation des acheteurs/demandeurs

Backacia, le réemploi du bâtiment et de l'immobilier



Backacia est une start-up greentech dont l'objectif est de transformer les déchets du BTP en une véritable ressource en facilitant le réemploi des matériaux de construction. L'entreprise a créé une solution digitale innovante permettant de

valoriser les matériaux de construction en les réemployant comme matières premières sur de nouveaux chantiers. Backacia permet aux acteurs du BTP et de l'immobilier de réduire leurs coûts de benne en vendant des matériaux qu'habituellement ils auraient jetés faute de solution existante.

Imaterio, la bourse aux matériaux et déchets de chantier :



Cette plateforme de SNED-FFB met en relation les entreprises de démolition et les entreprises de travaux pour évacuer les matériaux de récupération et les déchets inertes sans avoir recours au stockage définitif. Elle constitue donc une alternative aux déchèteries et centres de collecte et permet une réutilisation directe des matériaux sans passer par un tiers. <http://www.imaterio.fr/>

Batidon, un dispositif pour donner une seconde vie aux déchets du BTP :



Porté par les entreprises Hesus, Phenix et PickmyWastes, Batidon est une initiative ayant pour but de réduire le volume de déchets du BTP en encourageant le réemploi par des associations. Ce faisant, elle permet aux entreprises du BTP d'améliorer leur RSE et met des matériaux de qualité (surplus de construction et matériaux en bon état des chantiers de déconstruction) à disposition des associations, des chantiers d'insertion, etc. Ces dons de matière des entreprises offrent une réduction fiscale de 60% sur les produits donnés tout en économisant sur les coûts de traitement.

<http://batidon.com/>

Cycle-Up, plateforme professionnelle de réemploi des matériaux du bâtiment et de l'immobilier :



Cycle-Up va au-delà de la place de marché numérique, où professionnels peuvent s'échanger les matériaux. Avec ses nombreux partenaires, Cycle-up propose une gamme complète de services, incluant assurance, logistique, conseils, calculs de bilan carbone et certifications. Ces solutions sont autant de garanties pour rassurer les professionnels sur la qualité des produits échangés et sur la fiabilité de l'échange. <https://www.cycle-up.fr/>

Les plateformes Solid-R de l'association RéaVie :



Ces plateformes physiques sont des lieux de stockage, de revalorisation et de vente de matériaux de réemploi. Sont également dispensées des formations professionnelles sur le réemploi et des ateliers de sensibilisation grand public. Elles permettent donc aux acteurs de la filière comme aux particuliers de se familiariser concrètement avec la revalorisation de matériaux du bâtiment. <http://asso-reavie.fr/lesplateformessolidr/>

Gatichanvre, pour une synergie entre agriculteurs et constructeurs



Cette société, regroupant 75 agriculteurs pour 650 hectares de culture de chanvre (dont 50 bio) distribue le chanvre aux collectivités, particuliers, et enfin professionnels, via son magasin d'usine et son site internet. Pour des usages d'isolant, de paillis, des membranes d'étanchéité ou de la chaux, cette initiative propose donc un accès à des matériaux écologiques produits localement pour les constructeurs. <https://gatichanvre.fr/entreprise-isolation-essonne/>

D. Services d'accompagnement et d'appui



batiRIM, outil numérique pour la déconstruction sélective des bâtiments

batiRIM® est une solution digitale, développée par Suez et Resolving, pour une déconstruction sélective des bâtiments. Via une interface numérique 2D ou 3D sur tablette, l'auditeur peut quantifier, qualifier et cartographier les différents matériaux et produits pour évaluer au plus tôt leur potentiel de réutilisation, réemploi et recyclage. Les acteurs d'un projet immobilier peuvent mieux définir leur projet et les matériaux être redirigés vers des acteurs du réemploi, favorisant ainsi l'économie circulaire, locale. Le partage des données entre les acteurs, la traçabilité des éléments et l'ergonomie du RIM® (Ressource Information Modeling) sont autant d'avantages de cet outil.

<https://www.suez.com/fr/Actualites/Communiqués-de-presse/SUEZ-lance-batiRIM-la-premiere-solution-digitale-permettant-une-deconstruction-selective-des-batiments>

ECT, aménagement et valorisation des terres de chantiers urbains



Filière du groupe ECT opérant dans le domaine de l'économie circulaire, ECT est une société qui a une vocation d'aménagement de sites par la valorisation de terres inertes et de traitement des terres polluées et autres déblais de chantiers, en Ile-de-France. Pour structurer cette dynamique, ECT a développé différents pôles d'expertise :

- Un pôle « Gestion des terres excavées » pour répondre au besoin d'ingénierie environnementale et à l'exigence de traçabilité du BTP et du Grand Paris Express ;
- Un pôle « Conception et réalisation d'aménagements » pour proposer aux Collectivités locales des projets utiles fondés sur la valorisation des terres excavées.
- Un Pôle en charge de l'exploitation et de l'aménagement des sites complète la palette des grands métiers de l'entreprise

A ce jour, ECT compte plus de 190 collaborateurs et traite environ 15 millions de tonnes de terres excavées par an. <https://www.groupe-ect.com/>

Hesus, plateforme de gestion des terres et des matériaux de chantier :



Hesus se positionne comme un partenaire des chantiers spécialisé dans l'évacuation et la valorisation des terres et des matériaux de chantier, si possible par des solutions d'économie circulaire. Fondée en 2008 en France, la société opère désormais également en Pologne et en Grande Bretagne. Elle a réalisé un CA de 26m€ en 2018. En passant par l'entremise d'une plateforme numérique, l'entreprise...

- Se pose en interlocuteur unique pour l'offre et la demande de terres inertes ou polluées, matériaux, déchets de chantiers
- Optimise la valorisation des matériaux via une sélection des filières, une négociation des meilleurs tarifs et de la logistique la plus adaptée
- Assure la traçabilité ainsi que la conformité aux obligations réglementaires (DAP, CAP, BSD, bons de pesée, fiches techniques...) <https://www.hesus.eu/fr/accueil/>

Karibati, l'entreprise experte des matériaux biosourcés



Agréée entreprise solidaire d'utilité publique, Karibati accompagne en France et à l'international les acteurs souhaitant se développer sur les questions de matériaux biosourcés dans le bâtiment. Elle s'adresse en particulier aux territoires, aux entreprises et filières, et aux maîtres d'ouvrage, avec une gamme de services large : stratégie, ingénierie de l'innovation, pilotage de projets de R&D, AMOA, évaluation technique et environnementale, formations, etc. <http://www.karibati.fr/>

NeoEco, pour une économie circulaire performante et compétitive



Neo-eco est une entreprise d'ingénierie et de conseil au service des collectivités et des industries génératrices de déchets, parmi lesquelles les entreprises de BTP. Elle promeut et développe pour ses clients des modèles d'économie circulaire performante et compétitive, basée sur la valorisation des produits, la revue des process, l'éco-innovation et l'accompagnement environnemental et RSE. <https://www.neo-eco.fr/>

Noé, plateforme de services mutualisés inter-chantiers en région bordelaise :



Noé est le lauréat d'un Appel à Manifestation d'Intérêt lancé en 2015 par une grande opération d'aménagement de France, Bordeaux Euratlantique. « Plateforme Noé » est groupement d'intérêt économique (GIE) réunissant Eiffage et Suez.

Le but de la plateforme est de pouvoir proposer tous les services liés aux métiers de la filière construction, même au-delà de la filière : Noé propose des parkings, de la main d'œuvre, une base de vie, des bureaux, des salles de réunions, de la location de matériels, **une ressourcerie pour revaloriser les déchets, la gestion des terres excavées, la vente de granulats**, des espaces de stockage... La frugalité dans la construction est encouragée, et les économies permises par la numérisation et le BIM. La plateforme essaime

dans d'autres grandes métropoles européennes et propose depuis le 2^e semestre 2018 des tarifs préférentiels liés à l'économie de CO2 réalisée par le fait de venir sur la plateforme. <http://www.platormenoe.fr/>

R-Aedificare, association visant à aider les concepteurs à intégrer des matériaux issus de déconstruction dans leurs projets de construction / réhabilitation :

R - AEDIFICARE Fondée fin 2016, l'association porte l'ambition d'inscrire le réemploi comme une filière à part entière du secteur du BTP, en région SUD de France. Elle a également pour vocation d'assurer la pédagogie et la sensibilisation des acteurs du territoire. L'objectif étant de concourir à la réduction des déchets et à la création de ressources pour les nouvelles constructions et rassembler les acteurs de la construction sur le territoire.

Par exemple, sur un chantier de déconstruction, R-aedificare va s'occuper de la recherche d'organismes ré-utilisateurs, faire l'AMO pour l'organisation du chantier de dépose des matériaux, s'occuper des formalités de traçabilité et suivre les matériaux réemployés jusqu'à leur utilisation nouvelle. <https://raedificare.com/>

Salvo, plateforme digitale structurant l'offre et la demande en réemploi en Grande Bretagne :



Cette plateforme est financée par le programme Interreg Europe du Nord-Ouest, dans le cadre du projet FCRBE (*Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements*), porté par le collectif belge Rotor. Ce projet démarre en 2019 pour une durée de trois ans avec huit partenaires belges,

français et britanniques. L'objectif : promouvoir le réemploi de matériaux de construction en Europe, en donnant plus de visibilité aux opérateurs existants et en créant des outils de méthodologie communs.

<https://www.salvoweb.com/>

Système d'Evaluation des Variantes Environnementales



L'outil SEVE est un éco-comparateur permettant la comparaison de deux ou plusieurs solutions dans le cadre de la réponse à appel d'offres. Ce logiciel disponible en ligne fait appel à des ACV et sa base de données pour fournir une comparaison sur 7 indicateurs environnementaux (consommation énergétique, émissions de GES, préservation de la ressource, tonne kilométrique, gestion de l'eau, biodiversité). <http://www.seve-tp.com>

E. Démonstrateurs

La Vallée, le projet d'éco-quartier de Châtenay-Malabry



La Vallée est un projet d'éco-quartier porté par Eiffage. L'architecte-urbaniste a voulu développer l'interconnexion entre les différents espaces (bureaux, logements, écoles, espaces verts et d'animation, commerces, etc.). De plus, dès la phase de conception, le développement durable et l'économie circulaire sont mis à l'honneur, avec une réutilisation maximale des équipements (projet Réavie) et matériaux issus

de la déconstruction de l'Ecole Centrale, qui occupait auparavant le lieu. Notamment, 98% du béton et des matériaux de démolition seront réutilisés dans le cadre du nouveau projet La Vallée. <https://www.chatenay-malabry.fr/lavallee/>

Plaine Commune, porteur de projets d'aménagement du territoire ambitieux



Plaine Commune est un Etablissement Public Territorial regroupant 9 communes situées au Nord du Grand Paris. Ses prérogatives reprennent entre autres la politique de la ville, l'aménagement urbain, la gestion de l'eau, des déchets, des transports, la construction, l'entretien et la gestion des équipements culturels et sportifs d'intérêt communautaire. Dans ce cadre, Plaine Commune est porteur de nombreux projets d'aménagement du territoire, parmi lesquels la Cité du

Cinéma à Pleyel (transformant un ancien site de production EDF en studios de production cinématographique), l'éco-quartier fluvial de l'Île-Saint-Denis (écosystème urbain intégré bâti sur les anciens entrepôts du Printemps et des Galeries Lafayette, intégrant un volontarisme écologique et social) ou encore la réhabilitation en locaux de la friche industrielle de Babcock à la Courneuve. <https://plainecommune.fr/projets/grands-projets-urbains/>

Bellastock, association d'architecture expérimentale :



L'organisation d'architectes Bellastock intervient sur les sujets de réemploi de matériaux et d'urbanisme. L'expérimentation et le partage des savoir-faire avec le public sont au cœur de son engagement vers des projets résolument écologiques, solidaires et innovants. Bellastock se positionne en créateur de nouveaux usages pour valoriser les espaces et les ressources, et en promoteur de ces solutions pour les professionnels, les étudiants et le grand public. <https://www.bellastock.com/>

L'initiative Bâtiment Zéro Déchet (BAZED) :



Avec le soutien de l'ADEME, le projet BAZED vise à établir de l'aide (transversale et complète) à la conception et de l'information support pour réduire la production de déchets à toutes les étapes du cycle de vie des bâtiments. A la différence de nombreuses initiatives d'EC centrées sur le traitement des déchets une fois ceux-ci produits, BAZED adopte une

démarche holistique et sensibilise les acteurs du bâtiment de façon à intégrer les enjeux d'EC et anticiper la gestion des déchets dès la phase de conception. <http://www.bazed.fr/>

Indura, pôle de compétitivité de la région Auvergne-Rhône-Alpes



Indura est un pôle d'innovation dans le génie civil et les infrastructures ; ce cluster réunit une centaine d'acteurs scientifiques, techniques et économiques dans le but de développer des solutions innovantes pour répondre aux défis environnementaux et sociétaux, notamment pour le

BTP. Les compétences de ce technopôle s'organisent notamment autour des questions d'ingénierie et de conception, de qualité, sécurité et de durée de vie, et d'innovation des produits et procédés. <http://indura.fr/>

Team², plateforme d'innovation collaborative pour l'économie circulaire



Team², pour Technologies de l'Environnement Appliquées aux Matières et aux Matériaux, est un pôle de compétitivité des Hauts-de-France. Son domaine de recherche englobe les éco-matériaux, les écotechnologies, le recyclage. Il propose un accompagnement (notamment financier) pour les projets d'innovation, une mise en relation avec d'autres acteurs (privés ou

institutionnels) évoluant sur les thématiques similaires au sein du réseau, et un partage d'informations stratégiques. <https://www.team2.fr/>

Europa, le siège du Conseil Européen à la façade en réemploi



Cette œuvre architecturale du bureau belge Philippe Samyn and Partners accueillant le siège du Conseil Européen est située rue de la Loi, à Bruxelles. Pour attester de la préoccupation de l'environnement dans la conception, tout en s'adaptant des contraintes du lieu, imposé,

l'architecte a proposé une façade fait d'un patchwork de vieux châssis de bois. Ces 3000 cadres de fenêtre en chêne, symboliquement issus des 28 pays de l'UE, ont été réunis en un puzzle dégageant la vue sur l'intérieur du bâtiment de 11 étages. C'est un exemple de réemploi au service d'un projet architectural ambitieux. <https://samynandpartners.com/fr/portfolio/europa-siege-du-conseil-europeen-et-du-conseil-de-union-europeenne/>

Matabase, place de marché de matériaux en faveur de l'économie circulaire



Matabase est un démonstrateur de la transition écologique, agissant depuis 2014 dans le secteur de l'économie circulaire pour le BTP. Partisan engagé du biosourcé et du recyclé, Matabase propose une marketplace de matières et matériaux écoresponsables pour démontrer la possibilité de réemploi de matériaux dans un périmètre local, sans besoin de stockage. Ses experts forment également un pôle de conseil et prescription à destination des collectivités, des entreprises de construction, des bureaux d'études et architectes, et se donnent pour mission de

coconstruire un modèle circulaire de gestion des ressources. <https://matabase.fr/>

Restore, l'expérimentation autour du réemploi des matériaux

RE-STORE

Re-Store est un mouvement collectif constitué d'acteurs d'horizons divers : artisans, architectes, ingénieurs, designers, etc. Ils s'inscrivent dans une démarche d'économie circulaire dans l'industrie du bâtiment, via la récupération de matériaux (plastique, bois, etc.) et son réemploi en nouveaux produits finis, souvent innovants. L'expérimentation est effectivement au cœur de la démarche de ce collectif. On peut citer des produits d'ébénisterie artistiques, des ateliers de sensibilisation pour les plus jeunes, la création de mobilier avec des matériaux de seconde vie sur-mesure, etc. <https://restore.woma.fr/>

Opalis, construire et rénover en réemploi



L'objectif du site Opalis est de faciliter le recours au réemploi dans la construction et la rénovation. Il propose trois principales rubriques :

- Un annuaire détaillé d'opérateurs professionnels (principalement pour de la revente de matériaux, mais aussi déconstruction, conseils, etc.)
- Une documentation technique pour les matériaux de réemploi les plus courants
- Un catalogue de réalisations récentes et d'exemples de réemploi inspirants

Opalis trouve donc sa place au carrefour entre mise en relation de parties prenantes de l'économie circulaire du BTP, et force de proposition de solutions testées et fiables. <https://opalib.be/fr>

Alternatiba, promoteur de solutions écologiques



Alternatiba est un mouvement écologiste faisant la promotion d'initiatives concrètes pour construire une société durable, par le biais entre autres de "village des alternatives". Dans ce cadre, l'organisation soutient des initiatives dans de nombreux domaines, dont la construction et l'habitat (aide à l'auto-construction, construction écologique, habitat collectif, habitat léger, matériaux naturels, phyto-épuration, etc.).

<https://alternatiba.eu/limousin/category/les-alternatives/habitat/>

NOBATEK/INEF4, accélérateur d'innovation



Ce centre de recherche appliquée a pour mission de développer des solutions innovantes pour améliorer la qualité environnementale et la performance énergétique des bâtiments et des quartiers. Tous les acteurs de la filière BTP sont concernés par les projets de R&D de ce Centre de

Ressources Technologiques : architectes, maîtres d'ouvrage et d'œuvre, promoteurs, bureaux d'étude, collectivités, etc. Parmi les réalisations-phares, on peut citer :

- Immersité®, outil de conception participative via une interface de visualisation 3D
- NEST pour la comparaison de scénarios d'aménagement basée sur des ACV
- PROLEPS pour le suivi de la performance énergétique d'un parc immobilier et l'aide à la prise de décision pour la priorisation des actions de rénovation

<https://www.nobatek.inef4.com/>

BAMB, Buildings as Material Banks:



Avec 15 partenaires issus de 7 pays européens, BAMB s'est donné pour mission d'œuvrer en faveur de la transition vers l'économie circulaire du secteur du BTP. Véritable laboratoire innovant financé par l'UE, l'initiative a contribué à l'émergence et la validation d'outils rendant possible le changement de paradigme, tels que les *Materials Passports* et le *Reverse Building Design*, par le biais de 6 pilotes sur trois ans. En plus de la recherche

expérimentale, l'accent est mis sur la visibilité par les professionnels et le grand public. <https://www.bamb2020.eu/about-bamb/>

« Construire au futur, habiter le futur », Programme d'Investissement d'Avenir



Un consortium de 120 partenaires porté par la Région Île-de-France a remporté en septembre 2019 l'appel à projet « Territoires d'Innovation » initié par la Banque des Territoires pour l'Etat. Aménageurs, concepteurs, constructeurs, fédérations, territoires, citoyens...

l'ensemble de la chaîne de valeur de l'habitat est partie prenante dans ce projet, qui sera doté d'un budget de 300 millions d'euros avec pour objectif – entre autres – de « favoriser l'économie circulaire dans le secteur du bâtiment », de proposer des solutions innovantes d'aménagement urbain et de « verdissement des quartiers » et s'investir dans l'industrie du bâtiment 4.0, avec notamment « la création d'une usine de construction modulaire ».

<https://www.iledefrance.fr/la-region-ile-de-france-laureate-de-lappel-projets-national-territoires-dinnovation>

Bibliographie

N°	Rédacteur / Commanditaire	Année de publication	Titre	Type de document
1	Le Monde	2019	Loi antigaspillage : "il existe des solutions pour que le secteur du bâtiment crée moins de déchets"	Article
2	FFB	2016	Le bâtiment à l'heure de l'économie circulaire	Dossier
3	BatiActu	2018	Economie circulaire dans le BTP : une démarche zéro déchets testée par Bouygues	Article
4	ADEME	2018	Economie circulaire dans le BTP - Bilan des 18 projets de R&D de l'APR 2012-2014	Publication
5	OREE	2018	Comment mieux déconstruire & valoriser les déchets du BTP	Publication
6	GIE Réseau des CERC	2018	Déchets et recyclage du Bâtiment et des Travaux Publics en France : les contributions du Réseau des CERC	Publication
7	CGDD, SDES	2018	Le recyclage des déchets produits par l'activité de BTP en 2014	Publication
8	Alliance HQE GBC France	2017	L'économie circulaire, tremplin du bâtiment durable pour tous 15 leviers pour agir Cadre de définition de l'économie circulaire dans le bâtiment	Publication
9	ADEME	2016	Identification des freins et des leviers au réemploi de produits et matériaux de construction	Publication
10	Bruxelles Environnement	2017	Economie circulaire dans le secteur de la construction à Bruxelles : état des lieux, enjeux et modèle à venir	Publication
11	ADEME		Les cas d'intégration du réemploi au projet d'architecture	Publication
12	BAMB (Buildings As Material Banks)	2019	Testing BAMB results through prototyping and pilot projects	Publication
13	ADEME	2018	Economie circulaire : un atout pour relever le défi de l'aménagement durable des territoires	Publication
14	ADEME	2016	DEMOCLES - Les clés de la démolition durable	Publication
15	SNED / DEMOCLES	2018	Guide d'information sur les filières de valorisation des déchets du second-œuvre	Publication
16	Alessia Mangialardo and Ezio Micelli	2018	Rethinking the construction industry under the circular economy : principles and case studies	Article scientifique
17	Pedro Nunez-Cacho, university of Jaen, Spain	2018	New measures of circular economy thinking in construction companies	Article scientifique
18	Eline Leising, Delft University of Technology	2017	Circular economy in the building sector : three cases and a collaboration tool	Article scientifique
19	RECORD	2017	Gestion et réutilisation de matériaux excavés : comment favoriser l'économie circulaire	Publication
20	France Stratégie	2016	L'économie circulaire, combien d'emplois ?	Note d'analyse

21	World Economic Forum	2016	Shaping the Future of Construction : A Breakthrough in Mindset and Technology	Publication
22	OCDE	2018	Global Material Resources Outlook to 2060 – Economic drivers and environmental consequences	Publication
23	Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC) en Belgique	2018	Vers une économie circulaire dans la construction	Publication
24	PIPAME / DGE	2016	PROSPECTIVE : Marché actuel et offre de la filière minérale de construction et évaluation à échéance de 2030 - Synthèse	Document Synthèse -
25	Nomadeis	2017	Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction (à l'exception du bois) - Etat des lieux économique du secteur et des filières	Document Rapport -
26	P. Ghisellini, M. Ripa, S. Ulgiati	2018	Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review	Article scientifique
27	ADEME	2018	MODELISATION MACROECONOMIQUE APPLIQUEE A L'ECONOMIE CIRCULAIRE	Document Rapport -
28	Fédérations professionnelles	2019	Etude de scénarii pour la mise en place d'une organisation permettant une gestion efficace des déchets du bâtiment dans le cadre d'une économie circulaire	Synthèse

Chapitre 2 : Projets d'économie circulaire dans les grands programmes d'aménagement en France et en Europe

Introduction

1. Objectifs

Lors de la première phase de la mission, nous avons analysé les enjeux de l'économie circulaire dans le BTP, grâce à une recherche bibliographique approfondie et une série d'entretiens avec des professionnels. Ces éléments nous ont permis de formaliser deux prismes d'analyse des enjeux de l'économie circulaire dans le BTP, que sont :

- Les freins existants, en France, relatifs à la mise en œuvre de démarches d'économie circulaire, et les leviers déployés pour les lever
- Une matrice permettant de visualiser le degré de maturité des boucles d'économie circulaire, en fonction, d'une part, du matériau concerné, et de l'autre, des piliers de l'économie circulaire définis par l'ADEME

Une fois ces premières pistes d'analyse esquissées, il convient de les aborder plus en détails au sein de la Phase 2, grâce à **l'étude approfondie de cas réels de projets d'économie circulaire dans des grands projets d'aménagement**, en France et en Europe. Il est important de noter qu'au-delà de l'approche « matériaux » effectuée en Phase 1, il s'agit désormais **d'adopter une vision plus globale des chantiers d'aménagement**. En effet, l'économie circulaire se doit, par définition, d'être pensée de manière systémique et non limitée à un certain type de produit ou matériau. C'est cette démarche plus générale de projets, à l'échelle d'un site géographique ou d'un territoire, qui permet la mise en œuvre simultanée de plusieurs des piliers de l'économie circulaire.

Les deux objectifs principaux de cette deuxième phase consistent donc à synthétiser le développement actuel des projets d'économie circulaire dans les grands programmes d'aménagements urbains en France et en Europe, et d'illustrer, à l'aide de cas réels, les conclusions plus générales tirées en Phase 1.

2. Méthodologie de l'analyse

La première étape de cette seconde phase de l'étude a donc consisté à identifier trois grands projets d'aménagement, en cours ou terminés, ayant mis en œuvre une démarche d'économie circulaire. Plusieurs critères ont permis de guider nos recherches :

- Le périmètre géographique : France ou Europe, avec l'idée d'étudier deux cas français et un à l'international, dans la mesure du possible
- Le caractère central de l'économie circulaire au sein du chantier : elle ne devait pas constituer un détail mais bien une des lignes directrices du projet d'aménagement.
- Une diversité entre trois projets sélectionnés, afin de mettre en avant différents aspects de l'économie circulaire.
- La sélection devait favoriser les projets présentant une approche « systémique » de l'économie circulaire plutôt que centrée sur un type de matériau ou produit.

Les trois projets sélectionnés

- (i) Le **Grand Paris** a naturellement représenté un projet incontournable pour cette étude, de par son ampleur (en termes d'échelle géographique et d'ambition), et de la diversité de chantiers en son sein ayant mis en œuvre une ou plusieurs démarches d'économie circulaire. Il s'agit en effet du plus grand chantier actuel en Europe. Deux sous-projets, concernant les terres excavées et tous deux appartenant au Grand Paris ont été retenus et étudiés :
- Les terres excavées de l'EPA Paris-Saclay
 - La gestion des terres excavées par la Société du Grand Paris

Il s'agit donc ici de deux approches *mono-matériau* différentes, au sein d'un même grand projet d'aménagement, ce qui rend l'analyse enrichissante.

- (ii) Le second cas d'étude sélectionné est le **chantier de la Maillerie**, à Lille, qui représente un projet phare et emblématique, dans la mise en œuvre de démarches d'économie circulaire dans le BTP. Il s'agit là de la reconversion d'un ancien site des Trois Suisses, en un nouveau quartier, alliant lieu de vie, commerces, bureaux, promouvant le vivre-ensemble, en tentant de favoriser le lien social entre les habitants. Ce chantier a donc été dès son origine pensé comme devant s'inscrire dans le territoire, en conservant l'héritage culturel de la région, et en impliquant une grande diversité d'acteurs locaux. La démarche d'économie circulaire a également découlé d'une volonté de réutiliser ou réemployer la plus grande quantité possible de ressources issues de l'ancien site, et pour ce faire, a fait appel à une large diversité de structures partenaires du projet.
- (iii) Enfin, il a été décidé d'axer les recherches pour un troisième projet à l'international, afin d'obtenir une vision plus large des démarches entreprises en termes d'économie circulaire en Europe. En effet, certains pays présentent des contextes (juridiques, d'organisation territoriale etc.) plus favorables à la mise en œuvre de telles démarches innovantes que la France. Il est donc intéressant de pouvoir étudier ces projets afin de pouvoir s'en inspirer pour dresser des recommandations générales par la suite. Un certain nombre de projets ont été identifiés (voir Figure 8), démontrant le fleurissement des démarches d'économie circulaire dans de nombreux pays d'Europe.

Le cas d'étude retenu est le **Projet Zin, à Bruxelles**, qui consiste en la restauration d'anciens bureaux datant des années 1970 en un espace multifonctionnel au cœur du quartier d'affaires de la ville. L'économie circulaire y est appliquée sous plusieurs formes comme la réutilisation d'un grand nombre de matériaux (dont le béton, pour des structures du nouveau bâtiment) ou la certification « Cradle to Cradle (C2C) » de certains produits.

Angleterre	Benelux	Autres
<p>Fondation Ellen McArthur Reco sur d'éventuels projets intéressés à communiquer.</p> <p>Green Construction Board Reco sur d'éventuels projets intéressés à communiquer.</p> <p>Londres: Clarion Housing Group KLH Sustainability</p> <p>Londres: Mercato Ilford Interrobang</p>	<p>Pays-Bas: Park 2020 Amsterdam Delta Development group</p> <p>Pays-Bas: Tridos Bank Project Rau Architects + Mark Hamstra</p> <p>Pays-Bas: Circl Project Niina Pussinen</p> <p>Pays-Bas: Buiksloterham Project Eva Gladek</p> <p>Belgique: Pleiades 71, Pavillon 7 Inclusio</p> <p>Belgique: Projet Recleem Casa Blanco</p> <p>Belgique: Projet ZIN BESIX Group</p>	<p>Allemagne : RAG project Drees & Sommer : Marce Ozer, via Théophile Thiberge</p> <p>International : Eiffage Valérie DAVID, Déconstruction des hangars de la Poste sur l'aéroport de Nice - Ecoquartier La Vallée à Châtenay-Malabry</p>

Figure 8 : Projets identifiés à l'international (ou en France) pour le troisième cas d'étude

Le Tableau 9 synthétise les éléments d'économie circulaire mis en œuvre au sein des trois projets que nous avons analysés. Ils seront plus longuement détaillés dans les parties spécifiquement dédiées à chaque projet.

Tableau 9 : Piliers de l'économie circulaire à l'œuvre dans les trois grands projets d'aménagement sélectionnés pour l'étude

<u>Pilier de l'économie circulaire</u>	1. Grand Paris 	2. La Maillerie 	3. Projet ZIN 
Extraction/Exploitation et achats durables	X	X	X
Eco-conception	X	X	X
Ecologie industrielle et territoriale	X	X	X
Economie de la fonctionnalité	X	X	X
Consommation responsable			X
Allongement de la durée d'usage		X	X
Recyclage	X	X	X

Les entretiens menés

Les entretiens ont été menés pour les trois grands projets sélectionnés, avec une ou plusieurs personnes impliquées directement et, dans la mesure du possible, en charge de l'économie circulaire au sein du projet. Afin de structurer les différentes étapes de l'entretien, et de systématiser la démarche pour les trois projets, un guide d'entretien a été préparé. **Les objectifs consistaient à comprendre les enjeux techniques, opérationnels, besoins de coordination, ainsi que les équilibres économiques présents au sein des trois projets**, en confrontant les premiers enseignements de l'état de l'art (Phase 1) à ces cas réels décrits par nos interlocuteurs. Les différents blocs de l'entretien sont détaillés dans l'encadré ci-dessous. Sont également présentés les professionnels interrogés pour chacun des trois grands projets d'aménagement identifiés.

Structure de l'entretien (Phase 2)

A destination des responsables des projets sélectionnés, en charge de l'économie circulaire

1. Introduction et contexte

- Présentation de l'interlocuteur
- Présentation de la structure

2. Description du projet

- **Genèse du projet** : qui a porté le projet ? Quelle a été l'adhésion des acteurs ? Quelles étaient les motivations initiales (en termes d'économie circulaire ou d'enjeux financiers) ?
- **Périmètre du projet** : quels sont les principaux flux (matériaux, financiers...) ? Quelle est l'intégration du projet au sein du territoire ? Quels sont les partenaires et autres acteurs concernés ?
- **Enjeux technico économiques de l'économie circulaire**, en les comparant avec un scénario « *Business as usual* » sans gestion circulaire (coûts évités, création de valeur, impacts directs et indirects)
- **Les acteurs du projet** : cartographie de l'évolution des différentes parties-prenantes
- **Proportion réelle de l'économie circulaire** dans le projet
- **Freins et leviers** à la mise en place de boucles d'économie circulaire (quels outils ont été déployés ? Quelles démarches se sont révélées infructueuses ?)
- **Bénéfices et coûts** : qui perd et qui gagne ? Comment ont évolué les objectifs au cours du projet ? Comment se situent les résultats par rapport à ces derniers ? Quels indicateurs ont été mis en place pour les évaluer ?

Professionnels interrogés pour les trois grands projets

	1.a. EPA Paris-Saclay	1.b. Société du Grand Paris	2. La Maillerie	3. Projet ZIN
Interlocuteur	Michael Torriel (EPA Paris-Saclay)	Alexandre di Cocco (Société du Grand Paris)	a) Alexandre Garcin (Bouygues Bât. Nord-Est) b) Katell Guillemot (Linkcity IDF)	Carole Simons & Talina Zeidan (BESIX, Belgique)
Rôle au sein du projet	Directeur des projets techniques et infrastructures	Chargé de Projets Innovation	a) Responsable construction durable & innovation b) Responsable développement immobilier	Ingénieures de construction et méthodes durables

Un entretien a également été mené avec **Marie-Dominique Bogo, directrice générale de Batirim**, société ayant créé un outil digital permettant une déconstruction sélective des bâtiments. Cet entretien nous a permis d'obtenir une vision plus générale concernant l'économie circulaire en France.

1. Présentation des deux projets : EPA Paris-Saclay et la Société du Grand Paris

1.1 GENESE ET OBJECTIFS DU PROJET

Le Grand Paris, initié en 2007, représente actuellement le plus grand chantier d'Europe. Il a pour ambition de construire une grande métropole parisienne, en suivant plusieurs objectifs directeurs, dont l'amélioration et l'extension massive du réseau de transports publics dans le but de corriger les inégalités territoriales, et de contribuer à la réduction de l'empreinte environnementale. Un des éléments phares du projet est effet le *Grand Paris Express*, la construction de quatre nouvelles lignes de métro autour de la capitale, ainsi que l'extension de deux déjà existantes, totalisant 200km de lignes.

Ce nouveau réseau de transport doit permettre d'amplifier la dynamique de développement territorial entamée pour la métropole, en structurant des **Contrats de Développement Territorial (CDT)**. Ces derniers constituent des outils de planification permettant de ventiler les objectifs du Grand Paris au niveau local des collectivités territoriales. Ils ont pour but de dynamiser les territoires stratégiques, ayant été ciblés pour leur potentiel de développement urbain. Ces contrats concernent les aspects du logement, de la culture, du sport, de la lutte contre l'exclusion ainsi que la protection de l'environnement (espaces agricoles ou forestiers). Ils permettent donc de fixer des objectifs de programmation de l'aménagement territorial, sur une durée de 15 ans.

Enfin, le projet du Grand Paris est également caractérisé par la volonté de **créer des nouveaux pôles économiques, pour la recherche, l'innovation et la valorisation industrielle** autour de la capitale, pouvant être reliés entre eux, au centre de la capitale, ainsi qu'aux aéroports et gares TGV grâce au réseau de transport. Sept territoires « clusters » ont été identifiés, dont Paris-Saclay, pôle de l'Innovation et de la Recherche.

Deux grands projets d'économie circulaire (concernant les terres excavées) au sein du Grand Paris ont été identifiés dans le cadre de cette étude, que nous présenterons successivement.

1.1.a L'EPA Paris-Saclay

L'Établissement Public d'Aménagement (EPA) Paris-Saclay représente l'un des huit principaux pôles d'innovation dans le monde (source : MIT Technology Review, juillet 2013), regroupant 40% de la recherche publique de la région parisienne et 40% des activités de R&D industrielle concernant les nouvelles technologies. En 2018, l'EPA a noué un partenariat avec l'ADEME d'une durée de trois ans, visant à faciliter une transition vers une économie territoriale plus sobre dans son utilisation de ressources²⁷. L'ADEME mobilise donc plusieurs fonds (dont le Fonds Chaleur et le Fonds Déchets) pour le financement de différents projets. Trois grands axes ont été identifiés : ville et territoire durable, transition énergétique et économie circulaire et déchets. C'est cette dernière thématique qui fait l'objet de cette étude.

Le projet vise plus particulièrement à **valoriser les terres excédentaires des déblais issus des chantiers des opérations d'aménagement de la zone Paris-Saclay**, pour la reconstitution de sols fertiles à l'échelle du plateau de Saclay. L'objectif consiste en la **création de filières alternatives à l'évacuation de terres**

²⁷ <https://www.epaps.fr/lademe-ile-de-france-lepa-paris-saclay-sengagent-faveur-de-linnovation-lutter-contre-changement-climatique/>

inertes en installation de stockage de déchets ou en réutilisation géotechnique en remblai de voirie (limons traités). Cette approche permet alors de répondre à des besoins précis des secteurs déficitaires, à l'échelle de Paris-Saclay.

Il s'agit donc là bien de la **création d'une nouvelle boucle d'économie circulaire à une échelle locale**, pouvant assurer des bénéfices à divers types d'acteurs (agriculteurs, collectivités locales etc.). Les terres excavées passent alors d'un statut de « déchet » à une caractérisation de « produit ». Ce projet a été porté par le directeur des travaux de Paris-Saclay, qui avait l'ambition de gérer le chantier de manière circulaire dès son commencement. Ce dernier, accompagné des maîtres d'ouvrages, s'est donc engagé à mettre en œuvre un chantier « zéro-déchet », un objectif qui a guidé l'entreprise de cette nouvelle démarche innovante. Le projet se situe par ailleurs au sein de l'Essonne et des Yvelines, où les terres y sont très saines, et présentent donc un fort potentiel de réutilisation comme ressources.

Les objectifs de ce projet sont donc à la fois économiques (limiter les dépenses liées à la l'évacuation et au stockage des matériaux) **et environnementaux** (réduire les émissions de gaz à effet de serre liées au transport de matériaux et limiter la pression sur les ressources naturelles au sein d'une zone à forte tension).

1.1.b La Société du Grand Paris

La Société du Grand Paris (SGP) est l'entreprise publique créée par l'État dont la mission est de piloter le déploiement et le financement du Grand Paris Express. Elle assure donc la construction des infrastructures qui composent le réseau de transport. Sur toute la durée du chantier, il est prévu que 45 000 tonnes de déchets (terres et déblais) soient générées, ce qui représente une augmentation annuelle de 10 à 20% de la production totale de déchets issus des chantiers d'Ile de France. **La SGP s'est donc engagée dans une démarche de gestion des déblais, grâce au Schéma Directeur des Déblais (SDED)**, qui définit la stratégie générale de gestion des déblais. Cinq axes principaux ont été identifiés : reconnaissance des sols, construction/excavation, caractérisation des déblais, transport/traçabilité et enfin destination/valorisation.

Pour l'ensemble du projet, la SGP s'est fixé l'objectif de revaloriser 70% des déchets de chantier, selon les objectifs de la Loi Cadre Européenne. Or, seulement 40% sont aujourd'hui atteints, un niveau tout à fait insuffisant, qui a donc poussé les responsables en charge du développement durable de la Société à monter une cellule dans le but de s'atteler à ce sujet spécifique. C'est donc sur le cinquième pilier, la valorisation des terres, que cette étude se penche, en particulier à la **démarche de valorisation de « matières »**, pour leur réutilisation dans les aménagements et au sein de filières agricoles.

1.2 LE PERIMETRE DU PROJET

1.2.a L'EPA Paris-Saclay

Le projet de valorisation des terres de l'EPA Paris-Saclay concerne le sud du plateau de manière plus spécifique, composé des deux zones d'activité commerciale (ZAC) : celle de l'Ecole Polytechnique, et celle du quartier de Moulon. La Figure 9 présente le territoire de Paris-Saclay, et en particulier les deux zones concernées par le projet analysé dans cette étude. On y voit que les deux ZAC sont implantées au cœur d'un territoire plus large, un constat qui permet de mieux comprendre la démarche d'économie circulaire dont il est question, à laquelle plusieurs acteurs locaux sont impliqués.

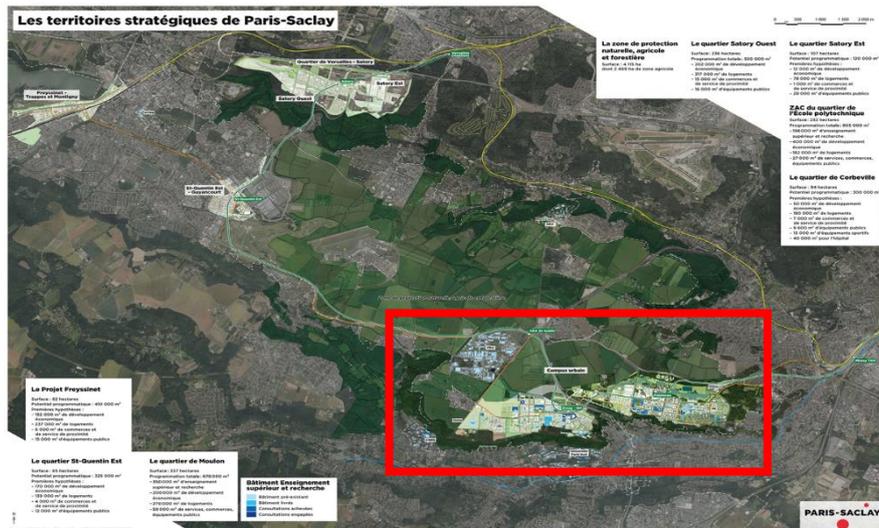


Figure 9 : Les territoires de Paris Saclay. Encadré en rouge : les deux ZAC concernées par le projet de fertilisation et de valorisation des terres

1.2.b La Société du Grand Paris

Le réseau de métro automatique du Grand Paris Express est organisé autour de liaisons de rocade. Il vise à relier entre eux les grands pôles stratégiques de la région Ile-de-France, tout en les connectant avec le centre de l'agglomération parisienne. Le réseau complet totalise environ 200 km de tracé majoritairement en souterrain et compte 68 gares, comme on peut le voir sur la Figure 10.

Les trois zones concernées par l'étude sont celles représentées dans les encadrés rouges, les lignes 15 Est et Ouest, ainsi que la ligne 18.

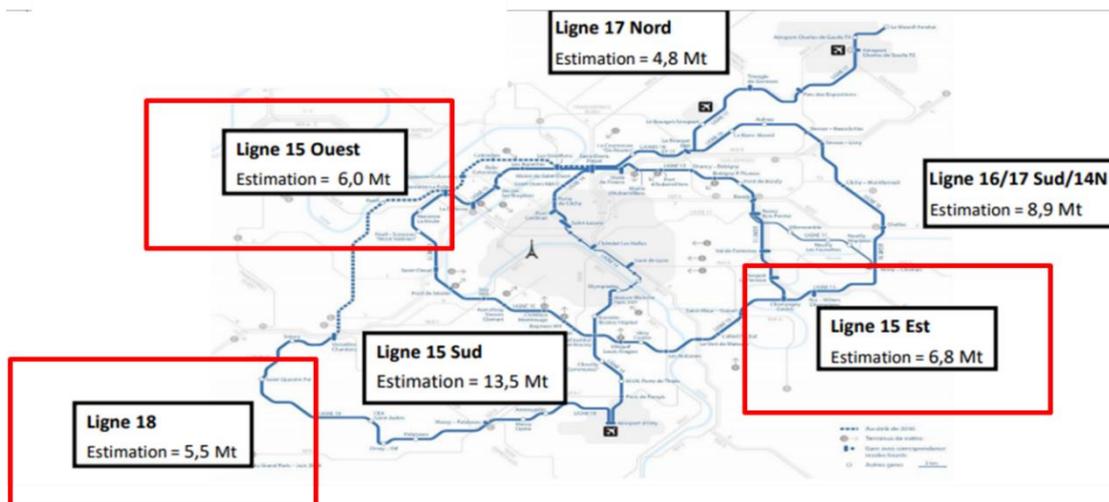
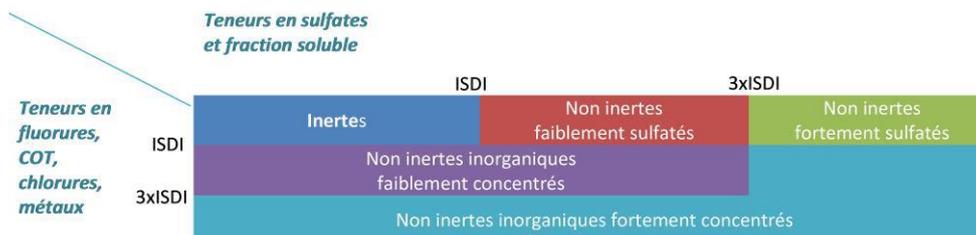


Figure 10 : Périmètre du Grand Paris Express. Encadré en rouge : les trois zones concernées par le projet de valorisation « matières » des terres excavées par la Société du Grand Paris

Il est également intéressant d'avoir une vision du type et de la qualité des matériaux excavés par le chantier du Grand Paris Express, un élément particulièrement pertinent pour l'approche de valorisation « matière » décrite plus bas. En effet, des études menées dès 2014 ont montré qu'une large proportion des terres excavées (60%) est non-inerte, mais que plus de 95% des matériaux étaient non-pollués, du fait de la profondeur des excavations. La Figure 11 ci-dessous détaille la classification des différents matériaux

excavés. On y voit qu'il existe une grande variation des matériaux en termes de concentration en éléments chimiques (chlorures, métaux etc.), ce qui est déterminant pour la caractérisation fine des différents matériaux, à l'œuvre dans la démarche de valorisation « matières ».



Qualité environnementale prévisionnelle des déblais à l'échelle du GPE : répartition par type de déblais

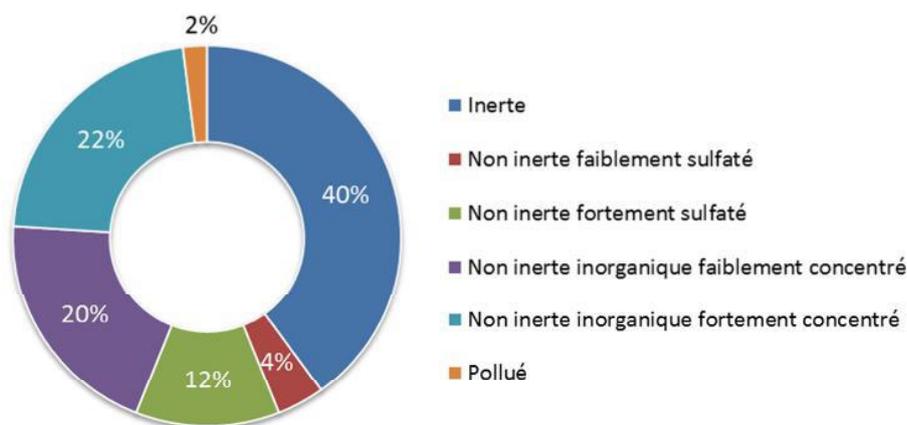


Figure 11 : Classification des matériaux excavés au sein des chantiers du Grand Paris (Source : Société du Grand Paris, 2017)

1.3 GENESE ET OBJECTIFS DU PROJET

Les deux projets étudiés s'inscrivent de manière plus large dans le projet du Grand Paris, qui a vu le jour en 2007. Il est intéressant de replacer les deux cas d'étude dans la chronologie du projet dans son ensemble. Ainsi, les dates clefs du Grand Paris sont décrites ci-dessous :

- **Septembre 2007** : souhait du président de la République qu'un « nouveau projet d'aménagement global du Grand Paris » voie le jour
- **Mars 2008** : Création du Secrétariat d'Etat en charge du développement de la Région Capitale, dans l'objectif de renforcer l'attractivité économique et culturelle de la France
- **Juin 2010** : La première étape du Grand Paris est entamée, par la promulgation d'une loi relative au Grand Paris, portant sur le réseau de transport et du développement territorial.
- **Mars 2013** : La date de fin des travaux est fixée à 2030
- **Juin 2016** : Les travaux de génie civil du Grand Paris Express débutent sur le premier chantier
- **Mars 2017** : L'ensemble du réseau peut désormais être construit, la ligne 18 du Grand Paris Express étant déclarée d'utilité publique
- **2019** : 130 chantiers en activité visant à la réalisation du Grand Paris Express
- **2024-2030** : Mise en service progressive de différentes lignes de métro du Grand Paris Express

La Figure 12 présente la chronologie des deux projets analysés au sein de cette étude.

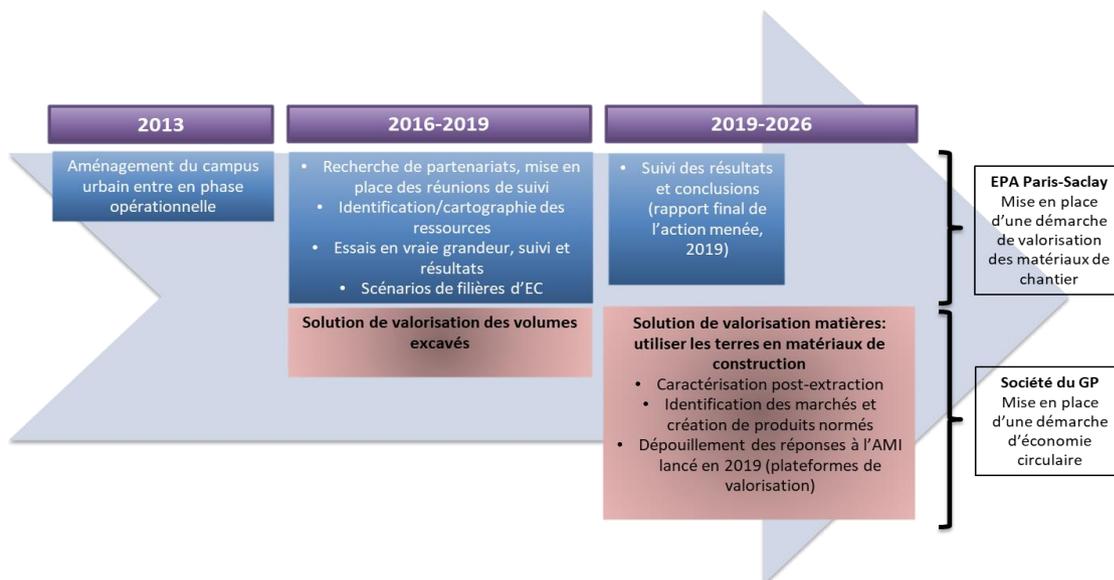


Figure 12 : Chronologie des deux projets du Grand Paris de valorisation de terres excavées

1.4 INTEGRATION DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE

1.4.a L'EPA Paris Saclay

Trois étapes clefs composent le projet de valorisation des terres au sein de l'EPA Paris-Saclay :

L'identification et la cartographie des ressources et des besoins. Il s'agit là de la mise en œuvre d'une plateforme numérique de gestion des données de sol, grâce à une cartographie SIG des ressources et besoins (en volumes et qualité des matériaux). La gestion des flux et sa mise à jour en temps réel.

Des essais agronomiques en vraie grandeur. Cette étape vise à créer une plateforme physique de gestion des terres, de stockage des ressources et des composts, et d'essais de mélanges de matériaux ressources. Elle permet ainsi d'effectuer un suivi agronomique et environnemental des différents mélanges testés.

La recherche de partenariats et le développement d'une filière d'économie circulaire. Enfin, cette dernière étape consiste en la prise de contact avec l'ensemble des partenaires impliqués dans la démarche, et d'organiser des réunions d'information avec les parties prenantes.

Trois types de matériaux sont concernés par la démarche d'économie circulaire de l'EPA Paris-Saclay, les terres végétales, les limons et les argiles. Les premières sont directement réutilisées au sein des espaces verts locaux. Les argiles, sont quant à elles employées pour assurer l'étanchéité des fonds de bassin de rétention. Enfin, les limons sont réutilisés au sein des éléments de chaussée (premières voiries). Ces

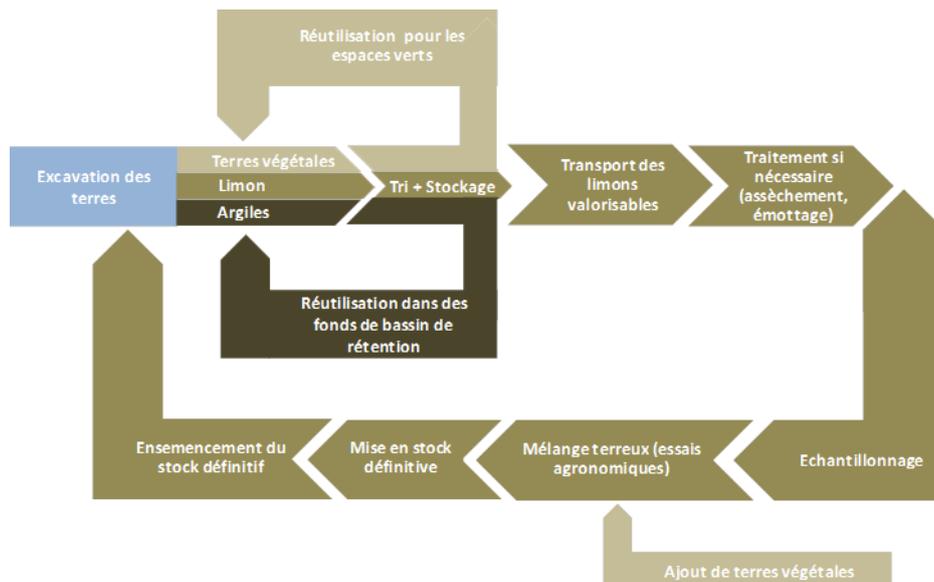


Figure 13 : Processus de valorisation des terres excavées au sein du projet de l'EPA Paris-Saclay

matériaux, qui ne constituent pas une matière organique, sont moins demandés que les terres végétales, et sont donc excédentaires. Les maîtres d'ouvrages décident alors d'amender ces limons en terres végétales, afin de les rendre fertiles, et donc réutilisables au sein d'aménagements paysagers aux alentours. Le processus de valorisation est décrit sur la Figure 13. Il s'agit bien là d'une **boucle permettant la réutilisation sélective des différents matériaux excavés, et assurant la mise en place d'un processus cyclique de long terme.**

1.4.b La Société du Grand Paris

Au sein du projet, la SGP a défini la valorisation des déblais comme « tout mode de gestion des matériaux excavés dont la destination n'est pas une filière définitive de stockage²⁸ ». Il s'agit donc de déblais réemployés in situ, sur un autre site du Grand Paris Express, valorisés en réaménagement de carrière, pour un projet d'aménagement autorisé, ou dans la filière du BTP. Deux grandes approches sont distinguées :

- **La valorisation « volume »** des terres dans des projets de remblaiement locaux (carrières, parcs urbains etc.). Il s'agit donc là d'un comblement d'une structure par une grande quantité de matériaux. Cette approche nécessite une coordination importante des acteurs, et ne s'est donc pas avérée entièrement satisfaisante.
- **La valorisation « matière »**, qui consiste à analyser les propriétés mécaniques des terres excavées et les traiter si nécessaire, afin de pouvoir les réutiliser en les substituant à des matériaux neufs.

Les deux approches sont illustrées dans la Figure 14. La seconde approche constitue l'objet plus particulier de notre étude, de par son caractère innovant, et parce qu'elle offre un potentiel de valorisation plus important que la valorisation volume. Elle a en effet pour objectif de **valoriser les matériaux en fonction de l'analyse approfondie de leurs caractéristiques, et par la suite de structurer des filières en partenariats avec des acteurs de la construction de la région.**

²⁸ Société du Grand Paris (2017) « Schéma de gestion et de valorisation des déblais ». https://www.societedugrandparis.fr/sites/default/files/170202_sgp_sogeme_a3_paysage_v52.pdf

- Valorisation « volumes » dans des projets de remblaiement locaux



- Valorisation « matière » en éco-matériaux

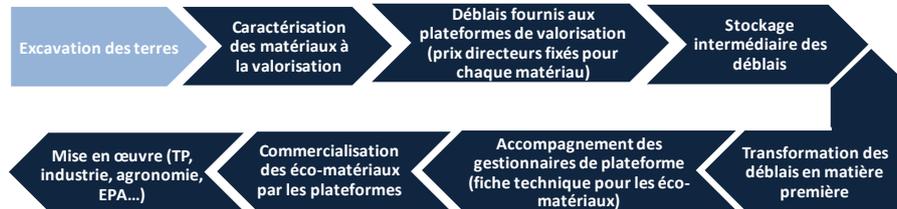


Figure 14 : Deux approches de valorisation des terres excavées par la SGP

En 2019, un appel à manifestation d'intérêt (AMI) a été publié par la SGP, visant à informer des gestionnaires de plateformes de valorisation (stockage, préparation, transformation de déblais), dans le but d'engager un partenariat avec la société. Cette démarche s'inscrit donc dans une stratégie de gestion partagée des matériaux excavés, avec les acteurs territoriaux.

Chaque matériau est donc caractérisé de manière tri-dimensionnelle :

- La lithologie des formations géologiques
- La méthode de terrassement (l'utilisation d'adjuvants dans le creusement par le tunnelier peut influencer sur la valorisation du matériau)
- La qualité chimique du matériau

Cette caractérisation a donné lieu à un **grand nombre de combinaisons de matériaux** (44, plus précisément), **multipliant également les types de plateformes de valorisation intéressées par ces matériaux, et par conséquent les usages de ces matériaux une fois valorisés** (par exemple : remblais, liant hydraulique, terre végétale, étanchéité, granulats, graves, composite plastiques etc.). La SGP s'engage à produire une fiche technique pour chaque combinaison. A ce jour, une quinzaine d'acteurs a répondu à l'AMI, proposant 111 plateformes différentes.

Les matériaux qui intéressent les différents acteurs dépendent des applications envisagées, ainsi que des moyens de traitement à leur disposition. **Deux propriétés des terres sont étudiées en priorité :**

- Les **seuils chimiques** qui conditionnent le coût de valorisation des terres
- Les **propriétés mécaniques et géotechniques** des lots de déblais, et en particulier, la granulométrie (les fractions fines sont moins recherchées, présentent dans les matériaux très argileux).

2. Présentation détaillée des acteurs

Cette partie expose les différents acteurs impliqués dans les deux projets du Grand Paris. Les démarches d'économie circulaire analysées ici sont en effet caractérisées par de fortes interactions entre une grande diversité d'acteurs, et qui déterminent la réussite du projet. Il est donc important de décrire précisément le rôle que chacun a eu dans la mise en œuvre de la démarche.

2.1 L'EPA PARIS-SACLAY

La démarche d'économie circulaire de l'EPA décrite dans cette étude, initiée par le maître d'ouvrage, était

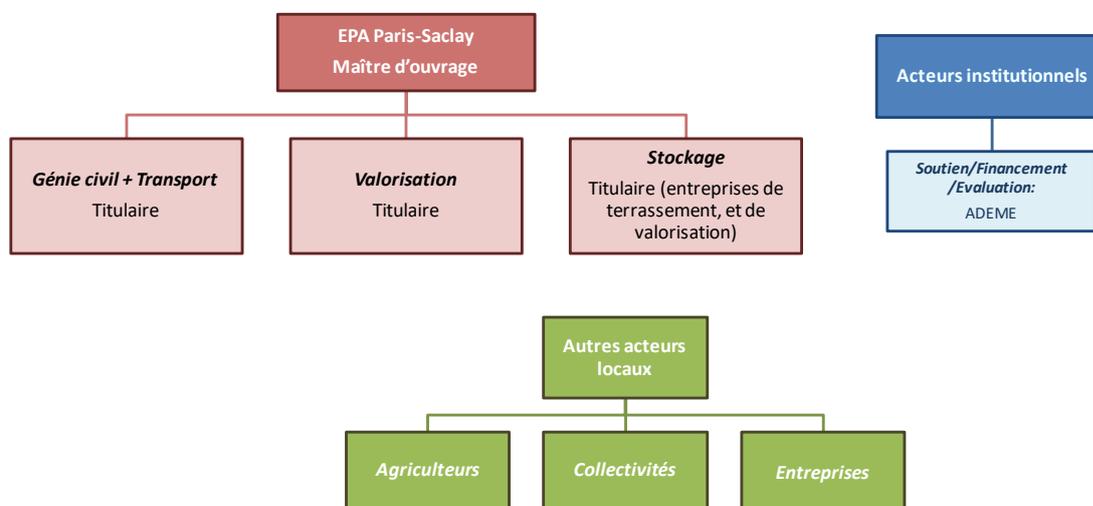


Figure 15 : Les acteurs impliqués dans le projet de l'EPA Paris-Saclay

entièrement nouvelle, c'est-à-dire non précédée d'un projet existant. Il n'y a donc ici pas eu d'évolution des acteurs impliqués au cours du temps. La Figure 15 présente les différentes entités ayant participé à la mise en œuvre du projet.

i. Le maître d'ouvrage : EPA Paris-Saclay

C'est l'EPA qui supervise le projet d'économie circulaire, et le directeur de travaux qui a initié la démarche. C'est donc le maître d'ouvrage qui gère les titulaires en charge du génie civil et du transport des terres, de la valorisation et du stockage des matériaux sur le site de Saclay. Dans le processus de valorisation, qui consiste en la tenue d'essais agronomiques d'amendement des limons, le projet implique des professionnels comme des géotechniciens ou des laboratoires, qui effectuent l'analyse des matériaux. Il est intéressant de souligner que différents acteurs utilisant les plateformes de stockage (entreprise de terrassement, émettrice des terres, et l'entreprise de réemploi, receveuse des terres), sont tour à tour en charge de gérer les terres stockées, afin de limiter les questions de responsabilités.

ii. Autres acteurs locaux

Enfin, le projet de valorisation des terres est basé sur l'implication de divers acteurs territoriaux, dans le but de coordonner l'émission des terres et leur réception pour utilisation à de nouvelles fins. Trois principaux acteurs locaux sont donc concernés : les agriculteurs, qui reçoivent les terres végétales et limons fertilisés, et les collectivités, qui bénéficient alors de matériaux à utiliser au sein de chantiers déficitaires (projets paysagers ou écologiques). Les entreprises locales de BTP et d'aménagement régionales sont également impliquées, puisqu'elles peuvent être intéressées par les différents matériaux mis à disposition par l'EPA Paris-Saclay. Plusieurs réunions d'information et recueils d'intérêt ont été organisés tout au long de la démarche dans le but de rassembler tous les partenaires potentiels concernés par le projet.

iii. Les acteurs institutionnels : l'ADEME

Comme décrit plus haut, la démarche d'économie circulaire a été portée à la fois par le maître d'ouvrage, et par l'ADEME, dans le cadre d'un accord plus large visant à promouvoir l'innovation pour lutter contre le changement climatique (trois thèmes principaux sont mis en avant : territoires durables, la transition énergétique et l'économie circulaire). L'ADEME apporte donc un soutien important, à la fois financier, mais

également en termes de promotion et d'évaluation du projet, dans le but de structurer de nouveaux modèles d'économie circulaire, favorisant une utilisation plus sobre des ressources. La démarche a donc fait l'objet d'une fiche « Optigede²⁹ » d'expérience exemplaire par l'ADEME, et figure également au sein d'un rapport plus général concernant l'identification des freins et leviers au réemploi de matériaux et produits de construction (ADEME, 2016).

2.2 LA SOCIETE DU GRAND-PARIS

De par l'ampleur des chantiers sous la responsabilité de la SGP, il existe nécessairement un grand nombre d'acteurs impliqués sur les différents projets du Grand Paris.

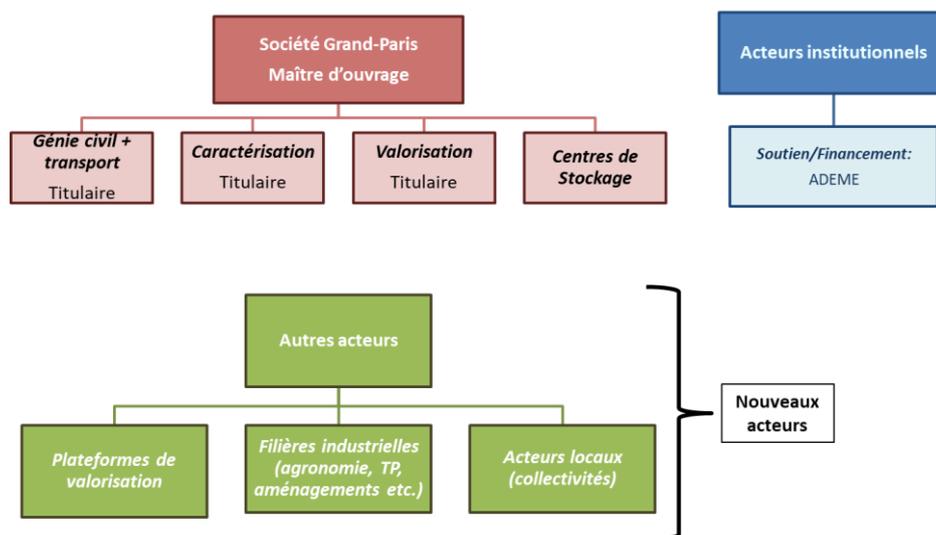


Figure 16 : Acteurs impliqués dans le projet de valorisation de la SGP

i. Le maître d'ouvrage : La Société du Grand Paris (SGP)

La SGP supervise les étapes clés de la valorisation des terres au sein de la démarche d'économie circulaire décrite plus haut. Initialement, les matériaux excavés étaient évacués vers de divers exutoires, et leur transport est assurée par le titulaire du génie civil. Les flux de transport ont désormais évolué vers les nouvelles plateformes de valorisation. Il se peut qu'un système de transport secondaire (contre-fret) soit envisagé à l'avenir afin d'optimiser les trajets des plateformes de valorisation qui approvisionnent la région Parisienne en matériaux. La SGP gère également le stockage éventuel des matériaux, entre leur excavation et leur livraison vers les plateformes de valorisation. C'est également la SGP qui effectue une première caractérisation des matériaux excavés, complétée par la suite par les entreprises en charge de l'excavation.

²⁹ Optigede, ADEME (2016) « Réemploi systématique des déblais de chantier des espaces publics ». <https://optigede.ademe.fr/fiche/reemploi-systematique-des-deblais-de-chantier-des-espaces-publics>

ii. Autres (nouveaux) acteurs

La mise en place de la démarche de valorisation « matière » a fait naître de nouveaux types d'acteurs impliqués dans le projet. Il s'agit principalement des plateformes de valorisations, qui sont désormais les réceptacles des flux de déblais. On assiste donc là à un transfert de valeur des anciens gestionnaires des terres, qui assuraient l'élimination des terres vers des exutoires divers et percevaient une redevance, vers les gestionnaires de plateformes, qui reçoivent désormais les matériaux à valoriser. Les deux autres types d'acteurs émergents sont les filières industrielles (travaux publics, aménagement etc.) et les collectivités locales, qui bénéficient, en aval, des matériaux une fois valorisés par les plateformes.

iii. Acteurs institutionnels : l'ADEME

Comme exposé précédemment, le projet de valorisation s'inscrit dans une démarche plus générale de gestion circulaire des déchets issus des chantiers du Grand Paris Express. Cette démarche est structurée par le Schéma directeur des déblais (SDED) esquissé en 2012. Elle est également portée en grande partie par l'ADEME, partenaire de la SGP dans le lancement en 2016 de l'appel à projet « Le Grand Paris des déblais ». L'ADEME représente donc un acteur incontournable au soutien du projet dont il est question dans cette étude, dont l'approche, novatrice, nécessite un portage institutionnel et financier important.

3. Notre analyse du projet

3.1 ASPECTS NOVATEURS DE LA DEMARCHE

3.1.a L'EPA Paris Saclay

La valorisation des terres mise en œuvre par les maîtres d'ouvrages de l'EPA présente deux aspects novateurs, justifiant l'intérêt de la démarche, puisqu'elle implique une transition d'une logique de gestion des déchets vers une logique de réutilisation de produits. Premièrement, il est intéressant de noter que **la démarche se situe dans une zone géographique précise, au sein du programme d'aménagement**. En effet, l'excavation des terres, leur stockage, valorisation et réutilisation sont mis en œuvre localement sur le plateau de Saclay, soulignant une démarche d'écologie industrielle et territoriale, un des piliers de l'économie circulaire. Deuxièmement, **la fertilisation des limons, dans le but de modifier leur fonction et d'amplifier ainsi leur potentiel de « marchandisation »**, représente une démarche novatrice.

3.1.b La Société du Grand Paris

L'approche de valorisation « matière » entreprise par la SGP rompt avec une vision traditionnelle de gestion des déchets, consistant à trouver, de manière plus élémentaire, des débouchés aux volumes de matériaux excavés. En effet, **la caractérisation tridimensionnelle (lithologie, méthode de terrassement, qualité chimique) des terres permet de mettre en avant leurs propriétés physico-chimiques**, et de les appréhender, encore une fois, comme produits et non plus comme déchets. Cela permet plus aisément **d'identifier une multitude de filières de débouchés**, qui n'auraient précédemment pas été nécessairement impliquées dans la gestion des déblais. Enfin, la démarche est particulièrement novatrice, en ce qu'elle implique la mise en place de partenariats entre la SGP, les plateformes de valorisation et les différents industriels ou filières en aval. Il s'agit là de la **création de boucles sous forme de réseaux d'acteurs**, qui n'auraient pas vu le jour au sein d'une démarche de gestion linéaire des déblais de chantier.

3.2 BENEFICES ECONOMIQUES, ENVIRONNEMENTAUX ET ORGANISATIONNELS

Afin d'évaluer les retombées, à la fois économiques, environnementales et organisationnelles de la mise en place des démarches innovantes d'économie circulaire, **cette étude favorise une évaluation qualitative, et quantitative dans la mesure du possible, des différents types d'impacts, pour chaque acteur impliqué dans le projet**. En effet, il est difficile d'effectuer un calcul de l'impact net total des différents projets (en termes

économiques, par exemple), et cela pour plusieurs raisons : le projet dont il est question n'a pas forcément atteint son terme, les retombées économiques n'ont pas toujours pu être évaluées, et enfin, il est parfois impossible de chiffrer certains types de bénéfices, notamment environnementaux ou de cohésion entre acteurs. Ces aspects sont directement liés aux problématiques d'économie circulaire, qu'il est donc nécessaire d'évaluer autrement.

3.2.a L'EPA Paris Saclay

Tableau 10 : Evaluation qualitative et quantitative des impacts économiques pour chaque acteur impliqué dans le projet de l'EPA Paris Saclay

Acteurs	Impact	Description impact	Volumes (t)	Valeur (k€)
Paris-Saclay	++	Economie de l'évacuation des terres (coûts de transport): le réemploi des terres permet approximativement de diviser par deux le cout total d'une évacuation en décharge et d'un apport de matériaux sur chantier	Réutilisation des matériaux (m³): - Terres végétales 150 000 (90%) - Limon 437 900 (70%) - Argiles 43 000 (50%)	- Evacuation des terres Catégorie 3: 10-20€/tonne - Terres valorisables à 4-7€/m3 - Stockage/destockage 10€/m3
Titulaire (entreprise de génie civil assurant la valorisation, le stockage et le transport)	++			
Agriculteurs locaux	+++	Bénéficiaires du transfert de valeur (des anciens exutoires vers les plateformes de valorisation)		
Acteurs locaux	+++	Bénéficient de terres gratuitement		
ADEME		Soutien financier au projet		300-400 000€

Le Tableau 10 synthétise les bénéfices économiques de manière qualitative et quantitative, pour chaque acteur concerné. On peut voir que **l'impact économique global est largement positif**, à la fois pour le maître d'ouvrage, qui fait désormais l'économie des coûts de transport (un des plus gros postes de coûts), et pour les autres acteurs, qui bénéficient de matériaux utilisables gratuitement. Le transfert de matériaux d'un site du projet à un autre engendre des coûts (liés au stockage/restockage des terres).

Il est néanmoins important de préciser que les subventions de l'ADEME, ciblées sur les aspects d'économie circulaire du projet, permettent la rentabilité de ce dernier pour le maître d'ouvrage (sans quoi le stockage/déstockage des terres, estimé à 10-13 euros du m³ serait bien trop onéreux). Par ailleurs, la démarche étant novatrice et expérimentale, le processus n'est pas encore industrialisé, ce qui implique des coûts de mise en œuvre du projet, liés à la formation de main d'œuvre par exemple.

Les bénéfices organisationnels découlent de la réduction du transport de matériaux entre les différentes parties prenantes, les terres étant excavées, valorisées et réutilisées localement. Cette démarche permet donc à la fois de fédérer les acteurs entre eux par la mise à disposition gratuite de terres, comme les autres aménageurs de la région. Ces derniers sont par la suite plus à même de venir déstocker les terres de l'EPA, induisant une réduction des coûts de stockage, donc un bénéfice, qui est pour l'instant difficile à chiffrer.

Enfin **les impacts environnementaux sont multiples** : la valorisation des terres sur le site implique une forte réduction des émissions de gaz à effet de serre liées au transport de matériaux neufs et à éliminer. Les pressions sur les ressources naturelles se voient réduites, grâce à la réutilisation de matériaux valorisés, permettant d'éviter une évacuation et élimination des terres excavées. La région parisienne représente en effet une zone à forte tension sur les ressources du bâtiment, pouvant donc être limitée par la mise en place de démarches de ce type.

3.2.b La Société du Grand Paris

Tableau 11 : Evaluation qualitative et quantitative des impacts économiques pour chaque acteur impliqué dans le projet de la SGP

	Acteurs	Impact	Description impact	Volumes (t)	Valeur (k€)
Acteurs historiques	Maître d'ouvrage	+/-	Incertain, dépend de la capacité à valoriser le type de terre à une valeur supérieure au coût de traitement. Très variable selon les matériaux (dépend des propriétés physico-chimiques, de la granulométrie, de la concentration en éléments chimiques etc.)	45 mt extraites entre 2016 et 2030; ~300kt béton. Objectif 5 mt valorisées ; de 40 à 70% de déchets valorisés	Economies, lorsque valorisation locale avec des communes déficitaires en remblais
	Entreprise de transport	+	Distances accrues par rapport à la mise en déchetterie	Plateformes de valorisation spécialisées par matériau	Augmentation de CA
	Centres de stockage	-	Moins de stockage a priori du fait de la capacité de stockage des chantiers eux-mêmes + Loi Elan qui autorise rémunération propriétaires de terrain pour stockage.		Baisse de CA
Nouveaux entrants	Plateforme de valorisation	+	Bénéficiaires du transfert de valeur (des anciens exutoires vers les plateformes de valorisation)	44 combinaison de matériaux différents, 1 à 2 plateformes spécialisées par matériau	Augmentation de CA
	Filières industrielles, agronomie, travaux publics, aménagements etc.	+	Développement d'un marché des éco-matériaux par la SGP permettant de se fournir localement		Economies de coût incertaines car tendance à vendre + cher les matériaux recyclés
	Collectivités et acteurs publics	+	Développement d'un marché des éco-matériaux par la SGP permettant de se fournir localement		Economies de coût incertaines car tendance à vendre + cher les matériaux recyclés

Le Tableau 11 synthétise les impacts économiques pour chaque acteur (historiques et nouveaux entrants) du projet de valorisation des terres de la SGP. Les retombées économiques globales ne peuvent encore être évaluées, le projet n'ayant débuté qu'en 2016, avec une date prévisionnelle de fin en 2026. La démarche novatrice et expérimentale qui a été mise en place n'a donc pas fait l'objet d'une évaluation approfondie. De plus, les conclusions tirées dès aujourd'hui devraient potentiellement évoluer, puisque logique de valorisation mise en place devrait s'améliorer et se préciser (en termes de logistique, de gestion des coûts, de mise en relation des différents acteurs etc.).

On peut néanmoins dès à présent analyser les impacts économiques, organisationnels et environnementaux liés au projet. Tout d'abord, il est important de noter que les conséquences pour la SGP de la démarche de valorisation « matières » sont encore très difficiles à évaluer. **Afin de réaliser des gains par rapport à une élimination des terres plus conventionnelle, il faudrait que le prix de reprise des terres par les plateformes de valorisation soit supérieur au coût de l'élimination en centre de traitement.** Or cette condition dépend d'un grand nombre de facteurs et les prix indiqués par les répondants à l'AMI consistent en des fourchettes assez larges, qui se verront précisées dans un second temps, grâce à une analyse fine des échantillons par les labos de la SGP. Il s'agit là donc d'une démarche itérative. Il existe donc plusieurs cas de figure, occasionnant des impacts potentiels variés pour la SGP, qu'il faudra alors agréger une fois le projet terminé, pour dresser un bilan final. Par exemple :

- Des lots de déblais **concentrés en éléments polluants (donc coûteux à éliminer en ISDND)** mais qui concentrent également des éléments intéressants valorisables (minéraux etc.) pour les plateformes, donc une **valorisation à coût compétitif**, permettant à la SGP de générer des gains financiers

- Au contraire, il existe des lots de déblais faiblement concentrés en éléments polluants donc peu onéreux à éliminer, mais également peu intéressants pour les plateformes, donc ne pouvant être rachetés à un prix compétitif. Le bilan économique serait alors négatif.

Hormis l'impact économique sur la SGP, on voit que **les autres acteurs devraient en majorité bénéficier de la mise en place de la démarche d'économie circulaire, à la fois en termes économiques et organisationnels**. En effet, le transport se verrait probablement accru (du fait de l'augmentation du nombre de plateformes de valorisation, par rapport à une situation d'élimination dans un seul centre). Les acteurs industriels et les collectivités pourront également se fournir en éco-matériaux directement sur le marché, mis en place par la SGP, et donc de manière locale. La SGP elle-même prévoit à terme de se fournir sur le marché pour ses propres chantiers, ce qui engendrerait une potentielle réduction de ses coûts d'achats de matières premières.

Enfin, les impacts environnementaux sont, encore une fois, difficiles à évaluer intégralement dès à présent. **La valorisation et réutilisation des terres par les plateformes et industriels / collectivités respectivement devrait rendre plus faible la pression sur les ressources naturelles locales**. Les impacts liés à l'élimination des terres se verront en effet largement diminués. Les émissions de gaz à effet de serre liées au transport pourraient néanmoins augmenter dans un premier temps, un phénomène qui pourrait être endigué par la mise en place d'un contre-fret pour l'acheminement des matériaux vers et hors des chantiers de région parisienne.

3.3 RENTABILITE ET REPLICABILITE DU PROJET

Il est nécessaire pour compléter l'analyse des deux projets présentés, de réfléchir à leur potentiel de répliquabilité à l'avenir, à d'autres situations, et aux conditions nécessaires à leur répliquabilité. **C'est en effet le caractère répliquable des projets qui conditionne l'industrialisation des démarches d'économie circulaire à l'échelle nationale**. Il est intéressant de présenter les éléments qui déterminent la répliquabilité en parallèle d'une dimension de rentabilité (qui conditionne également la répliquabilité), comme effectué ci-dessous pour les deux projets du Grand Paris, au sein de deux tableaux qui synthétisent ces aspects.

3.3.a L'EPA Paris Saclay

Tableau 12 : Mise en parallèle des dimensions de reproductibilité et de rentabilité pour des aspects du projet de l'EPA
(en vert : dimension forte, en orange : dimension moyenne)

Aspect clef du projet	Reproductibilité	Rentabilité
Bénéfice économique global		Tous les acteurs gagnent financièrement à la mise en œuvre de cette démarche d'économie circulaire
Subvention de l'ADEME (300-400k euros)	Deux solutions envisagées : 1. La commercialisation des limons valorisés (en terres), pour couvrir les frais de stockage/déstockage 2. Faire payer aux producteurs de déblais la gestion des limons excédentaires	Projet pas auto-suffisant pour l'instant
Facilité de mise en œuvre de l'opération d'aménagement in situ	Conditionnée par la nécessité de disposer de foncier à proximité des chantiers permettant le stockage des terres	Le stockage des terres <i>in situ</i> permet d'économiser sur des postes de coûts importants

Comme exposé au sein du Tableau 12, plusieurs aspects déterminent la rentabilité et reproductibilité du projet. Concernant l'aspect des subventions de l'ADEME, condition nécessaire à la rentabilité de la démarche, on voit que deux pistes pourraient être suivies à l'avenir pour s'affranchir de cette condition financière. En effet, **les limons valorisés, dont bénéficient actuellement gratuitement les collectivités et autres acteurs locaux pourraient être commercialisés, et donc valorisés financièrement.** Cela serait rendu possible grâce à la création d'une plateforme de production sous nomenclature ICPE, permettant de lever le statut de déchet des limons. Deuxièmement, dans l'éventualité où l'EPA Paris-Saclay créerait une plateforme ayant vocation à gérer les limons (ensemencement, tests etc.) issus de ses propres opérations mais également des opérations des lots privés, il pourrait être envisagé de **faire payer au producteur de déblais la gestion de leur limon excédentaire. La revente de la terre végétale produite permettrait de retirer un bénéfice sur l'activité de gestion des terres.**

On peut donc conclure, au vu de ces différents éléments, que le projet mis en œuvre par l'EPA Paris-Saclay à visée expérimentale, pourrait être reproduit sur des chantiers d'envergure similaire (bien que des projets d'une telle ampleur sont rares), ou *a minima* s'inscrivant dans un contexte géographique agricole.

3.3.b La Société du Grand-Paris

Bien que le chantier du Grand Paris Express soit unique par son ampleur, plusieurs éléments (même provisoires) laissent envisager la reproductibilité de la démarche de valorisation matière entreprise par la SGP, comme décrit au sein du Tableau 13. En effet, la variabilité des cas de figure liée à la diversité des éco-matériaux valorisés implique qu'un grand nombre d'acteurs peuvent bénéficier de la mise en place de la démarche, qui peut donc être potentiellement reproduite dans d'autres contextes.

Tableau 13 : Mise en parallèle des dimensions de reproductibilité et de rentabilité pour des aspects du projet de la SGP (en vert : dimension forte, en orange : dimension moyenne)

Aspect clef du projet	Reproductibilité	Rentabilité
Bénéfice économique global	Moyenne	Bilan <i>a priori</i> positif mais les conclusions sont pour l'instant provisoires (processus encore en cours). Transfert de valeur entre les gestionnaires de terres (anciens acteurs) vers les nouveaux gestionnaires de plateformes
Variabilité des cas de figure (un grand nombre de matériaux différents)	L'approche est non-spécifique à un type de matériaux, donc peut être reproduite dans un grand nombre de contextes	Dépend fortement des matériaux considérés (selon les propriétés mécaniques et géotechniques plus ou moins intéressantes).
Transport et contexte géographique	Le projet doit s'inscrire dans une zone dense, avec un grand nombre d'acteurs variés, afin de limiter les coûts de transport	Les coûts de transports se sont accrus. Des solutions sont envisagées pour optimiser les coûts, comme le double-fret.
Création d'un marché d'éco-matériaux	Démarche qui peut facilement être adaptée à d'autres contextes	Stimulation du marché des éco-matériaux par la SGP en faisant évoluer ses propres cahiers des charges.

Par ailleurs, la SGP entend **stimuler le marché et les filières éco-matériaux en vue d'obtenir une organisation mature en capacité de coopérer de manière efficace pour monter les boucles d'économies circulaires.** Cette approche pourrait donc constituer un exemple pour d'autres entreprises ou structures souhaitant créer un marché semblable, même à plus petite échelle. En effet, l'intérêt présenté par un tel marché fonctionnel est que les prix s'ajustent en fonction de la demande, ce qui permettrait d'envisager

des besoins au long-terme et donc de structurer ce type de boucle d'économie circulaire. **La SGP souhaite également faire évoluer ses propres cahiers des charges pour encourager l'utilisation de matériaux recyclés sur ses ouvrages connexes**, et prévoit de se rapprocher des collectivités locales, des acteurs publics et privés partenaires de la démarche, en les invitant à faire évoluer leurs pratiques pour créer un marché solide des éco-matériaux. On voit bien là qu'un réel modèle d'affaire rentable pour de nombreux acteurs pourrait voir le jour à l'échelle du Grand Paris.

Pour conclure, les caractéristiques de ce projet, qui détermineront sa rentabilité une fois terminé, représentent également des aspects clefs à sa reproductibilité. La boucle fonctionnelle d'économie circulaire que compte créer la SGP pourrait constituer un exemple pour la mise en place de démarches semblables, et initier l'industrialisation de cette approche de valorisation « matière ».

4. Freins et leviers identifiés

Afin de compléter l'analyse des deux projets du Grand Paris, il est indispensable de présenter les freins, de natures diverses, qui ont été rencontrés à la mise en œuvre des démarches d'économie circulaire, et les leviers ayant permis, dans la mesure du possible, de lever ces freins. Ces éléments sont complémentaires à l'évaluation de la reproductibilité des projets, puisqu'ils permettent de mettre en avant les écueils rencontrés, et les manières de les éviter si des projets semblables devaient voir le jour. L'analyse des freins et leviers a été effectuée à l'aune des 7 piliers de l'économie circulaire, afin de souligner de manière précise les éléments qui pourraient être améliorés à l'avenir. Elle est présentée pour les deux grands projets au sein des Tableau 14 et Tableau 15 ci-dessous.

4.1.a L'EPA Paris-Saclay

Tableau 14 : Freins et leviers au projet de valorisation de l'EPA Paris-Saclay, selon les piliers de l'économie circulaire

Leviers de l'EC	Freins constatés, typologie	Leviers utilisés pour y remédier
Extraction / Exploitation et achats durables	<ul style="list-style-type: none"> Statut de déchet lorsque la valorisation des limons est effectuée hors-site, réglementaire/juridique 	<ul style="list-style-type: none"> Production de produits normés (NF U 44-551) grâce à la valorisation des limons permettant une sortie implicite du statut de déchet, d'une qualité similaire à ceux achetés en magasin. Puisque stockage sur site, pas besoin de plateforme ICPE
Éco-conception	<ul style="list-style-type: none"> Pas d'objectif de réduction des déchets initialement prévu et mauvaise gestion des terres 	<ul style="list-style-type: none"> Objectif de générer zéro déchets pour leurs propres travaux (utilisation sur place ou évacuation pour valorisation) inscrit dans le cahier des charges et les objectifs
Ecologie industrielle et territoriale	<ul style="list-style-type: none"> Contraintes logistiques liées au réemploi: les chantiers produisant du déblai et ceux nécessitant du remblai sont rarement concomitants 	<ul style="list-style-type: none"> Intégration d'agriculteurs locaux à la démarche (fournissent le compost pour amender les limons). Deux plateformes mutualisées à proximité des chantiers gérées en relais (entreprises en charge du terrassement puis valorisation)
Economie de la fonctionnalité		<ul style="list-style-type: none"> Les plateformes utilisées temporairement seront réutilisées pour les espaces verts du quartier ou les bandes végétales, ou comme matériaux de structure de chaussée des voiries des ZAC
Consommation responsable		
Allongement de la durée d'usage		
Recyclage	<ul style="list-style-type: none"> Méfiance des acteurs vis-à-vis des produits de réemploi, comportemental 	<ul style="list-style-type: none"> Obligation de recourir à des pratiques de réemploi dans les prescriptions des travaux

Tableau 15 : Freins et leviers au projet de valorisation de l'EPA Paris-Saclay, selon les piliers de l'économie circulaire

Leviers de l'EC	Freins constatés, typologie	Leviers utilisés pour y remédier
Extraction / Exploitation et achats durables	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'obligation réglementaire d'incorporer des terres recyclées dans un nouvel ouvrage • Compétitivité de l'EC - économique 	<ul style="list-style-type: none"> • « Comoditisation » des terres excavées grâce à une classification 44 combinaisons : la caractérisation fine permet d'intéresser un grand nombre d'acteurs • AO pour sélectionner des plateformes. 100+ réponses, levier achat
Éco-conception	Assurance d'un ouvrage en fonction des matériaux qui le composent	Validation de l'adéquation des matériaux recyclés par des retours d'expérience
Ecologie industrielle et territoriale	La boucle de valorisation volume en local est mature, mais les besoins de la SGP et des communes ne sont pas sur le même horizon temporel – cloisonnement, coordination	Valorisation matière : maillage fin du territoire : une trentaine d'acteurs ont proposé 111 plateformes. Les flux de transport sont optimisés : les camions évacuant les déblais vers les plateformes reviennent avec les matériaux de construction
Economie de la fonctionnalité		
Consommation responsable		
Allongement de la durée d'usage	<ul style="list-style-type: none"> • Les entreprises du BTP n'aiment pas réemployer les terres déblayées sur site – formation, réglementaire, réemploi, coordination • Les filières de réutilisation sont à identifier 	<ul style="list-style-type: none"> • La SGP souhaite changer les référentiels définissant les performances techniques • En Janvier 2019, la SGP a publié un AMI à l'attention des industriels, d'ici à 2023, pour qu'ils se manifestent pour reprendre ces matières premières.
Recyclage	Certaines entreprises ont tendance à vendre plus cher les matériaux recyclés, ou s'alignent sur les prix du marché- économique	Quand bien-même ceux-ci seraient moins cher en approvisionnement, problématique du cahier des charges. Souhait de mise en concurrence, ou de faire payer les prestations : ex la SGP fournit le sable / terre en financement d'une partie du traitement. Grande variété de cas de figure

Projet d'économie circulaire : le chantier de la Maillerie

1. Présentation du projet

1.1 GENESE ET OBJECTIFS DU PROJET

Le site de la Maillerie est situé à 10km au nord de Lille, à cheval sur les communes de Croix et Villeneuve d'Ascq. Il s'étend sur 10 hectares de terrain, et est constitué de quatre bâtiments principaux pour une surface de 33'000m². C'est un site qui comporte une très forte symbolique pour la région, puisque ce site a abrité pendant plus de 50 ans l'ancien site logistique de la société de commerce par correspondance « Les 3 Suisses ».



Figure 17 : Le site des 3 Suisses en 2017, avant la déconstruction

Le projet de la Maillerie est un projet d'aménagement ambitieux, puisque ce nouveau quartier devrait comporter à terme à son achèvement en 2024, 16 000 m² de bureaux, 8 000 m² de commerces et services, 700 logements, un hôtel, deux résidences de services, un groupe scolaire porté par la ville de Villeneuve d'Ascq. La MEL, Métropole Européenne de Lille, et les villes de Villeneuve d'Ascq et Croix se sont associées pour créer un quartier mettant en avant la nature et le lien social. Une large part est ainsi laissée aux espaces verts, une ferme urbaine verra le jour, et tout un système de culture est déjà installé dans la Maison de Projet, bâtiment où le projet se construit au fil des semaines.



Figure 18 : Le futur quartier de la Maillerie, vue d'artiste, © Projection/Agence Nicolas Michelin & Associés

Un choix structurant sous-tend le projet de la Maillerie et explique la présence de ce chantier dans cette étude : les porteurs du projet ont souhaité dès son départ conserver la structure du bâtiment historique « Le Compact, l'un des quatre bâtiments principaux, et inscrire le chantier dans une démarche inédite d'économie circulaire dans la région par la taille du chantier.

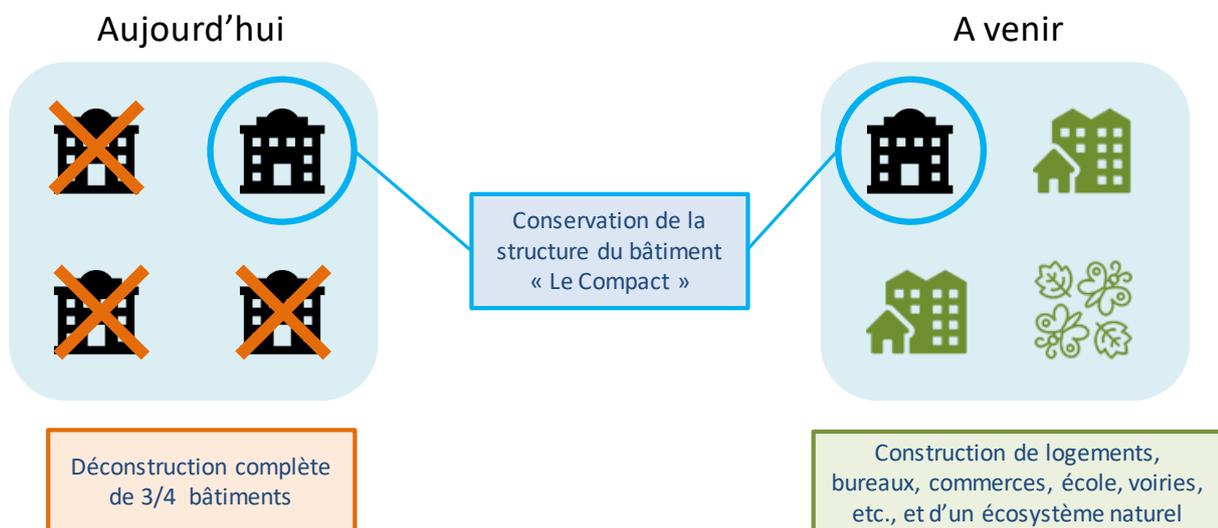


Figure 19 : Schéma explicatif de la déconstruction / démolition du site, avec la préservation de la structure du bâtiment « Le Compact ».

1.2 LE PERIMETRE DU PROJET

Nous avons pu constater que l'ambition voulue pour ce projet dépassait de loin les frontières du quartier de la Maillerie et qu'il avait été pensé pour s'insérer naturellement dans son territoire

La thématique économique est abordée par un travail patrimonial qui vise à perpétuer la mémoire du site industriel. Les bâtiments seront investis par des particuliers, des commerces et des entreprises afin de développer l'économie locale et la vie de quartier. Des initiatives sociales et culturelles sont envisagées. La priorité est donnée au réseau d'acteurs économiques locaux, les PME comme les ressourceries, les associations...

Les transports ne sont pas en reste, le quartier verra se croiser les trois types de transport en commun de la MEL (train, tram et bus). Une attention forte a été portée aux mobilités douces, avec des pistes cyclables en propre et une marche à pied facilitée et encouragée.

L'environnement occupe une place centrale dans le projet. Outre le chantier d'économie circulaire du bâtiment le Compact qui est l'objet de la présente étude, des engagements ont été pris en faveur de la préservation de la biodiversité, et le quartier de la Maillerie a été invité à se connecter au projet de mutualisation du réseau de chaleur avec les entités voisines, s'inscrivant dans le cadre plus large du réseau de chaleur de l'agglomération lilloise



Figure 20 : Schéma décrivant symboliquement le projet de la Maillerie dans son territoire

Un autre élément est particulièrement marquant dans le périmètre de ce projet, l'alignement des acteurs dans la volonté de livrer un chantier majeur d'économie circulaire et l'appartenance du constructeur, du maître d'ouvrage, du promoteur et du maître d'œuvre à un même groupe, la société Bouygues.

Le constructeur, Bouygues Bâtiment Nord-Est, souhaitait en effet se former sur un premier chantier d'économie circulaire d'envergure et avait négocié en interne un budget pour assumer les surcoûts liés à l'implémentation de techniques balbutiantes. LinkCity, Maître d'ouvrage et promoteur du projet, est une filiale du groupe Bouygues, et détient à son tour une partie du capital de Flers Aménagement, le propriétaire du terrain et le maître d'œuvre. L'appartenance à un même groupe a très certainement permis de traiter plus facilement les difficultés et d'avoir une approche commune sur l'envie de développer et d'opérationnaliser une stratégie de chantiers en économie circulaire, pour se former sur un nouveau type de chantier amené à se généraliser dans un futur proche. Fait intéressant, un 4^e acteur du projet, Nodi, un autre maître d'ouvrage et promoteur, détient l'autre partie du capital de Flers Aménagement. Enfin, des sociétés spécialisées en économie circulaire comme Rotor pour la déconstruction ou Néo-éco pour le recyclage du béton, ont été appelées pour pallier au manque d'expertise sur des chantiers « zéro déchets ».

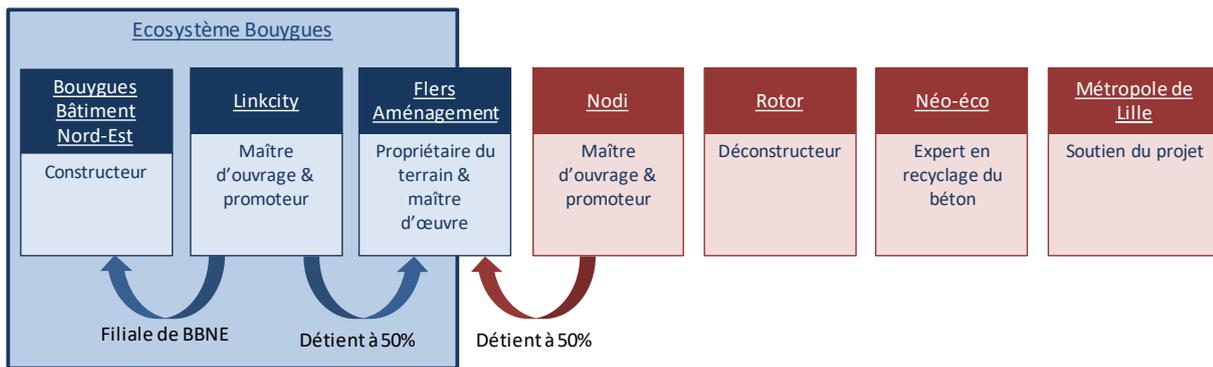


Figure 21 : Schéma des principaux acteurs du projet de la Maillerie, liens capitalistiques entre eux

Une dernière variable permet très certainement de comprendre la genèse du projet et son périmètre d'envergure : un délai d'un an entre l'inventaire de l'existant et la déconstruction sélective a été possible, ce qui a permis de réaliser un inventaire de qualité puis de trouver des débouchés pour le maximum de matériaux de dépose, en partant d'une feuille blanche dans la région.

1.3 CHRONOLOGIE

Le facteur temps et la possibilité d'anticiper une déconstruction en économie circulaire sont des critères essentiels pour la réussite d'un projet.

Le site des 3 Suisses a été opérationnel de 1956 à 2016. Les premières études de construction ont été engagées en 2017 et le début de la démolition a débuté fin 2017. Cependant il a été ménagé un an de battement pour le bâtiment « Le Compact » pour pouvoir réaliser l'inventaire matériau, et trouver des débouchés pour le plus grand nombre possible de matériaux de dépose. La déconstruction du Compact a démarré fin 2018. Entre temps, sur les 3 autres bâtiments, la démolition devrait s'achever en 2020 et la réalisation des voiries devrait débuter en 2021, avec une livraison des dernières constructions en 2023, 2024 au plus tard. Le chantier devrait donc s'étaler sur une durée totale de 7 ans.

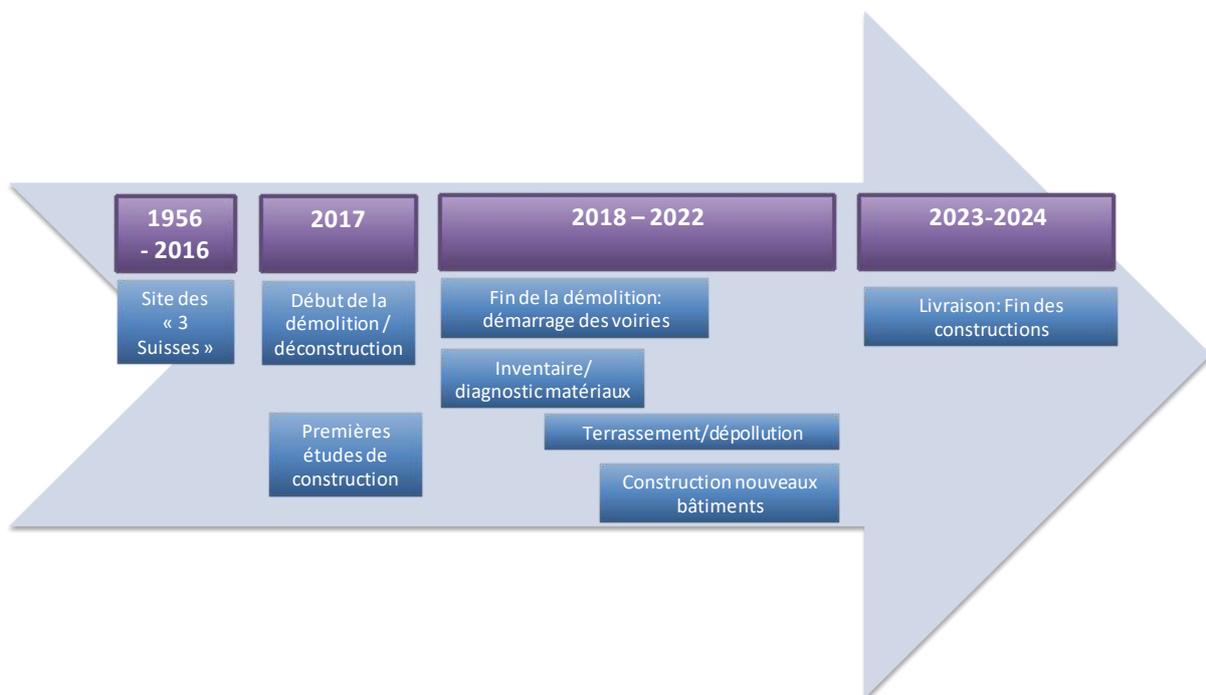


Figure 22 : repères chronologiques du chantier d'économie circulaire de la Maillerie

1.4 INTEGRATION DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE

Ce projet d'aménagement privé a été gagné avec l'idée de conserver au maximum les bâtiments existants. Les différents acteurs sont partis du constat du mauvais impact de la démolition classique, avec peu de valorisation des matériaux de dépose. Ce constat a incité ces mêmes acteurs à rechercher et essayer d'opérationnaliser de nouvelles pratiques. Là où habituellement, un aménageur appelle un démolisseur puis un constructeur sans temps de préparation, le groupe Bouygues a eu l'opportunité de gérer 100% des travaux avec la responsabilité de maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, de propriétaire et d'aménageur. L'idée d'en faire un chantier tendant vers le Zéro Déchet s'est précisée en cours de projet. L'équipe n'avait pas beaucoup de connaissances en Economie Circulaire, excepté quelques initiatives (Bellastock, l'agence Encore Heureux), rares et peu reproductibles.

Bouygues a donné un an pour réaliser les caractérisations, diagnostics / inventaires des matériaux en place, pour mettre à disposition les matériaux de dépose (acheteurs privés et associations) et rédiger les cahiers des charges en fonction des caractérisations faites en amont. Aucun objectif de réemploi et de recyclage n'a été chiffré pour ne pas poser de contraintes au volontarisme du projet, le seul objectif était de valoriser en réemploi le maximum de béton et de matériau de dépose. Des « Key Performance Indicators » (KPIs) ou indicateurs clés de performance, de suivi n'ont pas non plus été définis, pour ne pas perturber le travail de l'équipe.

Beaucoup de matériaux (parquets, poutres IPN, luminaires, racks, etc.) ont pu être revendus à des entreprises, ou, faute de mieux (notamment du fait des acteurs du BTP ne rentrant pas dans un cadre réglementaire), proposés à des associations. Une prévente via la start-up sociale du réemploi Phénix n'a pas eu de succès, et la mise à disposition des matériaux de dépose est passée par Le Bon Coin et les relations locales.

Pour le béton, Bouygues a bénéficié d'un financement d'étude par l'ADEME et la région (25k€ sur 50k€) et d'un partenariat technique avec Néo-éco. En tant que chantier d'apprentissage, des problèmes d'anticipation sont survenus, notamment sur la qualité de granulats attendu du déconstructeur par le constructeur (taille de granulats et taux de flottant) et donc la qualité du concassage requis. Un travail de synchronisation a été mené entre les différents acteurs, puisqu'aucun d'entre eux n'avait l'expérience de ce genre de chantier jusque-là.

2. Présentation détaillée des acteurs

Cette partie présente les différents acteurs impliqués dans le projet. Les démarches d'économie circulaire analysées ici sont en effet caractérisées par de fortes interactions entre une grande diversité d'acteurs, qui déterminent la réussite du projet. Il est donc important de décrire précisément le rôle que chacun a eu dans la mise en œuvre de la démarche.

i. Le maître d'ouvrage

LinkCity et Nodi sont les maîtres d'ouvrage, les clients qui ont commandé le chantier. Ils supervisent donc le projet d'économie circulaire. LinkCity et Nodi sont également les promoteurs du projet. LinkCity est une filiale de Bouygues ; et LinkCity et Nodi sont les 2 actionnaires principaux de Flers Aménagement, le maître d'œuvre.

ii. Le maître d'oeuvre

Flers Aménagement est le maître d'œuvre. Il est donc l'exécutant chargé de la bonne réalisation des travaux et de la mise en pratique technique des besoins du maître d'ouvrage. La maîtrise d'œuvre a comme objectif de répondre aux ordres de la maîtrise d'ouvrage mais aussi d'être l'intermédiaire entre les entrepreneurs réalisant les travaux et le client, un rôle essentiel au vu de la complexité du chantier. Il est intéressant de noter que Flers Aménagement est également propriétaire du terrain.

iii. Les constructeurs et déconstructeurs

La filiale de Bouygues **BBNE** est le constructeur choisi par le maître d'œuvre pour réaliser les travaux. **Rotor** est le déconstructeur choisi par le maître d'œuvre pour réaliser les travaux. Historiquement, BBNE travaillait plutôt avec Renard, mais cette société a été évincée devant son peu de motivation pour réaliser le chantier selon les préceptes de l'économie circulaire. Les 2 sociétés ont dû apprendre à collaborer sur ce chantier, en plus de l'apprentissage sur l'économie circulaire.

iv. Les acteurs institutionnels

La **Métropole Européenne de Lille** a joué un rôle essentiel dans le cahier des charges pour permettre à ce projet d'advenir et pour maintenir des exigences fortes d'économie circulaire. En effet, la Région des Hauts de France est engagée dans une démarche REV3, 3^e révolution industrielle et l'économie circulaire constitue l'un des sept piliers de cette démarche. La MEL s'est fait le relai de cette exigence dans le cahier des charges. La **Région Hauts de France** était également présente à un autre moment présenté comme décisif pour le projet, lors de la validation de la subvention pour l'étude de faisabilité du chantier avec la structure régionale de l'**ADEME**. On peut toutefois mettre en regard la matérialité d'une subvention de 25k€ par rapport au chiffre d'affaire d'un groupe qui facture plusieurs milliards d'€ par an.

Enfin, l'**Ecole des Mines de Douai** a apporté son savoir-faire technique pour l'incorporation de granulats recyclés dans le béton.

v. Les industriels et bureaux d'étude

Plusieurs industriels de tailles différentes, de la PME à la société multinationale, sont intervenus au cours du projet afin de permettre la réutilisation du béton ou de matériaux de dépose : le producteur de béton à partir de granulats recyclés Ethyum, le fabricant de carrelage à partir de béton recyclé Enesi, le fabricant de parquet Tarkett ou encore Néo-Eco, une société experte dans le recyclage du béton. Le Bon Coin, site web d'annonces commerciales, a également été sollicité, après le semi-échec du recours à des plateformes spécialisées. Son modèle économique repose sur la gratuité de son service pour les particuliers et entreprises, et la mise en relation de l'offre et de la demande locales.

vi. Les acteurs de l'économie sociale et solidaire

Le chantier d'envergure se caractérise également par un recours assez massif aux acteurs de l'ESS. On peut citer notamment le Collectif Zerm, une ressourcerie ; ainsi que le chantier d'insertion Fibr'&Co qui a fabriqué des meubles à partir du parquet déposé.

3. Notre analyse du projet

3.1 ASPECTS NOVATEURS DE LA DEMARCHE

Deux aspects du chantier sont particulièrement novateurs dans une perspective d'économie circulaire : La réutilisation d'un tonnage important de granulats de béton pour la construction des nouveaux bâtiments, ainsi que la mise en vente ou la donation de matériaux de second œuvre pour une réutilisation plutôt qu'une valorisation thermique ou du recyclage.

La réutilisation d'environ 26 500 tonnes de béton dont 9 500 tonnes de granulats recyclés pour fabriquer de nouveau du béton sur les 30'000 tonnes générées par la démolition de 3 bâtiments sur 4 a nécessité un travail

d'anticipation accru, notamment sur la qualité du concassage requis, déterminant pour la taille du granulat en sortie du processus de concassage. Bouygues avait anticipé ce chantier d'envergure sous 2 aspects, pour maximiser ses chances de succès et réutiliser la plus grande quantité possible de béton de déconstruction. L'aspect financier tout d'abord. S'attendant à un surcout important pour ce premier projet d'envergure pour BBNE, l'équipe projet avait déposé un dossier de demande de financement d'étude auprès de la structure régionale de l'ADEME. La demande de subvention a été acceptée pour un montant total de 25k€, correspondant à la moitié environ du surcout estimé à 50k€.

L'aspect technique ensuite, avec une recherche de partenariat technique avec Néo-éco. Sur ce chantier d'apprentissage, le problème principal a concerné la qualité de granulats attendu par le déconstructeur (taille de granulat et taux de flottant) et donc la qualité du concassage requis. Un travail de synchronisation entre les acteurs a été mené, aucun acteur n'ayant ce rôle jusque-là. Au final, il y a eu génération de 6'000t de granulats de taille 0-6mm, 3'500t de 6-20mm de type 1, 2'000t de type 2, 15'000t de >20mm. Seules les 2 premières catégories sont admissibles pour du béton recyclé, cependant les tonnages générés dans les 2 dernières catégories ont pu être réutilisés sur site également, en remblai de bâtiment et en sous-couche de voirie).

Pour les matériaux de second œuvre, c'est une logique de maximisation de réutilisation qui a prévalu, peu importe que les matériaux soient vendus ou donnés. Les porteurs de projets ne souhaitaient avoir recours au recyclage et surtout à la valorisation thermique qu'en dernier lieu, afin de prouver qu'un modèle plus vertueux était possible pour un grand nombre de matériaux de dépose. L'important était de trouver un usage à un maximum de matériaux, pas nécessairement d'en tirer un revenu. Des plateformes ont d'abord été utilisées, pour des résultats mitigés. C'est alors le réseau local des différents acteurs du projet qui a été utilisé, afin de trouver un maximum de débouchés pour les matériaux de dépose. Parmi les grandes réussites du projet, on peut citer :

- Les parquets en chêne massif repris par le fabricant de revêtements de sols Tarkett, traités et transformés en Pologne, revendus en Scandinavie.
- Les poutres, luminaires, racks récupérés par une ressourcerie, destinés aux professionnels du bâtiments et particuliers, dans la région
- Les opérations de dépose de certains matériaux, ayant permis la confection de meubles et étagères, utilisés dans la Maison du projet

La figure ci-dessous reprend l'ensemble de ces informations en quantifiant autant que faire se peut les flux.

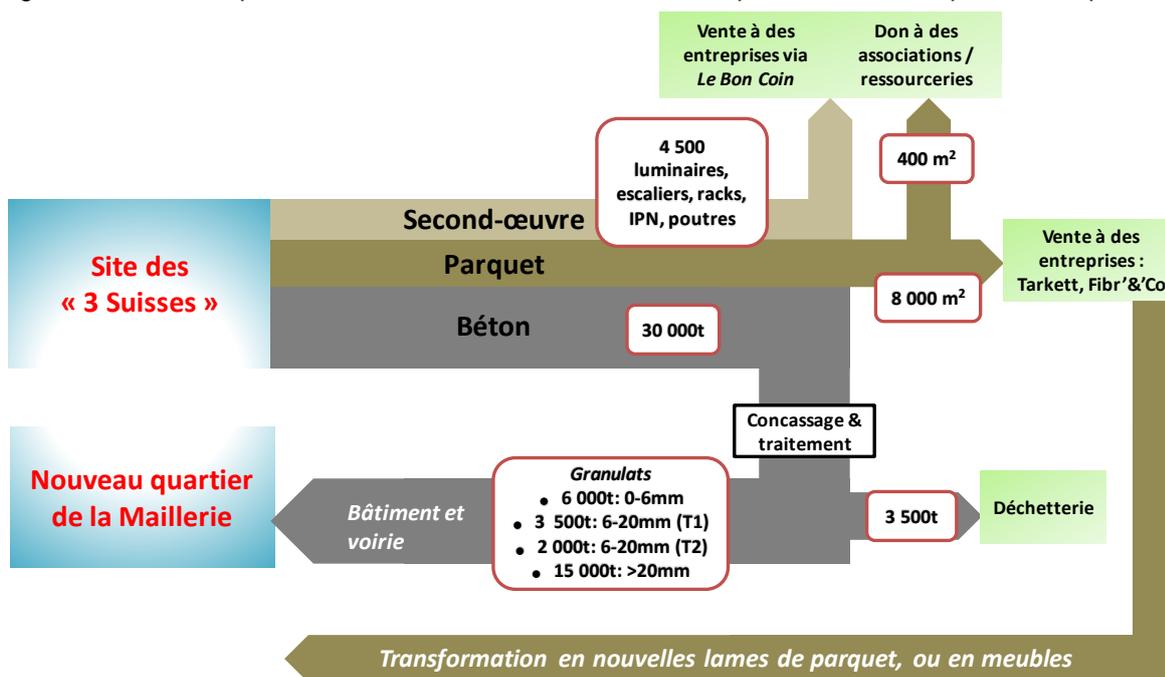


Figure 23 : schéma quantifiant les flux de réutilisation dans le projet de la Maillerie

3.2 BENEFICES ECONOMIQUES ENVIRONNEMENTAUX ET ORGANISATIONNELS

Les fournisseurs et fabricants de matériaux neufs pour la construction pourraient être les seuls acteurs à connaître un impact économique négatif, par une réduction de leurs volumes écoulés, qui se traduirait probablement par une baisse de leur chiffre d'affaire, puisqu'en France et en Europe de nombreux acteurs coexistent dans ce secteur économique, et nous font dire que dans une situation proche d'une concurrence parfaite, les pertes de volumes ne pourront pas être compensées par des hausses de prix.

Pour tous les autres acteurs, notre compréhension du chantier laisse plutôt entrevoir un surcroît d'activité pour tous ceux qui acceptent de jouer le jeu et de se former à un chantier d'économie circulaire.

Commençons par nous intéresser aux acteurs historiques de la construction. Nous avons déjà évoqué que le partenaire historique de Bouygues, la société de déconstruction Renard, avait été remplacée par la société Rotor, suite à son peu de motivation pour réaliser un chantier d'économie circulaire. Il semble que le partenaire historique Renard avait pleinement mesuré les implications d'un premier chantier d'économie circulaire et les surcoûts immédiats liés à l'apprentissage, comme la formation des employés à de nouveaux modes de production, avec l'exigence de qualité Bouygues : déposer plutôt que démolir. Aucun acteur ne nie l'existence de ces surcoûts d'apprentissage. Par contre tous les acteurs impliqués dans ce projet voient clairement les chantiers d'économie circulaire se multiplier dans le futur sous la pression des pouvoirs publics et des contraintes traduites dans les appels d'offre. Ils cherchent donc logiquement à identifier des façons de procéder pour travailler à iso coût par rapport à un chantier classique, voire même essayer de produire pour moins cher. Les premiers déconstructeurs formés à l'économie circulaire pourraient donc logiquement espérer un surcroît d'activité à court terme, puisqu'ils sont capables de se positionner sur les chantiers classiques et les chantiers d'économie circulaire.

Les aménageurs, s'ils saisissent l'opportunité de former leurs employés à de nouveaux modes de production, devraient également pouvoir prétendre à du chiffre d'affaire additionnel.

Enfin, pour les acteurs institutionnels, les collectivités ont désormais la possibilité d'imposer un cahier des charges compatible avec le développement durable, en pouvant espérer des retombées en termes d'image, voire aussi des réductions de coûts.

Nous avons identifié lors de cette étude plusieurs nouveaux entrants qui bénéficieront très certainement d'un impact économique positif. Les bureaux techniques devront élaborer de nouvelles méthodes et processus pour les principaux matériaux réutilisés, comme le béton par exemple. Les ressourceries et les revendeurs de matériaux vont voir leurs volumes augmenter significativement, ainsi que la qualité des matériaux reçus.

La question des plateformes se pose en zone non dense. Nous avons pu constater que la plateforme qui a le mieux fonctionné était celle du Bon Coin, bien mieux en tout cas que les plateformes spécialisées, qui semblent encore chercher leur business model en zone peu dense, en dehors des grandes métropoles.

Sur le projet de la Maillerie, on parle de plus de 4500 luminaires, de kilomètres de rayonnage et de milliers de poutres. Nous avons évoqué en tête de paragraphe un possible impact négatif pour les fabricants de matériaux. Ce sera certainement le cas pour la plupart, sauf pour ceux qui ouvriront leur outil de production à une gamme de produits à base de matériaux recyclés. En effet, des chantiers d'économie circulaire devraient leur permettre de récupérer de la matière première de qualité, et, ou moins chère pour fabriquer de nouveaux objets. Les retombées en termes d'image sont évidentes, le projet dont il est question ici a vu des lames de parquet vendues à la société Fibr'&Co, un chantier d'insertion, pour fabriquer des meubles en bois recyclé. Enfin, les diagnostiqueurs déchets devraient voir aussi leur métier évoluer, vers de nouveaux types de diagnostics, et une autre façon de les réaliser : la cartographie de la dépose des matériaux impose notamment une plus grande présence en amont de la déconstruction, dans le bâtiment qui doit être déconstruit, pour documenter précisément pièce par pièce la qualité et les caractéristiques techniques des matériaux qui peuvent être réutilisés ou recyclés.

3.3 RENTABILITE ET REPLICABILITE DU PROJET

Les personnes que nous avons pu rencontrer lors de l'étude du projet de la Maillerie restent en général assez vagues sur la rentabilité de ce chantier et des futurs chantiers. Il semble cependant se dégager un enseignement assez partagé par les acteurs, qui montre que le ou les deux, trois premiers chantiers peuvent coûter un peu plus cher, mais que grâce à un apprentissage rapide des équipes, il est possible de travailler à isocoût sur un chantier d'économie circulaire par rapport à un chantier classique, voire de travailler moins cher.

Prenons l'exemple de la société Tarkett, un fabricant de revêtement de sol. Cette dernière a repris la partie des parquets en chêne massif les moins abimés, les a retraités et transformés en Pologne, puis revendus en Scandinavie. Le coût de la dépose a été évalué à 12€/m², et le prix de revente communiqué est de 15€/m². La société a donc réalisé une vente avec une marge brute positive (prix d'achat auquel on soustrait le coût de production), mais a très certainement réalisé une marge nette négative sur cette opération, en raisonnant en coût complet, c'est-à-dire en intégrant le transport, le coût de la main d'œuvre lors du retraitement du parquet, et en allouant une quote-part des frais de fonctionnement. Cependant cette même société a tiré des enseignements de sa première dépose de parquet, pourra peut-être trouver des clients plus proches dans le futur, et automatiser et pourquoi pas relocaliser le retraitement du parquet réutilisé. Il existe donc des pistes d'amélioration de la rentabilité bien définies pour Tarkett.

La société Bouygues nous a indiqué qu'elle n'aurait pas pu boucler le budget pour le surcout de ce chantier test sans la subvention ADEME (25k€). Si cela peut sembler surprenant pour des groupes internationaux disposant de budgets communication ou publicité bien plus conséquents, il est intéressant de noter que Bouygues s'est ménagé une enveloppe destinée à l'apprentissage sur ce projet. Grâce aux premiers enseignements, aux nouveaux processus identifiés, et aux actions à mettre en place sur les futurs chantiers, le groupe estime que pour les prochains chantiers de déconstruction, il sera en mesure d'économiser entre -0 et -5% par rapport à une démolition, pour le béton. Rentabilité et reproductibilité des méthodes sont avérés.

Sur le second œuvre, le partenaire a travaillé à iso-budget grâce à une temporalité moins contrainte que sur un chantier classique. Ils ont pu laisser intervenir des sociétés tierces pour déposer les matériaux récupérables comme le plancher. La rentabilité sur ce chantier d'apprentissage est déjà atteinte, par contre il n'est pas sûr que les futurs chantiers soient aussi bien planifiés en amont. Les gains de productivité (logiciel pour cartographier les matériaux à déposer, séquençement des travaux de déconstruction et des entreprises dans de bonnes conditions de sécurité...) devront arriver très vite pour pouvoir opérer dans des délais plus contraints. Ce qui pourrait mettre à mal le pourcentage de matériaux déposés réutilisés ou recyclés.

Sur le plan technologie et plateformes d'achat / revente, aucun outil ne semble actuellement performant en zone peu dense pour trouver des débouchés aux matériaux. Tous les débouchés ont été trouvés par la volonté et le réseau des acteurs du projet, les business model ne sont pas encore avérés. Toutefois, on peut espérer que la multiplication de tels chantiers permette de créer une offre et une demande plus conséquente. Les plateformes et solutions informatiques vont probablement se consolider et se spécialiser, puisque concernant les technologies web il existe toujours une valeur ajoutée pour les acteurs parvenant à se positionner comme incontournables au sein du secteur.

Tableau 16 : Mise en parallèle des dimensions de reproductibilité et de rentabilité pour des aspects du projet de la Maillerie (en vert : dimension forte, en orange : dimension moyenne, rouge : dimension faible)

Aspect clef du projet	Reproductibilité	Rentabilité
Subvention de l'ADEME	Grâce à l'apprentissage sur ce chantier, le groupe estime que pour les futurs chantiers de déconstruction, il sera en mesure d'économiser entre 0 et 5% par rapport à une démolition.	
Second-oeuvre	Collaboration avec les sociétés tierces pour la gestion du stockage sur site, de plancher par exemple.	Travail à iso-budget grâce à une temporalité moins contrainte.
Débouchés	Aucun outil actuellement performant en zone peu dense pour trouver des débouchés aux matériaux.	Tous les débouchés ont été trouvés par la volonté et le réseau des acteurs du projet.

4. Freins et leviers identifiés

Un travail a été effectué pour :

- Classifier les freins selon la typologie suivante : normatif, formation, réglementaire, économique, réutilisation, coordination.
- Mettre en rapport les freins observés sur ces projets avec les 7 leviers de l'économie circulaire tels que nous les avons définis dans la première partie de ce rapport, suite à l'analyse de l'état de l'art de l'économie circulaire dans les métiers du BTP et de l'aménagement : les achats durables, l'éco-conception, l'écologie industrielle et territoriale, l'économie de la fonctionnalité, la consommation responsable, l'allongement de la durée d'usage, et le recyclage.

Si certains freins et leviers ont déjà été abordés plus haut dans cette étude, décrivons plus précisément ceux qui n'ont pas encore été évoqués.

En rapport avec le levier achat durable, il a été constaté un frein au niveau de l'absence de cahier des charges pour la sélection d'un déconstructeur dans une démarche d'EC. Les équipes de BBNE n'avaient aucune expérience de chantier d'économie circulaire et sont parties de zéro. Ce chantier d'apprentissage a permis d'essayer les plâtres et de jeter les bases d'un cahier des charges, ainsi que la définition d'objectifs pertinents pour les futurs chantiers. Par exemple, sur la qualité et la qualification chiffrée du concassage requis, qui détermine la taille du granulats essentiel pour la qualité du béton à base de granulats recyclés.

L'aspect réglementaire contraignant est un frein qui s'applique à la plupart des projets étudiés dans le cadre de cette mission. C'est à la fois un sujet interne pour les sociétés, ainsi qu'un sujet par branche d'industrie. Le levier en interne pour remédier à ce frein est le décloisonnement du travail et la collaboration avec les fonctions support. Ainsi, Alexandre Garcin et son équipe chez Bouygues ont beaucoup travaillé avec leurs fonctions centrales juridiques et techniques, pour pouvoir opérationnaliser l'éco-conception d'un béton recyclé. Pour qui connaît les multinationales, le décloisonnement du travail, la fin des silos et la collaboration entre les services est un challenge qui existe depuis plus de 10 ans. Les outils informatiques de collaboration développés ces dernières années comme *Slack* ou *Teams* sont un pas de plus, un enabler, pour permettre la possibilité de collaborer au sein des sociétés.

Au niveau des branches d'industries, les associations ont pour objectif de faire remonter les difficultés rencontrées sur le terrain pour pouvoir faire évoluer les législations, les rendre plus opérationnelles, dans le respect des contraintes imposées par la vie en société et l'environnement

Un autre frein important est ressorti dans la catégorie écologie industrielle et territoriale. Le BTP est un métier à marge faible en général, et les constructeurs ont tendance à travailler avec des PME locales. Le problème apparu lors de ce chantier est un réseau de PME pas encore au niveau des exigences de RSE d'un grand constructeur comme Bouygues. Ainsi, lors de l'appel d'offre pour attribuer le marché de la dépose des matériaux du Compact, un fournisseur a répondu avec une proposition constituée à 100% d'auto-entrepreneurs. Inimaginable pour sécuriser le chantier ! Ce qui s'est traduit pour Bouygues dans la structuration d'une filière de sous-traitants régionaux pour permettre un apprentissage dans un objectif moyen terme d'industrialisation de l'approche à de nombreux chantiers, avec la qualité de la dépose en objectif principal.

Moins stratégique et plus opérationnel, nous avons également identifié un frein lié à la mutualisation d'équipements encore peu développée. On peut penser bien sûr aux engins de chantiers qui sont la plupart du temps possédés en propre par les groupes de BTP, même lors d'un taux d'utilisation inférieur à 50%, mais c'est aussi vrai pour des thématiques de connexion à des réseaux de chaleur, par exemple. Plusieurs études, dont celle en cours de notre cabinet « Etude sur la stratégie et les perspectives de développement de la filière réseaux de chaleur et de froid ENR&D en France », menée avec le cabinet *Inddigo* pour le compte de l'ADEME, montrent pourtant que c'est un moyen très efficace pour décarboner la production de chaleur et de froid, pour assurer l'indépendance énergétique et la relocalisation des emplois de production d'équipement et de maintenance.

Tableau 17 : tableau récapitulatif des freins et des leviers correspondants

Leviers de l'EC	Freins constatés, typologie	Leviers utilisés par Bouygues pour y remédier
Extraction / Exploitation et achats durables	Pas de cahier des charges pour la sélection d'un déconstructeur dans une démarche d'EC – frein normatif, incitation publique	Chantier d'apprentissage qui a permis d'essayer les plâtres et de jeter les bases d'un cahier des charges, et la définition d'objectifs pertinents pour les futurs chantiers
Éco-conception	<ul style="list-style-type: none"> Faible utilisation du granulat recyclé dans la production de béton – formation Aspect règlementaire contraignant 	<ul style="list-style-type: none"> Bouygues responsable à 100% du chantier donne l'instruction d'utiliser du granulat recyclé à hauteur de 3% Décloisonnement du travail, collaboration avec fonctions support
Ecologie industrielle et territoriale	<ul style="list-style-type: none"> Sous-traitants du BTP pas au niveau d'exigence – filières, économique Mutualisation d'équipements peu développée – économique, incitation publique 	<ul style="list-style-type: none"> Structuration de la filière en permettant un apprentissage dans un objectif ultérieur d'industrialisation de l'approche à de nombreux chantiers, notamment sur la qualité de la dépose Connexion au Réseau de Chaleur en cours de construction
Economie de la fonctionnalité	<ul style="list-style-type: none"> Difficulté de définir un nouvel usage pour un bâtiment, de trouver des débouchés pour les matériaux – réemploi, réutilisation 	<ul style="list-style-type: none"> Conservation de la structure du « Compact » et adaptation à son nouvel environnement : parking, commerces au RDC, jardin paysager...
Consommation responsable		
Allongement de la durée d'usage	<ul style="list-style-type: none"> Démolir revient souvent moins cher – économique, incitation publique, concertation, coordination Méconnaissance du lot déconstruction – formation 	<ul style="list-style-type: none"> Volonté politique de conserver un bâtiment emblématique, apprentissage pour tenir les coûts Conditions réunies sur ce chantier pilote pour apprendre : temps, budget, maîtrise du projet à 100%
Recyclage	<ul style="list-style-type: none"> Difficulté de définir un nouvel usage pour un bâtiment, de trouver des débouchés pour les matériaux – réemploi, réutilisation 	<ul style="list-style-type: none"> Identification de plusieurs exutoires à forte valeur ajoutée pour le béton via un nouveau mode opératoire : réinjection dans nouveaux bétons sur site, fabrication de carrelages, sous-couche routière...

Projet international d'économie circulaire : le projet ZIN à Bruxelles

1. Présentation du projet

1.1 GENESE ET OBJECTIFS DU PROJET

En 2018, le gouvernement Flamand a lancé un concours pour la construction de bureaux dans le Quartier Nord de Bruxelles, un quartier d'affaires, à partir de la rénovation des deux tours WTC I et II (World Trade Center, construit dans les années 1970) situées au cœur du quartier Nord. Il s'agit de la plus grande transaction sur le marché immobilier de bureaux de Bruxelles depuis plus de dix ans, le projet de construction étant estimé à 375 Millions d'euros.

Le gouvernement avait donc l'idée d'un immeuble durable, du futur, présentant une forte responsabilité environnementale. Le projet « ZIN in No(o)rd », a pour ambition de réutiliser les deux emblématiques tours WTC I et II. Au lieu d'une simple restauration des bâtiments existants, il s'agit ici de relier les tours par un nouveau volume de 14 étages à double hauteur. Par ailleurs, l'idée est également d'instaurer un nouveau rapport à la ville, grâce à la création d'un rez-de-chaussée ouvert, s'inscrivant de ce fait directement dans le contexte du quartier d'affaire environnant. **L'ambition de la circularité a donc été portée dès le départ par le gouvernement, au travers du concours lancé : sept critères relatifs à la circularité étaient spécifiés dans le cahier des charges.** Ils incluaient l'intégration d'un « passeport de matériaux » à la déconstruction de l'ancien immeuble, et l'utilisation de matériaux certifiés « Cradle to Cradle » (C2C) pour la construction du nouvel immeuble (voir encadré ci-dessous).

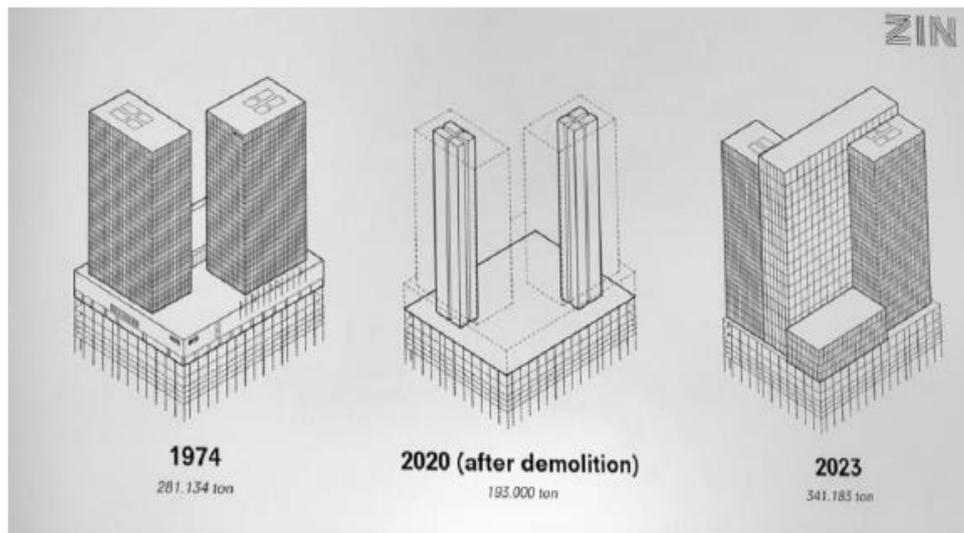


Figure 24 : Maquette de l'immeuble avant et après la démolition et construction de l'immeuble ZIN
(Source : Befimmo-51N4E-Jaspers-Eyers&Partners)

Le groupement ayant remporté le concours, composé des sociétés BESIX (maître d'ouvrage : constructeur et promoteur immobilier), Befimmo (opérateur immobilier et gestionnaire de biens) et les bureaux d'architecture 51N4E, Jasper Eysers et AUC, est allé encore plus loin, en **proposant un projet d'utilisation de béton vert pour la construction du nouvel immeuble** : l'idée consiste à recycler une grande partie du béton issu de la démolition de l'ancien immeuble, afin de le réutiliser pour la construction du nouvel immeuble. S'il venait à manquer de béton pour les nouvelles constructions, le groupement souhaite que le béton neuf acheté soit également certifié C2C. Un autre élément clef s'inscrivant dans la démarche de circularité du projet consiste en la **préservation des deux noyaux centraux des tours existantes, donc au maintien de la structure de base**, comme on peut le voir sur la Figure 24.

La Certification « Cradle to Cradle » (C2C)



Le « Cradle to Cradle » est une certification internationale créée en 2002, dans le but d'encourager l'utilisation de matériaux compatibles avec la protection de l'environnement. Deux agences, Donough Braungart Design Chemistry (MBDC) et Environmental Protection Encouragement Agency (EPEA) labélisent aujourd'hui les produits C2C. Trois grands principes guident cette démarche de certification, qui s'appliquent aux domaines de la réutilisation des matières, de l'énergie, de la toxicité des matériaux, de l'utilisation de ressources en eau et de la responsabilité sociale:

1. La conception de produits **biodégradables ou recyclables**
2. Utiliser, dans la mesure du possible, **des énergies renouvelables**
3. **Adapter les stratégies de conception de produits aux cas particuliers d'entreprises**, en fonction des matériaux et/ou filières disponibles localement

Enfin, il existe quatre niveaux de certification, qui déterminent le niveau de respect de ces trois grands principes, grâce à des critères spécifiés de manière détaillée (niveau basique, argent, or et platine).

Enfin, un aspect important et original du projet ZIN consiste en la flexibilité d'usage du nouveau bâtiment à construire : il pourra, dans le futur, s'adapter à plusieurs usages, en fonction des besoins. Il s'agit donc de créer un bâtiment multifonctionnel (avec des appartements, des bureaux et un hôtel) et évolutif selon la demande. Il est prévu que l'Administration flamande établisse également ses services dans la partie des bureaux.

Le projet ZIN représente donc un cas d'étude particulièrement intéressant, en ce qu'il **fait appel à un grand nombre de volets de l'économie circulaire, et cela de manière ambitieuse**. En effet, l'utilisation de béton recyclé est encore très minoritaire dans les pays Européens, et en l'occurrence, en Belgique, du fait de la lente acceptation des initiatives par différents acteurs du BTP. Par ailleurs, le projet ZIN contribue à **dynamiser un quartier d'affaires jusqu'ici monofonctionnel**, grâce à la multiplicité de ses usages.

1.2 LE PERIMETRE DU PROJET

Le nouveau bâtiment ZIN est donc situé au cœur du quartier d'affaires de Bruxelles, au Nord du centre-ville (Figure 25).

La Figure 26 présente les différents éléments de l'immeuble ZIN, démontrant l'ambition de multifonctionnalité du projet. Le quartier Nord est un quartier d'affaires dense, proche de la gare. La densité représente un aspect déterminant pour les capacités de stockage des chantiers, et peut s'avérer limitant pour les initiatives d'économie circulaire mises en place dans le cadre du projet. Il est également prévu que le béton soit coulé sur place, une fois qu'il aura été recyclé par une entreprise de recyclage. Cela implique donc des problématiques de logistique significatives, au vu de la densité du quartier dans lequel le projet s'inscrit.



Figure 25 : Contexte géographique du quartier Nord de Bruxelles, au sein duquel s'inscrit le projet ZIN



Figure 26 : Périmètre du projet ZIN, au sein du quartier Nord d'affaires de Bruxelles (Source : Befimmo-51N4E-Jaspers-Eyers&Partners)

1.3 CHRONOLOGIE

Le projet ZIN a débuté courant 2018, une fois le contrat attribué au groupement. Le projet est actuellement entré en phase de déconstruction des deux anciennes tours. Cette période permet donc à BESIX de préparer le chantier de construction du nouvel immeuble, l'entreprise n'étant pas elle-même en charge de la déconstruction. L'équipe contacte donc un grand nombre de fournisseurs pour les différents types de matériaux et produits (certifiés C2C) qu'elle compte employer pour la nouvelle construction. Par ailleurs, plusieurs appels d'offre ont été lancés concernant le béton recyclé également certifié C2C, qui viendra compléter, le béton recyclé de l'ancien immeuble déconstruit. Il est prévu que les premiers bétons soient coulés à l'été 2020, une date qui se verra probablement reculée.

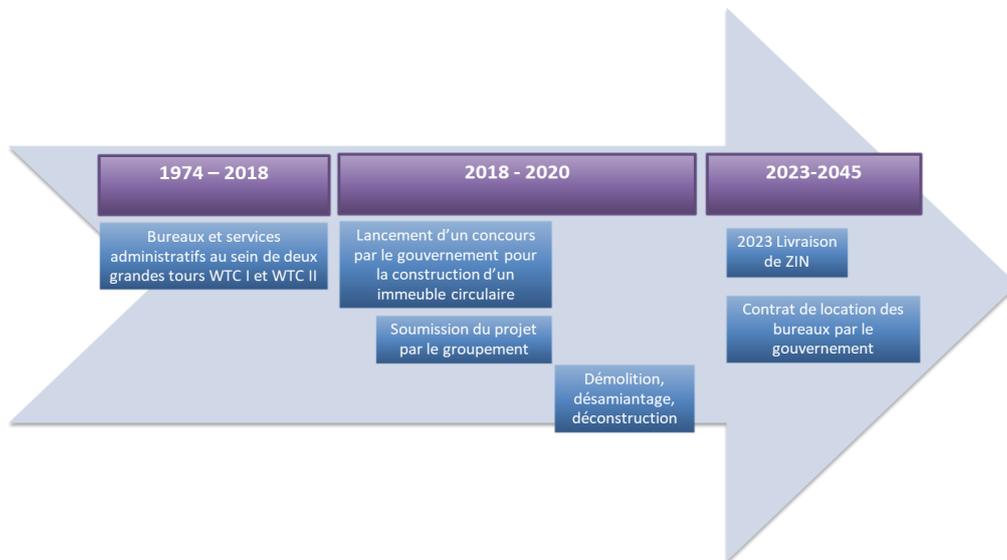


Figure 27 : Chronologie des deux projets du Grand Paris de valorisation de terres excavées

1.4 INTEGRATION DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Plusieurs éléments clefs, que nous décrivons ci-dessous, définissent l'approche d'économie circulaire entreprise pour le projet ZIN.

Comme le présente la

Figure 28, la construction du nouvel immeuble réutilise au maximum les éléments des deux tours existantes, les WTC I et II. En effet, c'est **près de deux-tiers des matériaux existants qui seront conservés dans la construction du nouveau projet**. Cela inclut donc les noyaux des deux tours, qui seront maintenus en l'état au sein de l'immeuble ZIN. Ceci résulte d'un **travail d'inventaire rigoureux effectué par l'entreprise de démolition, De Meuter, grâce à l'utilisation d'un outil de gestion innovant, le passeport de matériaux**. Ce système permet à l'entreprise de connaître de manière précise les quantités de matériaux présentes dans le bâtiment avant démolition, ainsi que leur état, permettant de déterminer leur potentiel de réutilisation (sur place ou au sein d'autres chantiers). Cette initiative a en effet permis de trouver des repreneurs pour certains types de produits (comme des portes, dalles, ou planchers) avant même le début des travaux. Pour ce faire, l'entreprise a fait appel à des plateformes en ligne, comme Rotor, par laquelle certains matériaux ont pu être revendus.

Un autre aspect caractéristique du projet ZIN, concerne le recyclage du béton issu de la déconstruction des bâtiments, une initiative du groupement, qui n'était pas inscrite dans le cahier des charges du concours. **BESIX et Befimmo se sont donc accordés au préalable avec l'entreprise De Meuter pour s'assurer de la déconstruction sélective de l'immeuble**, un prérequis nécessaire pour le recyclage du béton en granulats. En effet, ces derniers ne doivent pas contenir des matériaux comme de l'argile, du bois ou de l'asphalte. Bien que les opérations de recyclage n'aient pas encore débuté, certains points d'attention ont déjà été mis en avant comme essentiels :

- **Le type de recyclage employé** : le béton déconstruit doit être concassé deux fois pour obtenir un granulats rond, de bonne qualité, réutilisable par la suite.
- Le **tamissage du béton concassé** représentera un aspect important, afin de d'obtenir des granulats de béton les plus purs possible.
- Des tests devront être effectués chez des centrales à béton, afin de **déterminer le pourcentage de béton recyclé à insérer**. Cela implique que le groupement arbitre entre l'utilisation d'un béton

entièrement pur, auquel serait ajouté du ciment, et l’empreinte CO₂ liée à cet ajout, que le groupement aimerait garder la plus basse possible.

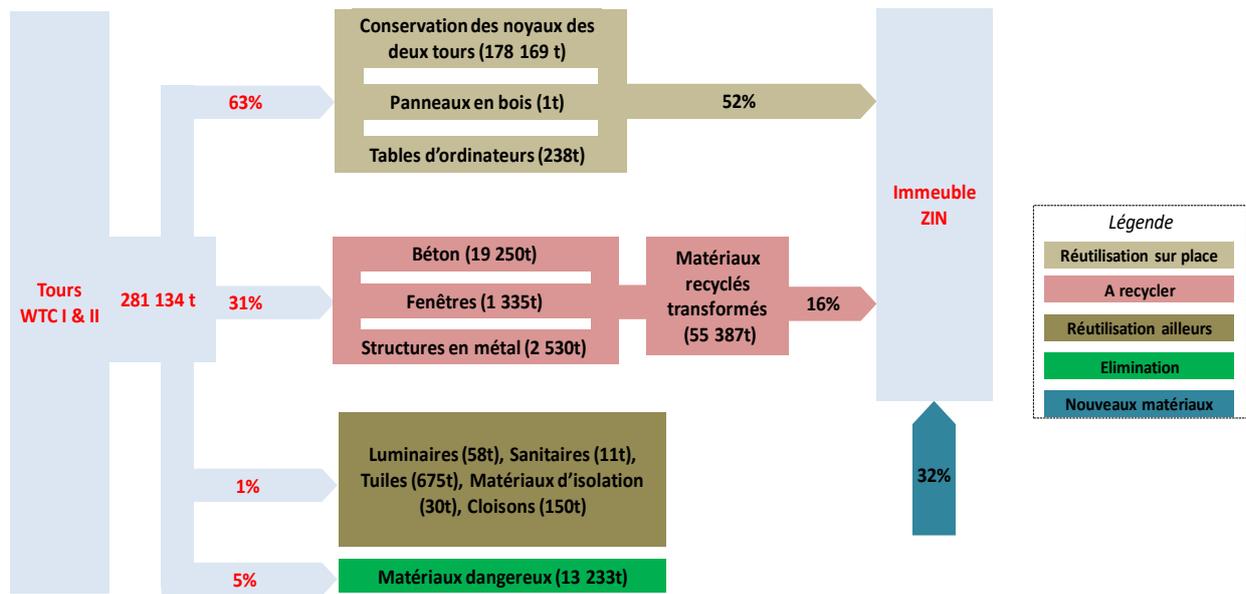


Figure 28 : Approche d'économie circulaire pour le projet ZIN

Le béton coulé sur place sera ensuite certifié C2C, ce qui constitue une première expérience en Belgique. Il est probable que les 5000 tonnes prévues de béton recyclé issues de la déconstruction soient suffisantes pour le nouveau chantier. Le groupement a néanmoins déjà lancé des appels d'offre pour des entreprises de béton recyclé (également certifié C2C) afin de combler de potentiels besoins supplémentaires qui pourraient advenir lors de la construction.

Les nouveaux matériaux qui seront employés sur le chantier seront à 97% certifiés C2C, ce qui constitue un aspect phare du projet en termes d'économie circulaire. En effet, ce label garantit que les matériaux employés sont « sains », en partie issus du recyclage, et sobres en énergie lors de leur production. Cette large proportion de matériaux C2C implique qu'un **réel travail de recherche de fabricants soit effectué au préalable**, l'offre de ce type de matériaux n'étant encore qu'à un stade balbutiant.

Enfin, au-delà de la déconstruction et construction du nouvel immeuble ZIN, l'ambition circulaire du projet repose sur une perspective de **modularité de l'immeuble au long-terme, en accord avec les principes d'économie de la fonctionnalité.** La structure, flexible, pourra en effet être adaptée à des besoins futurs, nécessitant peu de modifications énergivores et intensives en ressources autres. C'est cet aspect que l'on retrouve également dans la volonté de **favoriser au sein de l'immeuble une utilisation sobre en énergie.** En effet, des panneaux solaires seront installés sur la façade ainsi que sur les toitures du bâtiment et de la serre. La chaleur et le froid seront extraits du sol à l'aide d'un système géothermique, qui couvrira plus de 60% des besoins énergétiques de l'immeuble.

2. Présentation détaillée des acteurs

Les acteurs impliqués au sein du projet ZIN sont présentés au sein de la Figure 29. Le maître d'ouvrage (également maître d'œuvre) BESIX, supervise donc le projet, accompagné d'entreprises partenaires. Contrairement au projet de la Maillerie, à Lille, le constructeur, BESIX, n'est pas en charge de la déconstruction de l'ancien immeuble. Cela signifie qu'une attention particulière doit être apportée au partenariat entre les

différents acteurs afin de bien coordonner l'approche de réutilisation de matériaux entre l'ancien et le nouveau projet.

On voit également que d'autres acteurs sont impliqués au sein du projet, créant, comme dans les autres cas d'étude analysés dans ce rapport, **un maillage de partenaires locaux, clefs à la démarche d'économie circulaire entreprise par le projet ZIN**. En effet, l'implication de plateformes telles que Rotor, des recycleurs de béton, des industriels fabriquant des matériaux C2C, ainsi que les bénéficiaires des matériaux issus de l'ancien bâtiment contribuent tous à la mise en place de la boucle d'économie circulaire décrite ci-dessus.

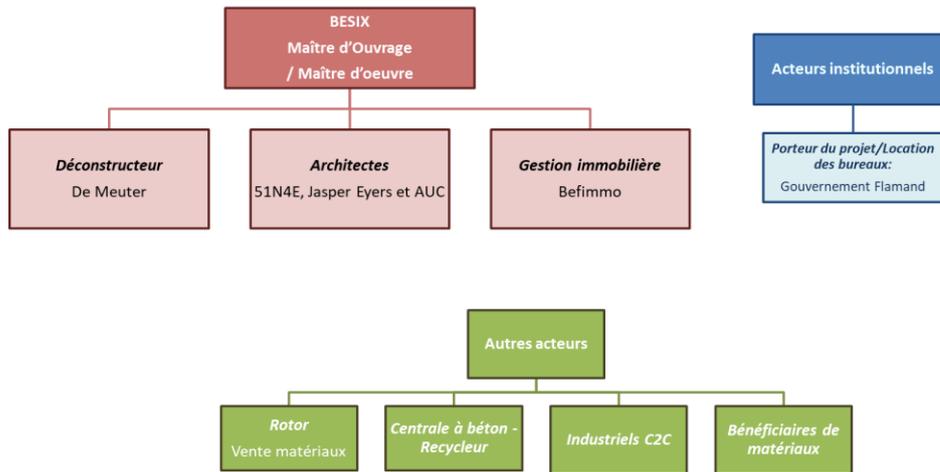


Figure 29 : Acteurs impliqués dans le projet ZIN

3. Notre analyse du projet

3.1 ASPECTS NOVATEURS DE LA DEMARCHE

La démarche d'économie circulaire du projet ZIN est caractérisée, comme décrit plus haut, par une multitude d'éléments. Certains aspects ont été directement inscrits dans le cahier des charges du concours, et d'autres apportés en supplément au sein de la réponse du groupement. C'est donc bien la diversité des initiatives mises en œuvre dans ce projet qui rendent la démarche globale novatrice. En effet, **l'économie circulaire se doit d'être envisagée comme une approche systémique, prenant en compte la globalité d'un projet, et son inscription dans un contexte particulier.**

L'utilisation du béton recyclé issu du bâtiment déconstruit, et sa certification C2C représente une démarche particulièrement innovante en Belgique et dans le reste de l'Europe, l'utilisation de béton recyclé à grande échelle étant encore très peu répandue. Aucune construction de cette ampleur n'avait jusqu'ici employé du béton recyclé certifié. Cet aspect novateur, caractéristique du projet ZIN, représente également un défi important pour l'entreprise de construction. Le fait que l'immense majorité des nouveaux matériaux utilisés soient également certifiés C2C constitue là également un aspect innovant du projet. En effet, le projet jusqu'ici le plus ambitieux mené par les architectes Drees & Sommer (à Paris) n'avait atteint que 30% de certification C2C.

3.2 BENEFICES ECONOMIQUES, ENVIRONNEMENTAUX ET ORGANISATIONNELS

Les bénéfices économiques, environnementaux et organisationnels sont encore impossible à évaluer, le projet de construction n'ayant pas encore débuté. Plusieurs éléments directement liés à ces divers impacts peuvent néanmoins dès à présent être discutés.

Concernant les conséquences économiques de la mise en œuvre du projet, l'aspect novateur de la démarche décrite plus haut la rend particulièrement difficile à évaluer, puisque le groupement ne dispose d'aucune expérience semblable à laquelle se référer. Plus particulièrement, **l'utilisation de béton recyclé nécessite, d'obtenir un grand nombre de permis pouvant s'avérer coûteux, mais également d'effectuer des tests sur le béton recyclé afin de trouver un mélange qualitatif.** De plus le nombre encore très limité d'acteurs présents sur le marché implique des prix parfois élevés pour certains produits. Par ailleurs, le stockage du béton recyclé sur le chantier s'avère également très coûteux. Au vu de ces incertitudes, **le groupement n'a effectué aucun calcul a priori, et ne s'est pas fixé d'objectif économique.** Ils se sont donc engagés à effectuer des recherches concernant les options disponibles, du moment qu'elles sont envisageables techniquement, et qu'elles n'impliquent pas une sortie trop large du planning prévisionnel.

Bien qu'il soit encore trop tôt pour évaluer les bénéfices environnementaux, **le réemploi d'une grande partie des matériaux pour d'autres projets et l'utilisation de matériaux certifiés C2C laisse présager un bilan environnemental net positif.** Cela dépendra néanmoins de facteurs, sur lesquels le groupement n'a pas encore de prise, comme le transport vers et depuis les industriels et repreneurs de matériaux, ou encore la formule finale pour le béton recyclé qui sera retenue pour la construction de l'immeuble.

3.3 RENTABILITE ET REPLICABILITE DU PROJET

Bien que le projet ZIN soit en phase préliminaire, il est dès à présent possible de tirer certaines conclusions quant à la reproductibilité future et à la rentabilité du projet. Le Tableau 18 présente quelques premiers éléments en ce sens.

Tableau 18 : Mise en parallèle des dimensions de reproductibilité et de rentabilité pour des aspects du projet ZIN (en vert : dimension forte, en orange : dimension moyenne)

Aspect clef du projet	Reproductibilité	Rentabilité
Recyclage du béton	La certification BENOR et la certification pour les garanties des centrales à béton permettent d'alléger les contraintes réglementaires.	Surcoûts risquent d'apparaître du fait de nouveaux procédés à mettre en place et des coûts liés aux assurances additionnelles.
Stockage	La reproductibilité s'améliorera avec la normalisation des granulats recyclés	Accord entre le déconstructeur et maître d'ouvrage pour stocker les matériaux sur site.
Fin de vie	Contraintes géographiques : les matériaux ont dû être recyclés en Flandres. La reproductibilité dépend donc en partie de la disponibilité géographique des infrastructures de fin de vie, qui déterminent les coûts logistiques liés à cet aspect du projet.	Moyenne, du fait de coûts additionnels liés aux contraintes géographiques.
Cahier des charges	Très exigeant sur le niveau d'EC du chantier, permettant de diffuser à grande échelle les principes au sein de projets publics de construction.	Permet d'intégrer directement les coûts liés à l'EC dans le cahier des charges, qui ne sont donc pas considérés comme des surcoûts.

4. Freins et leviers identifiés

Tableau 19 : Freins et leviers au sein du projet ZIN, selon les piliers de l'économie circulaire

Leviers de l'EC	Freins constatés, typologie	Leviers utilisés pour y remédier
Extraction / Exploitation et achats durables		
Éco-conception	<ul style="list-style-type: none"> Le marché des producteurs de matériaux C2C est encore restreint en Belgique (et ailleurs en Europe) 	<ul style="list-style-type: none"> Objectif d'un certain pourcentage d'éléments C2C inscrit dès le départ dans le cahier des charges du concours. Se sont donc rapprochés des industriels au stade initial de la démarche.
Ecologie industrielle et territoriale	<ul style="list-style-type: none"> Contraintes logistiques liées au stockage nécessaire du béton recyclé sur le site, du fait d'un marché encore balbutiant et donc d'une difficile adéquation entre l'offre et la demande. 	<ul style="list-style-type: none"> Stockent le béton, puis le coulent et l'utilisent sur le site, générant des coûts plus élevés mais devrait permettre de subvenir à l'intégralité des besoins en béton recyclé du nouvel immeuble.
Economie de la fonctionnalité		
Consommation responsable		
Allongement de la durée d'usage		
Recyclage	<ul style="list-style-type: none"> Méfiance des acteurs vis-à-vis des produits de réemploi, comportemental. 	<ul style="list-style-type: none"> Ont recours à la norme Bénor, qui assure une bonne qualité au béton, en accord avec les exigences assurantielles, et à la certification C2C, pour l'aspect environnemental.

Le Tableau 19 résume les freins rencontrés par le groupement jusqu'ici dans la mise en œuvre du projet ZIN, et les leviers activés pour les lever. Ils ont été classés selon les sept piliers de l'économie circulaire. Le peu de lisibilité lié au faible niveau d'avancement du projet aujourd'hui explique qu'un nombre limité de freins ait été identifiés.

Chapitre 3 : Trois modèles d'économie circulaire

Introduction

1. Objectifs

Les deux premiers chapitres de la présente étude ont permis de mettre en avant les principaux enjeux technico-économiques de l'économie circulaire au sein du BTP, en France et en Europe. Les retours d'expérience au sein du Chapitre 2 ont démontré l'existence de nombreuses initiatives innovantes, en termes de méthodes et matériaux employés, ainsi que de catégories d'acteurs mobilisés. L'analyse des trois grands projets présentés au sein du Chapitre 2 a également permis d'identifier les obstacles existants à la montée en puissance des modèles d'énergie circulaire.

Ce troisième chapitre vise donc désormais à **construire des modèles économiques concernant trois thématiques différentes de l'économie circulaire**. Il s'agit donc de formaliser des boucles d'économie circulaire déjà existantes, et de définir les conditions nécessaires à leur structuration, dans un horizon futur de 3 à 5 ans. Ces boucles s'appuient, entre autres, sur les éléments rassemblés au sein des cas d'études, et visent à les objectiver afin d'en tirer des conclusions plus générales pouvant être appliquées à divers projets. Il est important de préciser que les modèles et chiffres présentés dans cette section représentent un parti-pris de modélisation, et doivent donc être considérés comme indicatifs de tendances générales existantes.

Les modèles circulaires présentés au sein de ce chapitre répondent à trois grands objectifs :

1. Définir les différents maillons des chaînes de valeur, et les associer à des postes de coûts ou de bénéfices pour les acteurs concernés ;
2. Chiffrer, dans la mesure du possible, les modalités de création de valeur, aujourd'hui et à l'avenir (afin de présenter l'évolution de la maturité des boucles grâce à la multiplication de chantiers et projets) ;
3. Souligner les variables clés ayant un impact sur cette création de valeur, agissant alors comme des leviers à mettre en œuvre pour structurer la boucle d'économie circulaire.

2. Sélection des boucles

Les trois boucles ont été sélectionnées selon plusieurs critères. Tout d'abord, elles présentent toutes trois un fort potentiel de répliquabilité, aujourd'hui et à l'avenir, à d'autres projets, chantiers, ou programmes d'aménagement. Ensuite, les modèles économiques décrits concernent des aspects essentiels et constitutifs de chantiers, pouvant donc influencer de manière significative l'orientation d'un projet d'économie circulaire. Enfin, seules des boucles présentant un degré actuel de maturité relativement élevé ont été sélectionnées. En effet, des éléments d'économie circulaire encore trop peu exploités aujourd'hui, bien qu'intéressants, comme la « multimodalité » des bâtiments (pouvant combiner plusieurs usages), n'ont pas été retenus. Les trois boucles sélectionnées sont :

1. Les terres excavées
2. La déconstruction sélective
3. Le béton recyclé

Les trois boucles présentées constituent donc une première formalisation des moyens à mettre en œuvre afin d'effectuer la transition d'une économie linéaire à une économie circulaire dans le BTP.

3. Méthodologie

La construction des trois modèles d'économie circulaire s'est effectuée en suivant une méthodologie semblable en trois temps.

Tout d'abord, les données et informations obtenues lors des phases précédentes de l'étude, ainsi que des éléments complémentaires issus de sources bibliographiques pertinentes à chaque boucle ont été rassemblés. En particulier, **la construction de modèles économiques nécessite l'utilisation de données de coûts détaillées**, et plus précisément la décomposition en différents maillons des coûts selon les postes importants de la boucle considérée.

La seconde étape a consisté à déterminer pour chaque boucle **trois variables clefs ayant une influence sur la répartition et l'évolution des coûts** au fil de la multiplication des chantiers dans le temps (période de maturation de la boucle en question). L'objectif de cette étape consiste donc à souligner l'impact de variables majeures (dont il a déjà été discuté au sein de cette étude) sur le modèle circulaire présenté.

La troisième étape de l'analyse économique consiste en la **construction du modèle, qui vise donc à proposer une formalisation mathématique l'impact des variables clés mentionnées sur l'évolution des coûts**. Le modèle, au format Excel, comme présenté ci-dessous (Figure 30), permet ainsi de représenter trois types de cas de figure :

- La situation actuelle, en économie linéaire
- La situation après quelques chantiers et la mise en place d'une démarche circulaire
- La boucle circulaire mature (à un horizon de deux ou trois ans).

Chaque maillon de coût est influencé par une ou deux variables clés. L'ensemble des maillons de coûts peut être sommé afin de déterminer le coût total de chaque situation. Cela permet ainsi d'estimer les potentiels surcoûts engendrés par la mise en place d'une démarche circulaire, ou la baisse de coûts potentielle lorsque la boucle devient mature, ainsi que d'identifier précisément le rôle joué par les variables clés dans le coût total du chantier.

Variable clé 1	90%
Variable clé 2	30%
Variable clé 3	Non

Elements de coûts	Economie linéaire	Après quelques chantiers	Modèle mature à 2/3 ans
Maillon 1	33	23,3	22,3
Maillon 2	33	63	48
Maillon 3	33	36,6	31,6
Total	100	123	102

Taux d'évolution des coûts	Taux d'évolution des coûts
-30%	-33%
90%	45%
10%	-5%
23%	2%

Figure 30 : Exemple générique de l'outil Excel représentant un modèle circulaire

Cet outil, décliné pour les trois boucles, permet donc de modéliser l'interdépendance de différents facteurs sur le coût total de l'économie circulaire, et de faire varier l'évolution des coûts grâce à un différent paramétrage des variables clés. Il permet ainsi de générer de puissantes conclusions sur les leviers à activer pour rendre les modèles d'économie circulaire plus rentables que les modèles linéaires majoritaires aujourd'hui.

Le reste de l'analyse est développé selon une structure similaire pour les trois boucles :

- Une **présentation générale** de l'articulation des modèles linéaire et circulaire, les flux permettant de passer du premier au second, ainsi que les **acteurs clés impliqués** (historiques et nouveaux entrants).
- **Le modèle économique** : les équations de base du modèle, l'évolution des différents maillons de coûts, l'influence des variables clés et les bénéfices et coûts supportés par les différents acteurs du fait de la mise en place de la démarche circulaire. A noter que les différents éléments composant le modèle économique sont exprimés en termes de « surcoûts » et de « gains » générés par la boucle circulaire en comparaison avec le modèle linéaire. Concernant l'évolution des coûts par la mise en place des boucles circulaires, il est important de souligner que les chiffres présentés au sein de ce rapport sont variables, et qu'ils ne représentent qu'une moyenne généralisée de projets divers. Les modèles mathématiques construits au sein des tableurs Excel permettent eux de faire évoluer les coûts grâce à une variation des paramètres.
- **Les freins rencontrés** à la mise en place de démarches circulaires, et **les leviers** pouvant être déployés pour lever ces obstacles.
-

Boucle d'économie circulaire : les terres excavées

1. Présentation générale

Les terres excavées ont été évoquées à de nombreuses reprises au sein de cette étude. Elles représentent en effet des matériaux majeurs des chantiers du BTP, puisque que leur production annuelle est évaluée à 175 Millions de tonnes. Or, 75% de ces déchets sont envoyés en ISDI³⁰, les procédés de valorisation sur le territoire étant, jusqu'ici trop peu exploités et mis en place, du fait de l'absence d'une stratégie nationale existante. De nombreux projets ont néanmoins vu le jour, comme présenté au sein du Chapitre 2. La Figure 31 présente l'articulation des modèles linéaire et circulaire, avec, en vert les principaux flux circulaires. Le réemploi des terres consiste en leur valorisation sans modifier leurs fonctions initiales. Elles peuvent en effet être stockées puis utilisées comme remblais au sein d'autres chantiers de proximité. Le recyclage des terres, lui, implique une évolution de la fonction première des terres, et pour ce faire leur transformation, comme il a été décrit dans les deux projets de terres excavées du Grand Paris. Il est important de noter que les analyses de caractérisation existent également dans le modèle linéaire, et permettent de déterminer l'exutoire final des terres selon la concentration des polluants, leur nature et leur potentiel de relargage (en ISDD, ISDND ou ISDI). Or, si la Figure 31 présente les tests et le diagnostic matériaux comme appartenant exclusivement au modèle circulaire, c'est pour souligner la mise en œuvre d'une caractérisation bien plus fine et approfondie des terres qu'au sein du modèle linéaire, nécessitant des tests supplémentaires et l'utilisation de méthodologies nouvelles (comme le montre le cas de la Société du Grand Paris).

³⁰ ADEME – Ernst & Young (Juin 2018) – Taux d'utilisation et coûts des différentes techniques et filières de traitement des sols et des eaux souterraines pollués en France.

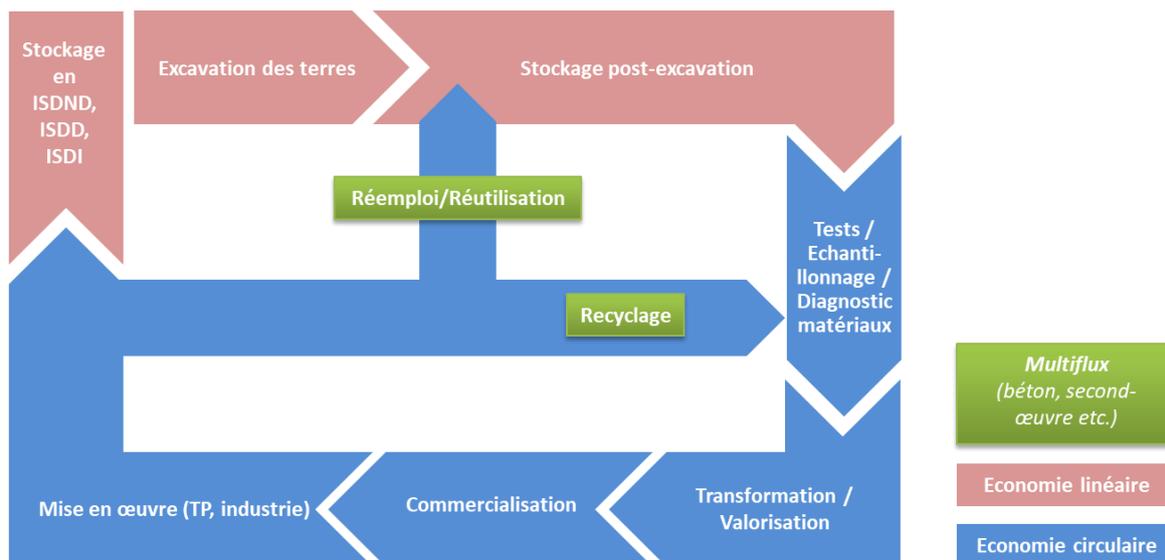


Figure 31 : Vision générale des modèles linéaire et circulaire des terres excavées

La Figure 32 présente les différents acteurs historiques ainsi que les nouveaux acteurs impliqués au sein de projets de terres excavées, en fonction des différentes phases du chantier.

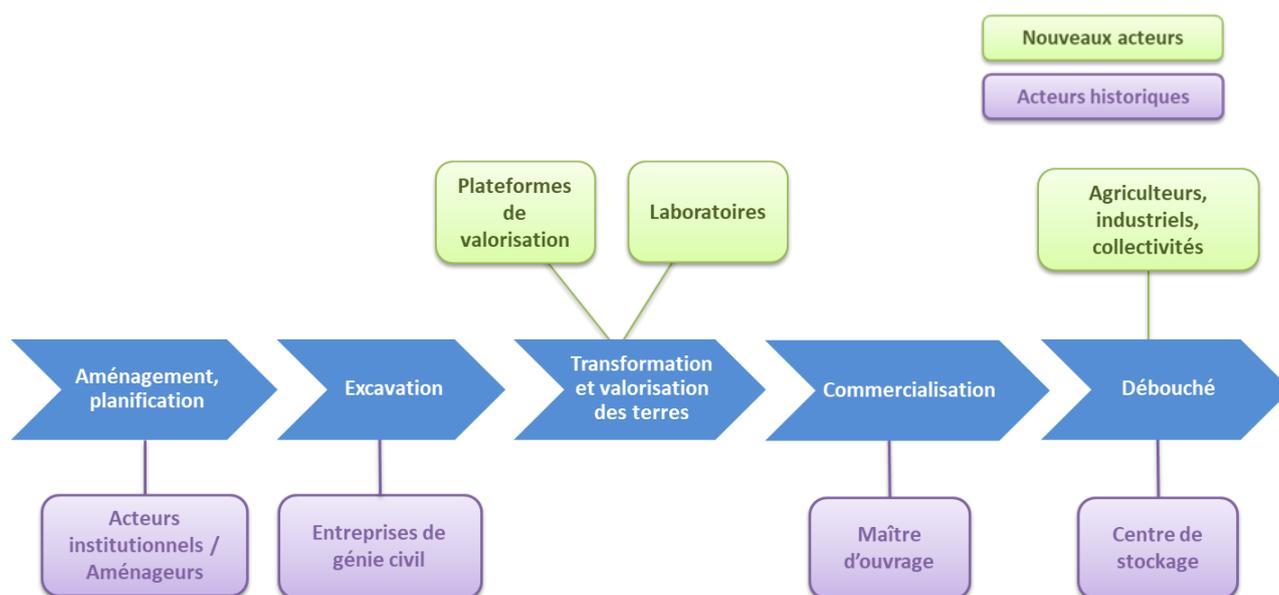


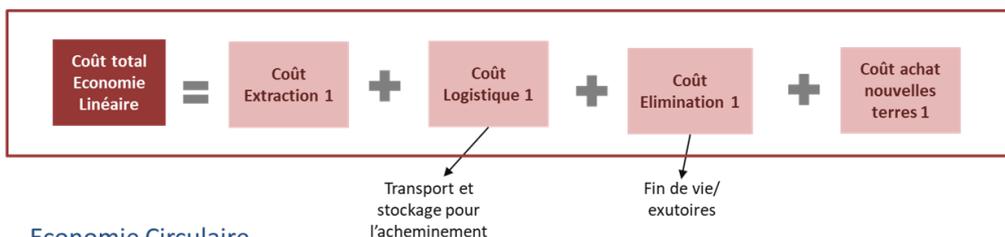
Figure 32 : Présentation des acteurs principaux du modèle des terres excavées

2. Le modèle économique

2.1 PRESENTATION DES MODELES D'ECONOMIE LINEAIRE ET CIRCULAIRE

Le modèle économique des terres excavées, comparant une situation d'économie circulaire avec une boucle linéaire est présenté sur la Figure 33. L'équation au sein de l'encadré pointillé bleu permet de formaliser la condition nécessaire à la rentabilité d'une démarche circulaire par rapport au fonctionnement linéaire de base. Le modèle s'appuie sur des **hypothèses de gains de l'économie circulaire** sur les maillons suivants :

Economie Linéaire



Economie Circulaire

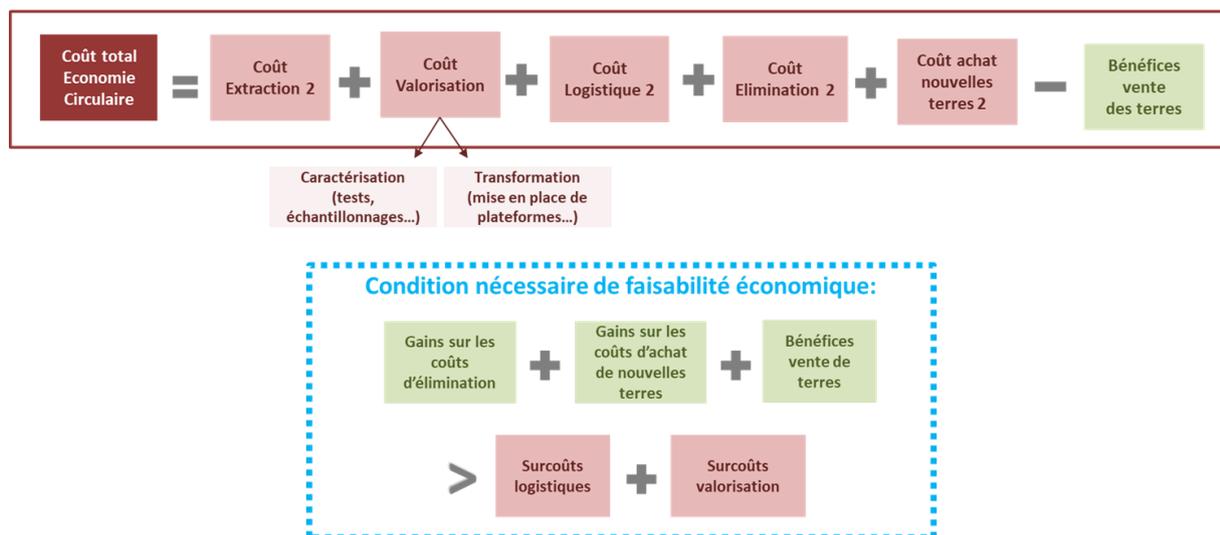


Figure 33 : Equations du modèle économique des terres excavées et condition de rentabilité

- **Les coûts d'élimination** : une hausse du réemploi et du recyclage implique une valorisation plus importante des terres excavées, et donc une réduction des tonnages stockés et éliminés.
- **Les coûts d'achats de nouvelles terres** : le réemploi et recyclage des terres induisent un moindre besoin de nouveaux achats pour différents usages (industrie, agronomie etc.).
- **Des bénéfices liés à la vente des terres valorisées**, une fois que les dispositifs permettant la « commoditisation » (valorisation monétaire des terres entre différents acteurs) sont mis en place.

Les **surcoûts induits par la mise en place de l'économie circulaire** sont générés aux postes de coûts suivants :

- Les coûts logistiques : la valorisation des terres implique une multiplication d'acteurs et d'intermédiaires éparpillés géographiquement par rapport à un modèle circulaire (au sein duquel les terres étaient transportées en centre de stockage), et donc une probable augmentation des distances. Les coûts de stockage des terres (en attendant leur valorisation) peuvent également se voir augmentés lorsque la boucle n'est pas encore mature et que la coordination entre les acteurs pas totalement opérante.
- Les coûts liés au processus de valorisation : la caractérisation précise des terres, ainsi que la mise en place de processus de valorisation (transformation par des plateformes) implique des surcoûts. A noter que les coûts de caractérisation sont également présents au sein de modèle linéaire (coûts liés à la détermination de l'exutoire final) mais dans une moindre mesure que les coûts induits par la caractérisation fine au sein du modèle circulaire.

2.2 REPARTITION ET EVOLUTION DES COÛTS

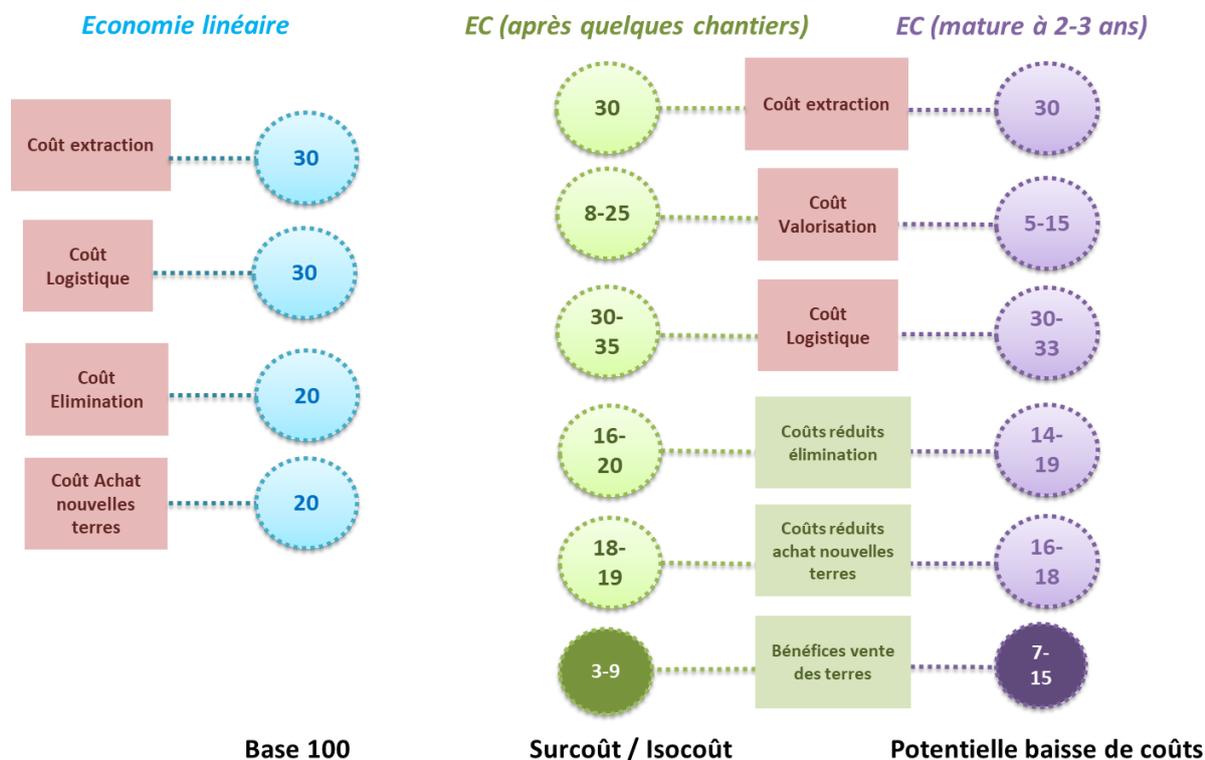


Figure 34 : Evolution des coûts d'un projet de terres excavées avec la mise en place d'une boucle d'économie circulaire

La Figure 34 présente l'évolution des coûts de projet impliquant des terres excavées, avec la mise en place d'une démarche d'économie circulaire. Cette évolution du coût total du projet est liée à l'action de trois variables clés présentées sur la Figure 35. Ces variables représentent donc des leviers fondamentaux à activer afin de rendre la boucle d'économie circulaire plus mature et rentable.

- **La multiplication des débouchés géographiquement proches** permet de réduire les coûts logistiques (moins de stockage et de transport nécessaire). En augmentant les opportunités de valorisation de terres géographiquement proche, cette multiplication de débouchés permet également simultanément de réduire le coût d'achat de nouvelles terres et d'augmenter les bénéfices liés à la revente de terres.
- **Le renforcement des dispositifs de valorisation** implique une augmentation des coûts logistiques, une réduction des coûts d'élimination et d'achats de terres, et induit un surcoût de valorisation.
- **Le degré de précision de la caractérisation des terres** amène nécessairement à une augmentation des coûts de valorisation (implique la mise en place de tests et procédés plus précis et coûteux), mais permet également des bénéfices plus élevés sur la revente des terres, du fait d'une meilleure caractérisation qualitative.

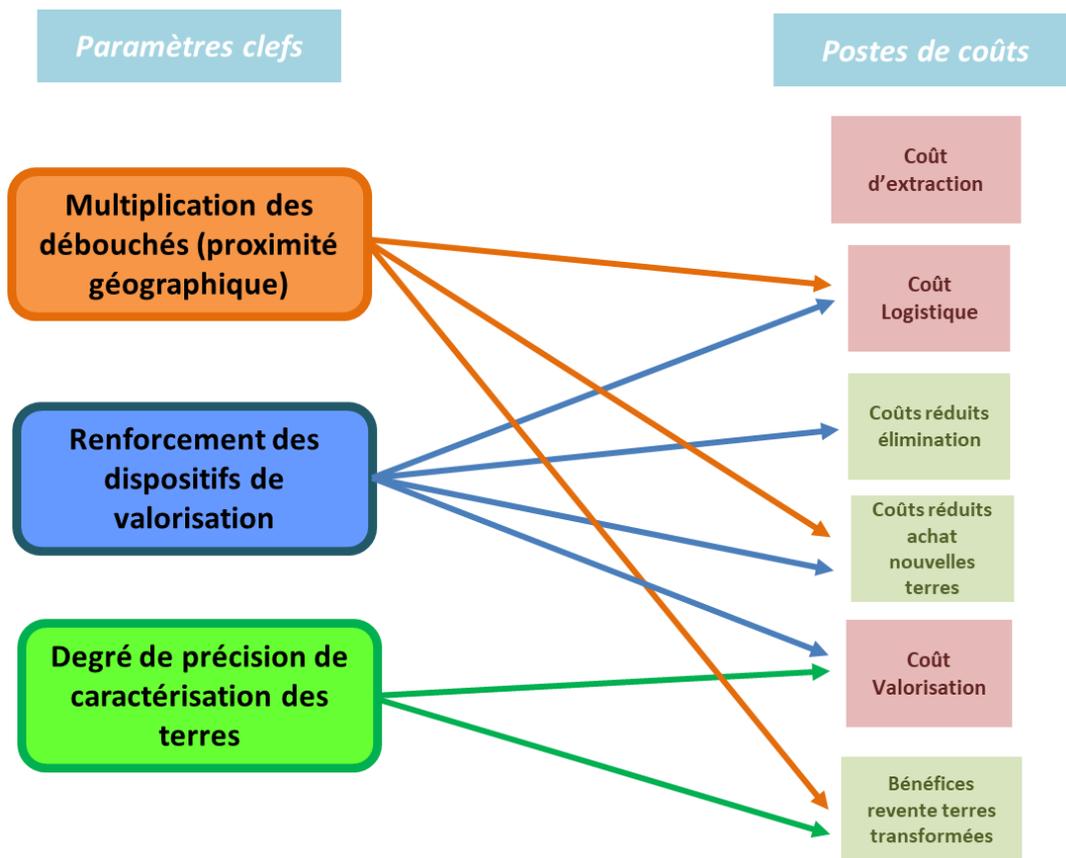


Figure 35 : Influence des variables clés sur les postes de coûts du projet de terres excavées

Le modèle présenté ci-dessus permet de générer des prévisions sur l'évolution de la rentabilité d'un projet de terres excavées. En utilisant un paramétrage intermédiaire des trois variables clés définies, trois enseignements peuvent être tirés (toutes choses égales par ailleurs) :

1. La multiplication de débouchés géographiquement proches permet la réduction du coût global d'un projet de terres excavées de 12%, si l'on considère une boucle d'économie circulaire mature (à 2-3 ans), par rapport à une économie linéaire de base. Cette réduction s'opère malgré une augmentation initiale des coûts de 8%.
2. L'augmentation progressive du degré de caractérisation des terres implique une hausse des coûts de l'économie circulaire lors des premiers chantiers, liée à la valorisation plus coûteuse. En revanche, augmenter ce taux au sein d'un projet mature n'impacte pas le coût global du chantier, puisque le surcoût de valorisation est entièrement compensé par les bénéfices liés à la revente des terres.
3. Le renforcement des dispositifs de valorisation peut permettre une réduction du coût global de 12% dans le cas d'une boucle mature, en grande partie liée à la baisse des coûts d'élimination et d'achats de nouvelles terres.

2.3 BÉNÉFICES ÉCONOMIQUES- IMPACTS SUR LES ACTEURS

La Figure 36 propose pour chaque acteur concerné, une évolution des coûts ou bénéfices liée à la mise en place d'une démarche circulaire.

Acteurs	Impact Surcoût / Economies	Description impact
Maître d'ouvrage	Incertain	Incertain, dépend de la capacité à valoriser le type de terre à une valeur supérieure au coût de traitement. Economie de l'évacuation des terres: le réemploi des terres permet approximativement de réduire le cout total d'une évacuation en décharge et d'un apport de matériaux sur chantier
Entreprises de transport	Incertain: a priori positif au début	Augmentation des coûts de transport avec le renforcement des dispositifs de valorisation (plus de plateformes et donc augmentation des distances). Réduction avec la multiplication des chantiers d'aménagement et donc la multiplication des débouchés.
Entreprises de génie civil	5-10%	Moins d'excavation de terres du fait d'une augmentation de la réutilisation.
Centres de stockage	5-10%	Moins de stockage a priori du fait de l'augmentation de la réutilisation.
Plateformes de valorisation	5-20%	Bénéficiaires du transfert de valeur (des anciens exutoires vers les plateformes de valorisation) Gains de parts de marchés sur les écomatériaux.
Laboratoires	5-20%	Hausse de l'activité liée à l'augmentation du besoin de caractérisation des terres et tests sur les chantiers d'aménagement.
Filières industrielles, agronomie, travaux publics, aménagements publics	5-10%	Matériaux non utilisés sur place ont été revendus sur la plateforme ou donnés. Développement d'un marché des éco-matériaux permettant aux acteurs de se fournir localement à moindre prix ou gratuitement
Acteurs institutionnels / Aménageur	Positif	Bénéfice d'image, visibilité donnée aux acteurs du secteur. Possibilité d'imposer un cahier des charges compatible avec le développement durable. Soutien financier à certains projets.

Figure 36 : Bénéfices et coûts pour chacun des acteurs de projets de terres excavées

3. Freins et leviers identifiés

Typologie	Freins constatés	Pistes et leviers
Normatif – Incitation publique	<ul style="list-style-type: none"> Pas de cahier des charges pour la sélection d'un déconstructeur dans une démarche d'EC 	<ul style="list-style-type: none"> Inscription dans le cahier des charges publics de critères d'EC forts Structuration de réseaux d'acteurs par le renforcement d'un maillage géographique solide
Comportemental	<ul style="list-style-type: none"> Frilosité à engager de nouveaux processus, crainte des incertitudes 	<ul style="list-style-type: none"> Formation des acteurs Evolution des cahiers des charges et renforcement des réglementations
Economique	<ul style="list-style-type: none"> Mutualisation d'équipements peu développée Pas encore de marché fluide des matériaux de réemploi ou de réutilisation : difficulté de définir un nouvel usage pour un bâtiment, de trouver des débouchés pour les matériaux Démolir revient souvent moins cher 	<ul style="list-style-type: none"> Structuration de la filière en permettant un apprentissage dans un objectif ultérieur d'industrialisation de l'approche à de nombreux chantiers, notamment sur la qualité de la dépose « Learning by doing » : réduction des coûts marginaux au fil des chantiers grâce à l'industrialisation de la démarche Labélisation des éco-matériaux (valeur ajoutée)
Compétences	<ul style="list-style-type: none"> Processus de recyclage (béton par exemple) encore peu diffusés Sous-traitants du BTP pas au niveau d'exigence Méconnaissance du lot déconstruction 	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de programmes de formation pour les nouveaux métiers (diagnostiqueurs) Formations pour les acteurs du bâtiment existants
Infrastructure / Logistique	<ul style="list-style-type: none"> Manque d'infrastructures de collecte / tri / recyclage Contraintes liées au stockage nécessaire du de matériaux sur site, du fait d'un marché encore balbutiant et donc d'une difficile adéquation entre l'offre et la demande. 	<ul style="list-style-type: none"> Renforcement des infrastructures de collecte/ tri / recyclage Faciliter le stockage de matériaux sur site, grâce à des accords entre acteurs Cartographie des flux de matière sur le territoire

Figure 37 : Freins et leviers identifiés au sein des projets de terres excavées

Boucle d'économie circulaire : la déconstruction sélective

1. Présentation générale

La déconstruction (ou dépose) sélective constitue un des principes majeurs de l'économie circulaire au sein du BTP. En effet, le secteur générait 227,5 millions de tonnes déchets en 2014, avec des taux de valorisation encore trop faibles : 63% pour les travaux publics et 46% pour le bâtiment³¹. La déconstruction sélective, qui implique l'anticipation de la destination des déchets ainsi que de leur usage second permet de faciliter le réemploi et le recyclage de matériaux et produits. Cette démarche peut alors permettre de générer des économies, notamment grâce à la réduction des coûts de gestion des déchets (qui peut même atteindre 30 à 40%)³². De plus, la déconstruction sélective réduit le risque de pratiques illégales, comme le stockage des déchets au sein de décharges sauvages³³, par exemple. Enfin, la déconstruction sélective encourage l'inscription des entreprises au sein d'un territoire, en créant un maillage d'acteurs locaux.

³¹ MTES (2017) « Enquête déchets et déblais 2014 : données sur les déchets inertes par nature de déchets (en millions de tonnes). »

³² ADEME (2012) « Gestion et valorisation des déchets de chantier de construction ».

³³ OREE (2018) « Comment mieux déconstruire et valoriser les déchets du BTP ? »

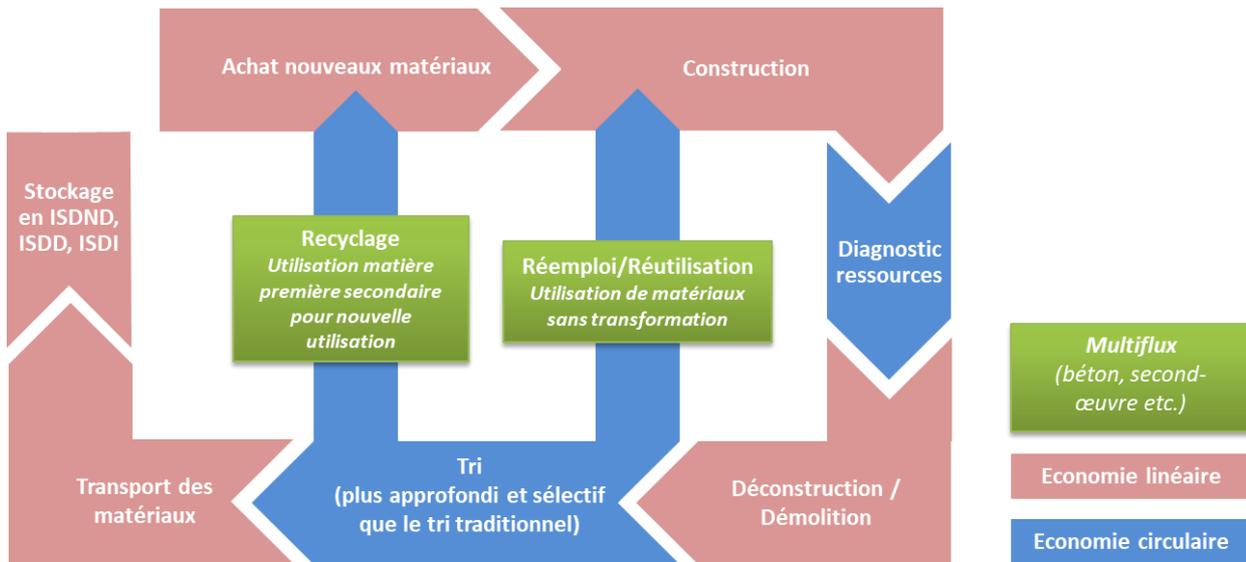


Figure 38 : Vision générale des modèles linéaire et circulaire de la déconstruction sélective

La Figure 38 présente l'articulation des modèles linéaire et circulaire, avec, en vert les principaux flux circulaires. Ces derniers soulignent que les matériaux de déconstruction peuvent être valorisés sur site ou au sein d'autres chantiers, avec ou sans modification de leur usage premier, ou peuvent être transformés en de nouvelles ressources (recyclés).

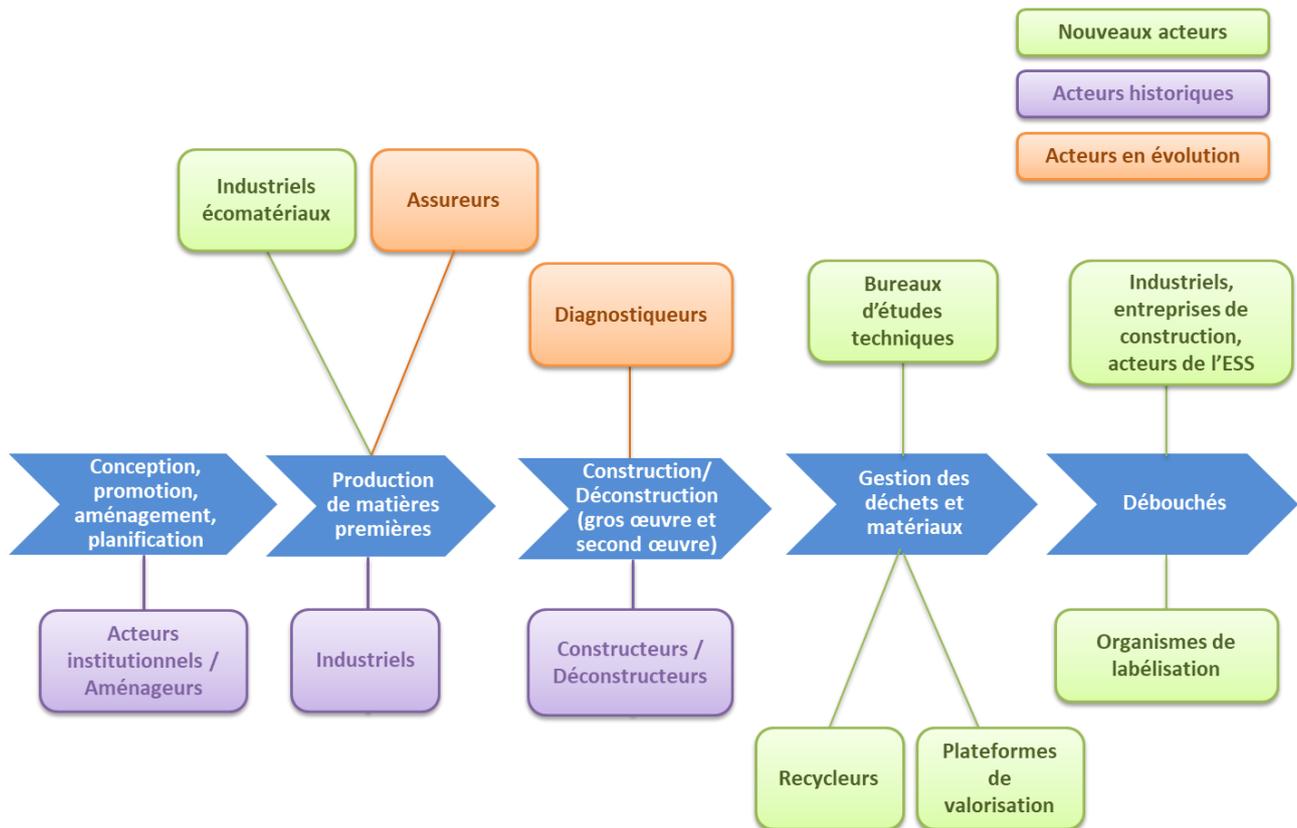


Figure 39 : Présentation des acteurs principaux du modèle de déconstruction sélective

Notons que nous incluons au sein du modèle de déconstruction sélective l'utilisation de matériaux éco-conçus pour la reconstruction (dont l'empreinte environnementale globale sur l'environnement est minimisée sur l'ensemble du cycle de vie). L'utilisation d'éco-matériaux certifiés (qu'il s'agisse de béton ou d'autres matériaux et produits) se retrouve souvent au sein des chantiers de construction et déconstruction durable, comme discuté au sein de l'analyse des projets que sont la Maillerie et le Projet Zin à Bruxelles, et s'inscrit donc dans une démarche d'économie circulaire globale. La déconstruction sélective permet en effet le tri en amont de matériaux pouvant par la suite être recyclés en de nouvelles matières premières.

La Figure 39 présente les différents acteurs historiques ainsi que les nouveaux acteurs impliqués au sein de la déconstruction sélective en fonction des différentes phases du chantier.

2. Le modèle économique

2.1 PRESENTATION DES MODELES D'ECONOMIE LINEAIRE ET CIRCULAIRE

Le modèle économique de la déconstruction sélective, comparant une situation d'économie circulaire avec une boucle linéaire est présenté sur la Figure 40. L'équation au sein de l'encadré pointillé bleu permet de formaliser la condition nécessaire à la rentabilité d'une démarche circulaire par rapport au fonctionnement linéaire de base. Le modèle s'appuie sur des **hypothèses de gains de l'économie circulaire** sur les maillons suivants :

- Les coûts d'élimination : du fait d'une augmentation de la proportion de matériaux et produits réutilisés ou recyclés, les tonnages de déchets et donc les coûts d'élimination se voient réduits.
- Les coûts d'achats de matériaux traditionnels : la réutilisation de matériaux déconstruits, ainsi que les achats plus importants de matériaux éco-conçus certifiés permet de réduire les quantités de matériaux traditionnels, et donc les coûts liés à ces derniers.
- Des bénéfices liés à la revente des produits et matériaux du chantier : la dépose sélective permet de sélectionner en amont les matériaux de chantiers pouvant être valorisés, et d'anticiper les acteurs intéressés par l'achat de ces matériaux. Cette revente génère alors des bénéfices plus ou moins importants, en fonction du type de matériau ou produit concerné.

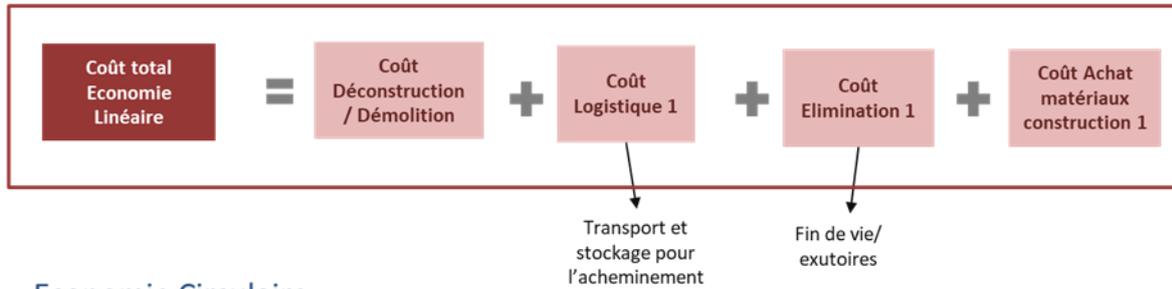
Les **surcoûts induits par la mise en place de l'économie circulaire** sont générés aux postes de coûts suivants :

- **Les coûts logistiques** : la déconstruction sélective implique une multiplication du nombre d'acteurs impliqués et donc nécessairement une hausse des coûts de transport, en tout cas lors des premiers chantiers. De plus, le manque de coordination lié au maillage encore faible des acteurs sur le territoire peut induire des durées de stockage de matériaux sur site plus longues, induisant donc des surcoûts. Il est important de préciser qu'à plus long-terme, la généralisation de l'approche pourra mener à une réduction des délais sur les chantiers, grâce à la réduction des aléas. En effet, il sera dès lors possible de déterminer précisément quels matériaux sont présents au sein du chantier avant la déconstruction. Cette optimisation pourra également éventuellement mener à une réduction des coûts de personnel. Les surcoûts logistiques liés à la mise en œuvre de démarches d'EC pourraient donc n'être que temporaires.
- **Les coûts liés à la dépose sélective** : elle implique tout d'abord l'utilisation de nouveaux outils de diagnostic en amont, induisant donc des coûts lors des premiers chantiers. Ensuite, la déconstruction sélective nécessite de développer des formations à de nouveaux métiers (diagnostiqueurs), qui peut s'avérer coûteux. Enfin, le processus de dépose sélective, plus chronophage qu'une démolition traditionnelle, induit mécaniquement des surcoûts au sein du chantier. En effet, la déconstruction sélective concerne un grand nombre de matériaux et nécessite donc du personnel formé spécifiquement au démontage soigneux des équipements (travail principalement manuel impliquant une très faible rentabilité et donc un coût de personnel élevé).³⁴

³⁴ En général, pour minimiser les coûts, il est alors fait appel à du personnel en réinsertion, avec un « turn-over » important, nécessitant de former continuellement de nouvelles personnes issues d'un milieu social très défavorisé et vivant dans la précarité.

- **Les surcoûts liés à l'achat d'éco-matériaux / matériaux biosourcés** (incluant le béton recyclé) : le marché de ces derniers n'étant aujourd'hui que très peu développé, leur prix sur les marchés sont élevés, et ils ne sont, de manière générale pas compétitifs par rapport à des matériaux de construction traditionnels. La certification C2C, par exemple, nécessite la validation de critères ambitieux (transparence de l'origine du matériau, réutilisation de matière etc.), ce qui explique que les technologies soient encore onéreuses.

Economie Linéaire



Economie Circulaire

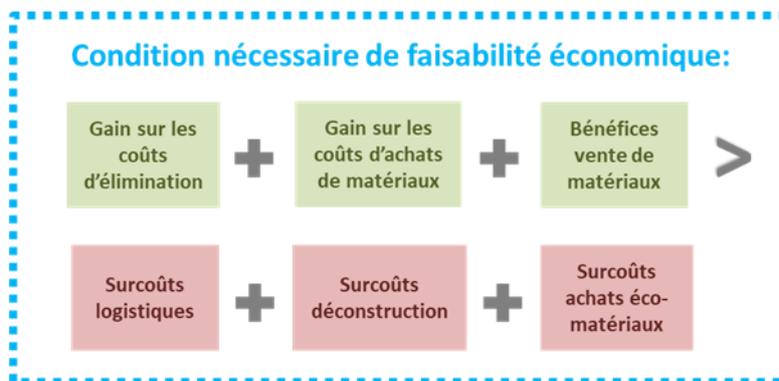
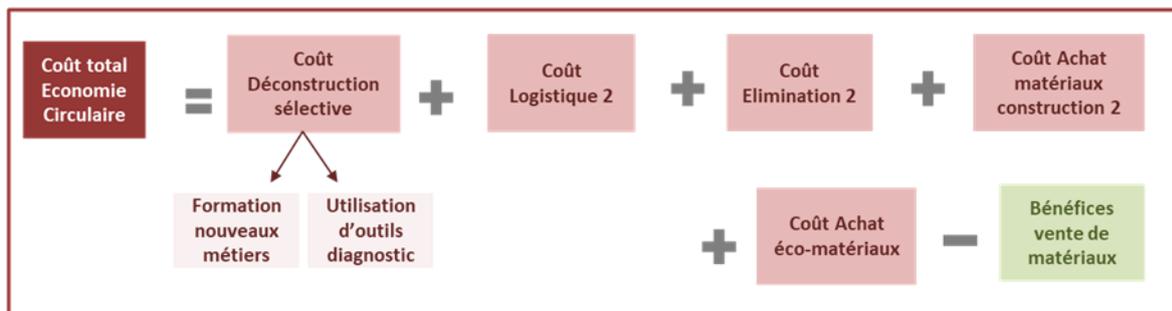


Figure 40 : Equations du modèle économique de déconstruction sélective et condition de rentabilité

Les gains sur les coûts d'élimination seront d'autant plus importants que ces derniers risquent de fortement augmenter à l'avenir du fait de l'augmentation de la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP). De plus, les moindres volumes dans les centres d'enfouissement mèneront à une augmentation des coûts unitaires de stockage.

2.2 REPARTITION ET EVOLUTION DES COÛTS

La dépose sélective est encore peu documentée, et la connaissance des coûts de cette dernière constitue un enjeu clef de la diffusion des approches d'économie circulaire au sein du secteur du bâtiment³⁵. Estimer une décomposition générale des coûts de chantiers de construction/déconstruction peut se heurter à deux grandes difficultés :

- La grande diversité des chantiers existants rend la généralisation des coûts complexe. La décomposition des coûts d'un chantier peut varier radicalement selon le type de chantier considéré, en milieu non-occupé ou semi-occupé, par exemple³⁶.
- Dans les systèmes linéaires, il est rare que les phases de construction et de déconstruction soient concomitantes, alors que la déconstruction sélective implique d'adopter une vision plus systémique, qui prend en compte l'ensemble des phases. Les données concernant la répartition des coûts d'un chantier linéaire sont donc rares.

Le rapport du projet DEMOCLES (ADEME, 2016), dont l'objectif est de diffuser au sein du secteur du BTP les démarches de déconstruction durable, en rassemblant les informations sur le sujet et en émettant des recommandations, présente des conclusions intéressantes. En recueillant les données de coûts pour l'ensemble des phases de plusieurs chantiers tests (dépose, pré-conditionnement des déchets, transport et de traitement), le rapport montre que la dépose sélective permettant une valorisation effective des déchets peut être réalisée à coût constant, par rapport à une démolition traditionnelle. Par ailleurs, pour des déchets spécifiques qui occasionnent des coûts de traitement bien supérieurs au coût d'élimination (comme la moquette, par exemple), leur valorisation par la suite peut s'avérer très compétitive, si les prix prennent en

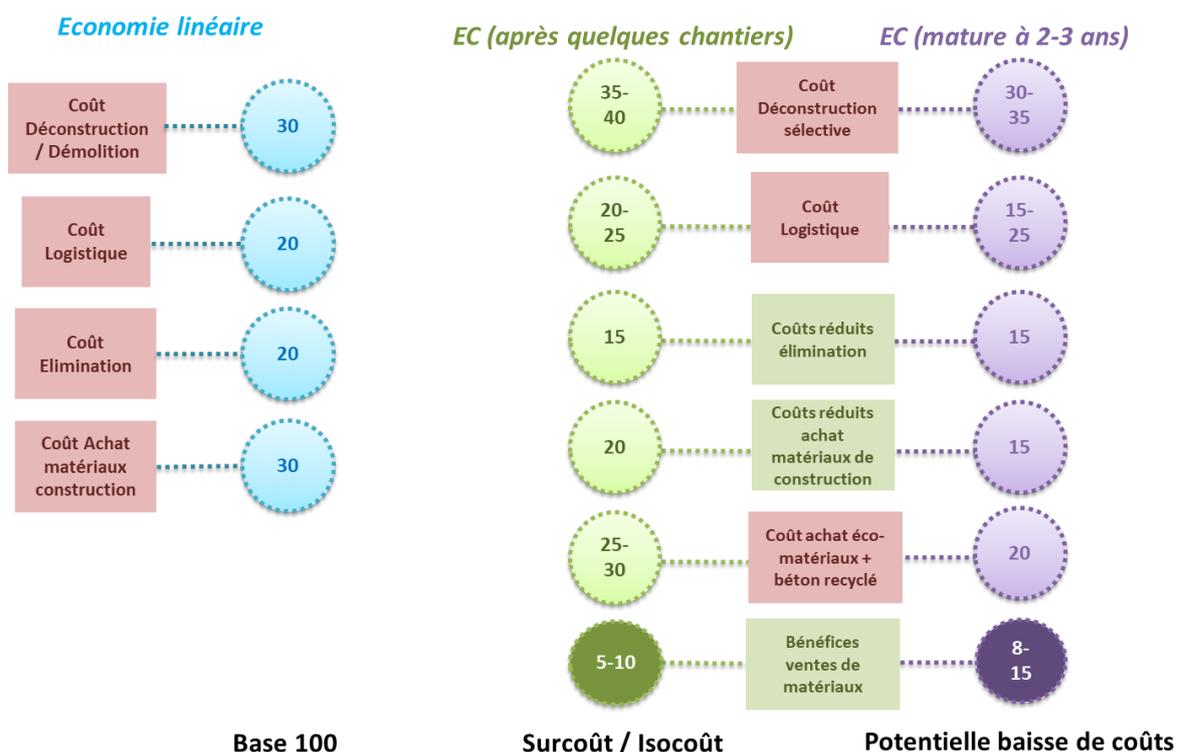


Figure 41 : Evolution des coûts d'un projet de déconstruction sélective avec la mise en place d'une boucle d'économie circulaire

³⁵ Inddigo (2019) « Etude de scénarii pour la mise en place d'une organisation permettant une gestion efficace des déchets du bâtiment dans le cadre d'une économie circulaire »

³⁶ ADEME (2016) : DEMOCLES – Les clés de la démolition durable.

compte l'ensemble des coûts de traitement préalable. L'analyse permet enfin de montrer que le premier poste de dépenses d'un chantier de déconstruction en milieu non-occupé ou semi-occupé est le coltinage des déchets (leur évacuation), qui inclut donc les coûts de transport. En revanche, le premier poste de dépenses au sein de chantiers en milieu occupé est la dépose en tant que telle, qui nécessite des interventions plus élaborées que dans des chantiers en milieu non-occupé. La répartition des coûts proposée ci-dessous (Figure 41) s'appuie donc sur ces conclusions, ainsi que sur les informations rassemblées au sein des analyses de cas.

La Figure 42 présente les liens entre les trois variables clés sélectionnées et les différents postes de coûts de la déconstruction sélective.

- **La généralisation de l'approche d'économie circulaire** dans le BTP, en multipliant le nombre d'acteurs impliqués, influence les coûts logistiques (sans diffusion de l'approche, les coûts de transport se voient augmentés du fait d'un éparpillement des acteurs, mais la généralisation de l'économie circulaire permet de réduire ces coûts). Cette variable influence également les coûts d'élimination, puisque la diffusion de l'approche implique une probabilité de réutilisation des matériaux plus élevée et donc permet une réduction des tonnages de déchets à éliminer. Enfin, la généralisation de l'économie circulaire, induit le développement des marchés de matériaux réutilisés, et donc permet d'augmenter les bénéfices liés à la revente de ces derniers, et de baisser dans le même temps les coûts liés à l'achat de matériaux traditionnels.
- **L'augmentation du degré de sélectivité de la déconstruction**, par la mise en place d'outils de diagnostic élaborés, par exemple implique nécessairement des surcoûts liés à la déconstruction et mène à des coûts logistiques plus élevés (augmentation des distances parcourues, surtout lors des premiers chantiers). Cette variable permet néanmoins de générer des économies sur les coûts d'élimination (un tri en amont plus rigoureux permet de mieux anticiper les destinations de valorisation), et ainsi de réduire les besoins de matériaux de construction traditionnels, et d'augmenter les bénéfices liés à la revente de matériaux et produits.
- **Le pourcentage de béton recyclé**, influence le coût d'utilisation de béton recyclé dans les nouvelles constructions, puisqu'un taux élevé de béton implique une transformation plus élaborée et donc que davantage de tests soient effectués après la déconstruction. Un pourcentage d'incorporation plus élevé induit donc une augmentation du prix à l'achat du béton recyclé.

Le modèle présenté permet de générer des prévisions sur l'évolution de la rentabilité de la déconstruction. En utilisant un paramétrage intermédiaire des trois variables clés définies, trois enseignements peuvent être tirés (toutes choses égales par ailleurs) :

1. Lorsque l'approche d'économie circulaire n'est pas généralisée sur le territoire concerné, le projet de déconstruction sélective ne peut s'avérer rentable, même à un horizon futur de 2 ou 3 ans (les surcoûts peuvent même atteindre 30% au sein de chantiers nouveaux, par rapport à un projet d'économie linéaire). La diffusion de l'approche permet néanmoins de rendre un chantier circulaire mature moins cher (réduction des coûts de 3 à 5% par rapport à un chantier traditionnel).
2. Lorsque le degré de sélectivité de la déconstruction est faible, les surcoûts engendrés par la mise en place de nouveaux outils (coûts fixes) ne sont pas compensés par les trop faibles gains retirés de la revente de matériaux, ce qui implique la non-rentabilité des projets circulaires. Une augmentation de la sélectivité (au-delà de 60%) permet la viabilité économique d'un projet circulaire mature, avec une réduction des coûts comprise entre 2 et 20% selon le degré de sélectivité.
3. Augmenter la part de béton recyclé dans la reconstruction implique une augmentation significative du coût global. Une incorporation ambitieuse (40%, par exemple), en gardant les deux autres variables à des niveaux intermédiaires, ne permet pas la rentabilité des projets circulaires (du fait du manque de maillage territorial, notamment). Inclure une incorporation ambitieuse de béton recyclé au sein d'un chantier circulaire mature à 2 ou 3 ans peut s'avérer économiquement viable (isocoût ou moindres coûts qu'une approche linéaire), à condition que la généralisation de l'approche soit forte.

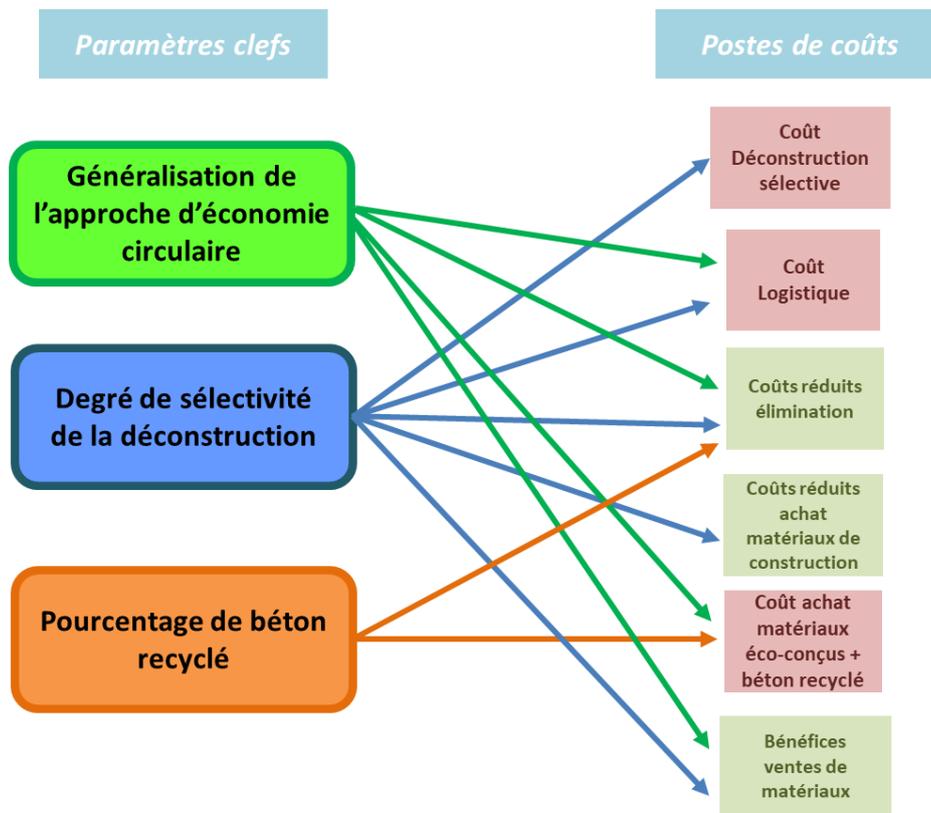


Figure 42 : Influence des variables clés sur les postes de coûts de la déconstruction sélective

Acteurs	Impact Surcoût / Economies	Description impact
Maître d'ouvrage / Aménageur / Acteurs institutionnels	Bénéfices indirects liés à une meilleure image	Encore trop tôt pour le dire mais il se peut que la démarche d'EC engendre des surcoûts, du fait du recyclage du béton (plus coûteux à ce niveau de réintégration, entre 20 et 30%) et de l'achat de matériaux certifiés Bénéfice d'image, visibilité donnée aux acteurs du secteur. Possibilité d'imposer un cahier des charges compatible avec le développement durable.
Constructeur / Déconstructeur	5-15%	Surcoût lié au démontage plus cher et chronophage Formation des employés à des nouveaux modes de production, avec l'exigence de qualité : déposer plutôt que déconstruire Revenu tiré de la revente de certains matériaux de dépose
Plateformes de valorisation / Recycleurs	5-20%	Gain d'activité lié au recyclage du béton
Industriels / Fabricants de matériaux biosourcés	5-20%	Gains de parts de marchés sur les écomatériaux
Plateformes de revente	20%	Matériaux non utilisés sur place ont été revendus sur la plateforme ou donnés
Bénéficiaires matériaux (Industriels, entreprises de construction, associations)	20%	Matériaux moins chers ou gratuits
Fabricants ou revendeurs de matériaux neufs	5-20%	Perte de volumes significative au vu des niveaux de matériaux labélisés

Figure 43 : Bénéfices et coûts pour chacun des acteurs de la déconstruction sélective

2.3 BENEFCES ECONOMIQUES- IMPACTS SUR LES ACTEURS

La Figure 43 propose une quantification des impacts de la mise en place de la démarche circulaire pour les différents acteurs de la déconstruction sélective. A noter qu'il s'agit-là de la situation de départ, et non pas d'une situation de long-terme, lorsque la boucle est plus mature.

3. Freins et leviers identifiés

Typologie	Freins constatés	Pistes et leviers
Normatif – Incitation publique	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de cahier des charges pour la sélection d'un déconstructeur dans une démarche d'EC 	<ul style="list-style-type: none"> • Inscription dans le cahier des charges publics de critères d'EC forts • Structuration de réseaux d'acteurs par le renforcement d'un maillage géographique solide
Comportemental	<ul style="list-style-type: none"> • Frilosité à engager de nouveaux processus, crainte des incertitudes 	<ul style="list-style-type: none"> • Formation des acteurs • Evolution des cahiers des charges et renforcement des réglementations
Economique	<ul style="list-style-type: none"> • Mutualisation d'équipements peu développée • Pas encore de marché fluide des matériaux de réemploi ou de réutilisation : difficulté de définir un nouvel usage pour un bâtiment, de trouver des débouchés pour les matériaux • Démolir revient souvent moins cher 	<ul style="list-style-type: none"> • Structuration de la filière en permettant un apprentissage dans un objectif ultérieur d'industrialisation de l'approche à de nombreux chantiers, notamment sur la qualité de la dépose • « Learning by doing » : réduction des coûts marginaux au fil des chantiers grâce à l'industrialisation de la démarche • Labélisation des éco-matériaux (valeur ajoutée)
Compétences	<ul style="list-style-type: none"> • Processus de recyclage (béton par exemple) encore peu diffusés • Sous-traitants du BTP pas au niveau d'exigence • Méconnaissance du lot déconstruction 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de programmes de formation pour les nouveaux métiers (diagnostiqueurs) • Formations pour les acteurs du bâtiment existants
Infrastructure / Logistique	<ul style="list-style-type: none"> • Manque d'infrastructures de collecte / tri / recyclage • Contraintes liées au stockage nécessaire du de matériaux sur site, du fait d'un marché encore balbutiant et donc d'une difficile adéquation entre l'offre et la demande. 	<ul style="list-style-type: none"> • Renforcement des infrastructures de collecte/ tri / recyclage • Faciliter le stockage de matériaux sur site, grâce à des accords entre acteurs • Cartographie des flux de matière sur le territoire

Figure 44 : Freins et leviers identifiés au sein des projets de déconstruction sélective

Boucle d'économie circulaire : le béton recyclé

1. Présentation générale

Le recyclage du béton issu de la démolition de bâtiments constitue une nécessité pour réduire l'empreinte environnementale du secteur du BTP. La valorisation du BTP est déjà effective, puisque 80% du béton déconstruit (soit 14,5 Millions de tonnes) en France est valorisé en sous-couches routières³⁷. Les acteurs du secteur du béton visent à développer une valorisation davantage ancrée dans les principes de l'économie circulaire, afin que le recyclage du béton serve également à fabriquer du nouveau béton destiné à la construction. Comprendre les conditions (techniques, économiques et environnementales) de cette valorisation constitue l'objectif principal du projet national RECYBETON (2018). Le rapport cité émet des recommandations techniques pour différentes phases de la chaîne de production présentée ci-dessous (Figure 45) mais indique que les coûts engendrés par l'incorporation de granulats recyclés s'avèrent encore prohibitifs pour de nombreux acteurs du secteur.

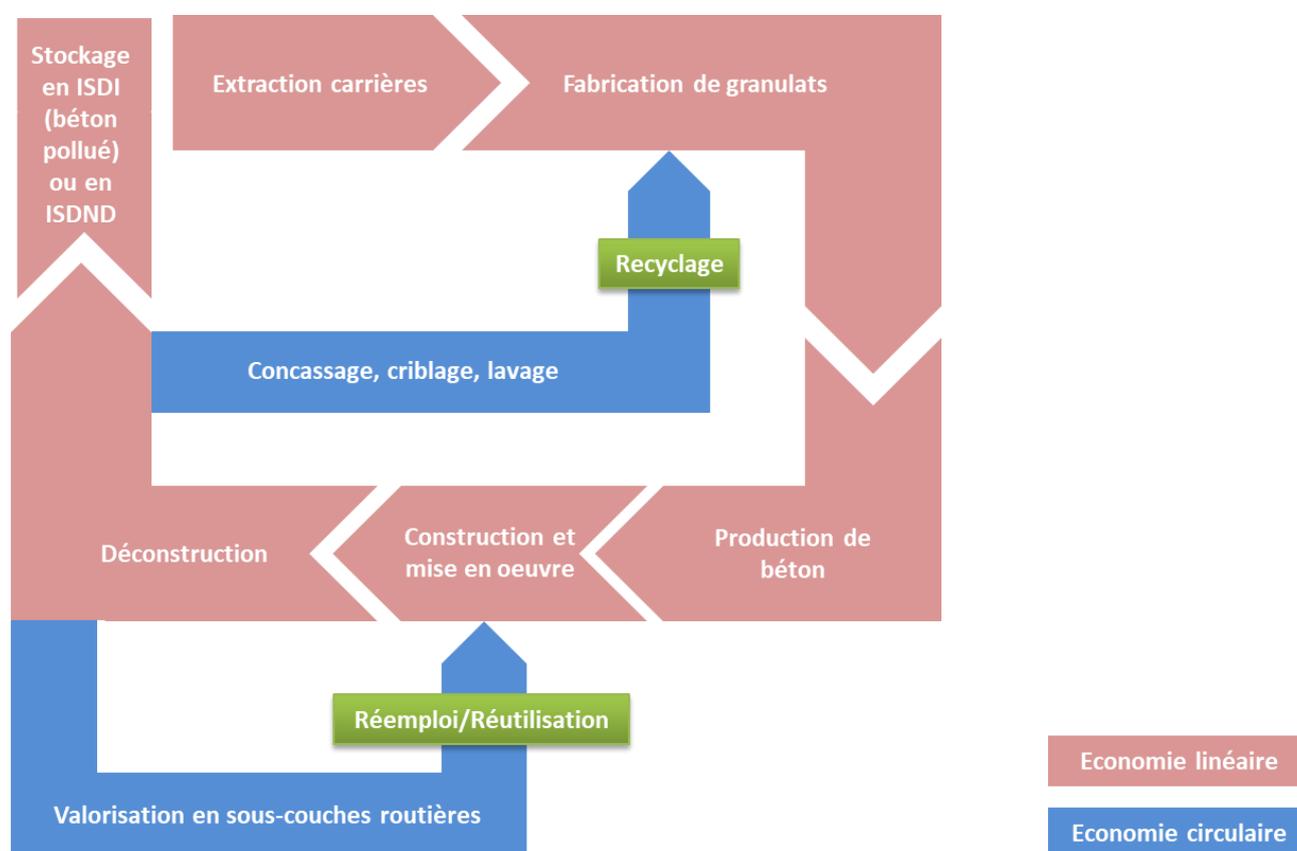


Figure 45 : Vision générale des modèles linéaire et circulaire du béton recyclé

Les flux présentés sur la Figure 45 résument les deux différentes voies de valorisation du béton existantes aujourd'hui : la réutilisation en sous-couches routières, et le recyclage en nouveaux granulats. C'est cette seconde boucle qui fait l'objet de notre analyse économique.

³⁷ Infociments (2018) « Etat des lieux et perspectives de recyclage et de valorisation des bétons »

La Figure 46 présente les différents acteurs historiques ainsi que les nouveaux acteurs impliqués au sein du secteur du béton recyclé, selon les différentes phases de la production et d'utilisation du matériau. Les cimentiers sont représentés comme des acteurs en transition puisqu'ils vont désormais bénéficier de l'upcycling du béton, grâce à la récupération des fines sur les granulats. Ces derniers représentent en effet un puits de capture du CO₂ puisqu'ils permettent de décarboner les fours à ciment. ³⁸

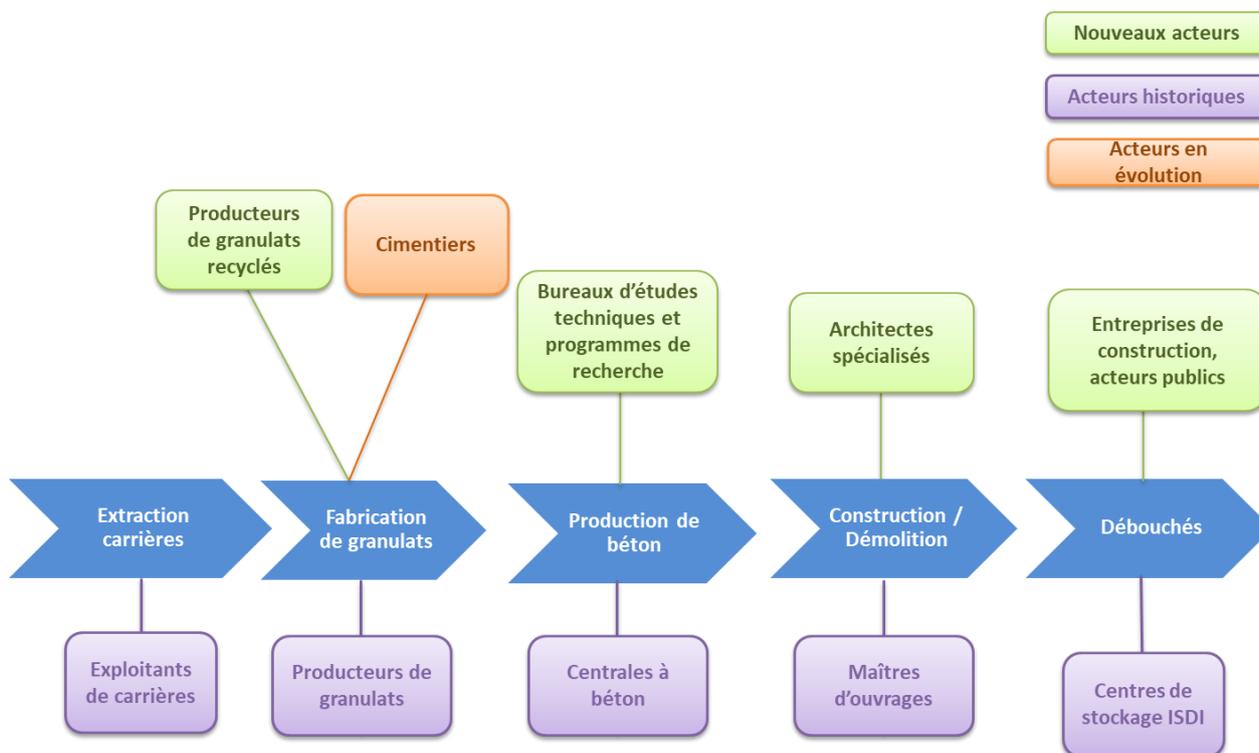


Figure 46 : Présentation des acteurs principaux du modèle de béton recyclé

2. Le modèle économique

2.1 PRESENTATION DES MODELES D'ECONOMIE LINEAIRE ET CIRCULAIRE

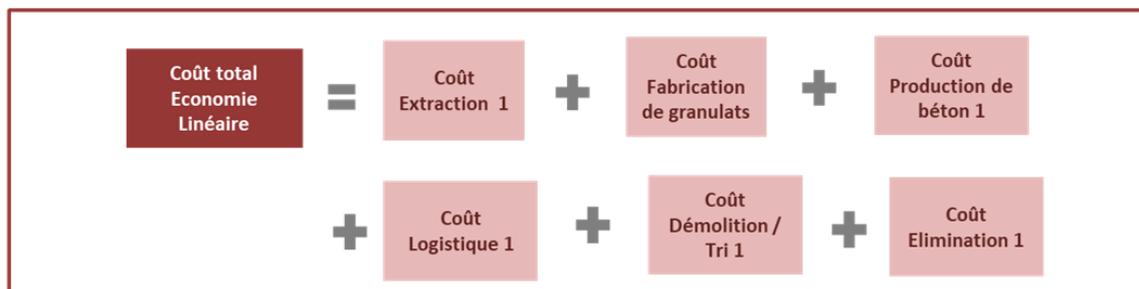
Le modèle économique du béton recyclé, comparant une situation d'économie circulaire avec une boucle linéaire est présenté sur la Figure 47. L'équation au sein de l'encadré pointillé bleu permet de formaliser la condition nécessaire à la rentabilité d'une démarche circulaire par rapport au fonctionnement linéaire de base. Le modèle s'appuie sur des **hypothèses de gains de l'économie circulaire** sur les maillons suivants :

- **Les coûts d'extraction** : du fait de l'augmentation du recyclage du béton, les besoins en extraction de minéraux et de matières premières sont moindres, menant ainsi à une réduction des coûts.
- **Les coûts logistiques** : le recyclage des granulats sur site, ainsi que la multiplication des liens entre les chantiers pour les transferts de granulats permettent de réduire les coûts logistiques liés au transport de matières premières entre les carrières et les chantiers.
- De la même manière, l'utilisation de béton recyclé permet de réduire les **coûts liés à l'élimination des déchets** dans des installations de stockage ISDI.

³⁸ Voir à ce sujet le projet FastCarb : Carbonatation accélérée de granulats de béton recyclé, <https://fastcarb.fr/>

- Enfin, le recyclage permet de générer des bénéfices sur la **revente des granulats** aux fabricants.

Economie Linéaire



Economie Circulaire

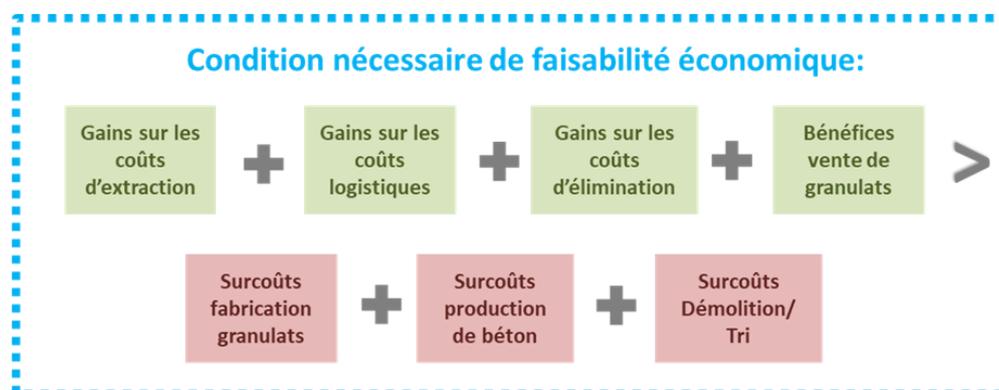
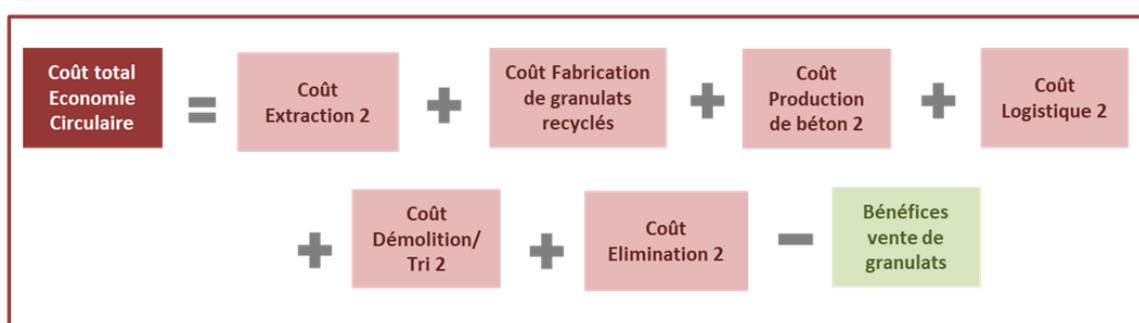


Figure 47 : Equations du modèle économique de béton recyclé et condition de rentabilité

Les **surcoûts induits par la mise en place de l'économie circulaire** sont générés aux postes de coûts suivants :

- **Les coûts de fabrication de granulats** : la production de granulats recyclés implique des étapes de transformation supplémentaires (concassage, tamisage) et donc engendre des surcoûts de fabrication par rapport à des granulats traditionnels.
- **La production de béton** à partir de granulats recyclés engendre des surcoûts puisqu'elle nécessite la mise en œuvre de nouvelles techniques et d'effectuer des tests de faisabilité. La certification du béton recyclé peut contribuer à la hausse de ces coûts.
- **Les coûts de la déconstruction** se voient également augmentés, du fait des étapes supplémentaires nécessaires à effectuer en amont, comme le tri des matériaux sur site.

2.2 REPARTITION ET EVOLUTION DES COUTS

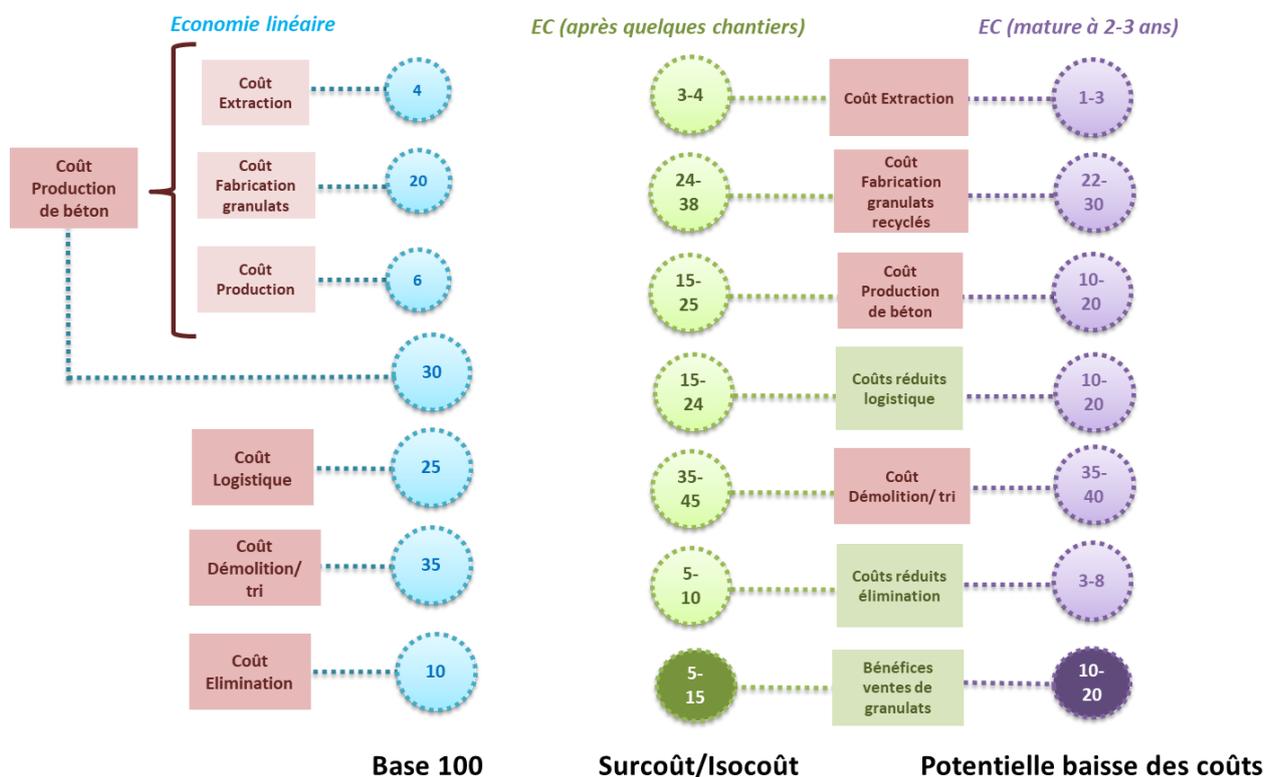


Figure 48 : Evolution des coûts d'un projet de recyclage du béton

La Figure 48 présente l'évolution des coûts grâce à la mise en place de la boucle circulaire du recyclage du béton. Dans la production de béton traditionnel (béton prêt à l'emploi, BPE), l'approvisionnement en matières premières constitue 60% des coûts totaux de production, la production en tant que telle 15%, le transport 15%, les 10% restants consistant en des frais généraux³⁹. Cette distribution a été intégrée dans la répartition plus globale du chantier présentée au sein de la Figure 48.

La Figure 49 présente les liens entre les trois variables clés sélectionnées et les différents postes de coûts du recyclage du béton :

- **Le pourcentage de béton envoyé au tamisage post-déconstruction**, influence naturellement le coût de fabrication de granulats, ainsi que le coût global de la déconstruction, puisqu'une meilleure qualité implique un tri minutieux en amont et après la déconstruction, et nécessite d'effectuer plusieurs phases de concassage et de tamisage afin d'obtenir une pureté du matériau ainsi qu'une granulométrie précise en fonction de l'usage prévu. Augmenter le pourcentage de béton à recycler sur le chantier permet également de générer des bénéfices plus élevés sur la revente à d'autres chantiers ou à des producteurs de béton.
- Ensuite, **le pourcentage de béton incorporé dans les projets de construction**, qui constitue une variable majeure, influence les coûts d'extraction, puisqu'augmenter ce taux permet d'employer de plus grandes quantités de béton recyclé au sein de bâtiments, et donc de réduire les besoins en nouvelles matières premières. De la même manière, cela permet de réduire les coûts d'élimination de

³⁹ Direction Générale des Entreprises (2016) : Marché actuel et offre de la filière minérale de construction et évaluation à échéance de 2030

déchets après déconstruction, et de générer de plus grands bénéfices sur la revente de granulats. Augmenter la part de béton à recycler implique néanmoins une augmentation des coûts de production, puisque l'incorporation ambitieuse de béton recyclé au sein de béton de construction nécessite d'effectuer de nombreuses études et tests de faisabilité technique et requiert une certification officielle (européenne déclinée par des normes françaises).

- **La généralisation du recyclage du béton** agit sur les coûts de production du béton : elle permet la mutualisation des études et permet d'effectuer des gains de productivité. De plus la mise en concurrence d'acteurs se faisant plus nombreux sur le marché implique une réduction des coûts de production. Cette généralisation induit également une réduction des coûts logistiques, puisque les distances entre acteurs se voient réduites, et les durées de stockage de granulats sur chantier se font moins longues. Enfin, l'augmentation du nombre de chantiers utilisant du béton recyclé permet de multiplier les possibilités de revente de granulats et donc d'augmenter les bénéfices liés à la revente sur un marché de plus en plus structuré.

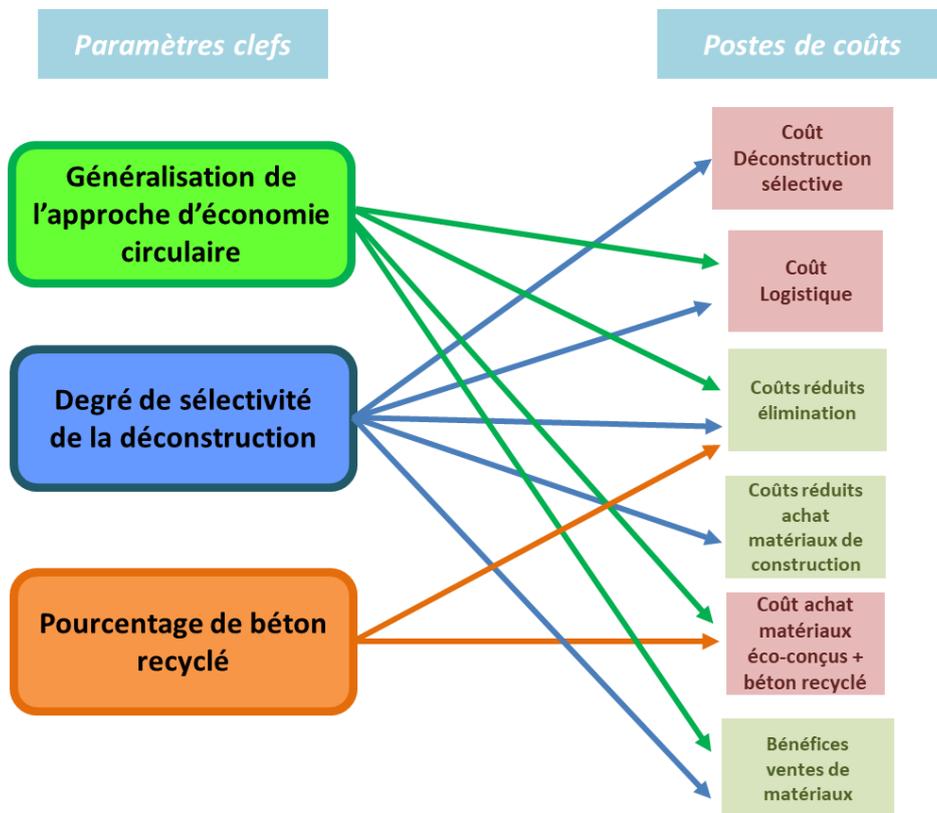


Figure 49 : Influence des variables clés sur les postes de coûts du béton recyclé

Le modèle présenté ci-dessus permet de générer des prévisions sur l'évolution de la rentabilité de l'utilisation de béton recyclé dans la construction. En utilisant un paramétrage intermédiaire des trois variables clés définies, trois enseignements peuvent être tirés (toutes choses égales par ailleurs) :

1. Augmenter le pourcentage de béton envoyé au tamisage ne permet pas à un projet une rentabilité immédiate du fait des surcoûts importants engendrés par une déconstruction plus chronophage et des coûts de recyclage (fabrication de granulats recyclés) élevés, qui ne sont pas compensés par des bénéfices liés à la revente encore trop faibles. Un chantier mature peut néanmoins être considéré économiquement viable avec l'augmentation de ce pourcentage, du fait d'une réduction importante des coûts logistiques et de fabrication de granulats recyclés.
2. De la même manière, augmenter le pourcentage de béton recyclé incorporé au béton de construction de bâtiments de manière ambitieuse (par exemple 40%), mène à des surcoûts significatifs lors des premiers chantiers (11% par rapport au coût du chantier linéaire), mais à une réduction des coûts (jusqu'à 11% par rapport au coût du chantier linéaire) une fois la boucle mature au bout de 2 ou 3 ans.

3. Lorsque l'approche de recyclage du béton n'est pas encore généralisée, un chantier circulaire ne peut s'avérer rentable, même à horizon 2 ou 3 ans, du fait de coûts de production encore trop élevés. Une diffusion massive du recyclage du béton au sein du secteur permet néanmoins de réduire les coûts globaux d'un chantier mature jusqu'à 15% par rapport à la situation linéaire de base. Il est donc important d'engager une structuration de la filière afin de générer des gains de productivité pouvant rendre la boucle circulaire économiquement viable.

2.3 BENEFICES ECONOMIQUES- IMPACTS SUR LES ACTEURS

Acteurs	Impact Surcoût / Economies	Description impact
Maîtres d'ouvrages: acteurs publics / entreprises de construction	Incertain: iso-coût voire légers surcoûts au début, puis réduction des coûts au fil des chantiers	Gains sur les coûts de transport et d'élimination. Mais surcoûts engendrés par l'utilisation de béton recyclé, plus cher, en particulier si la démarche ne s'est pas encore diffusée, impliquant un nombre limité d'acteurs existants sur le marché. Bénéfices liés à la revente de granulats recyclés.
Exploitants de carrières	10-60%	Perte de revenus directement lié à l'augmentation de béton recyclé dans la construction, impliquant une baisse de parts de marchés.
Producteurs de granulats conventionnels	10-60%	Perte de revenus directement lié à l'augmentation de béton recyclé dans la construction, impliquant une baisse de parts de marchés, ainsi qu'à la généralisation de la démarche de recyclage du béton.
Producteurs de granulats recyclés	10-60%	Gain de revenus directement lié à l'augmentation de béton recyclé dans la construction, impliquant une baisse de parts de marchés, ainsi qu'à la généralisation de la démarche de recyclage du béton.
Centrales à béton	5-20%	Positivement impactées par la généralisation de l'approche et par l'augmentation du pourcentage de béton recyclé dans la construction. Mais le coût de production s'avère également plus élevé.
Bureaux d'études techniques et programmes de recherche	20%	Gain d'activité lié à l'augmentation du pourcentage de béton recyclé dans la construction: besoin élevé d'études techniques pour effectuer des tests de faisabilité technique, économique et environnementale.
Architectes spécialisés	20%	Gain d'activité lié à l'augmentation du pourcentage de béton recyclé dans la construction: besoin nouveau d'architectes prenant en compte les spécificités du béton recyclé dans la construction de nouveaux bâtiments.
Centres de stockage	5-30%	Perte nette d'activité liée au recyclage de granulats.

Figure 50 : Bénéfices et coûts pour chacun des acteurs de la boucle du béton recyclé

La Figure 50 propose une quantification des impacts de la mise en place de démarche circulaires pour les différents acteurs du recyclage du béton.

3. Freins et leviers identifiés

Typologie	Freins constatés	Pistes et leviers
Normatif – Incitation publique	<ul style="list-style-type: none"> • Norme limitant le % de recyclé dans le béton • Les assurances n'intègrent encore que très peu le béton recyclé dans leurs clauses 	<ul style="list-style-type: none"> • Inscription dans le cahier des charges d'intégration de béton recyclé dans les bâtiments publics • Evolution des normes au niveau européen qui doit être suivie dans les réglementations nationales • Evolution des clauses assurantielles pour intégrer le béton recyclé
Comportemental	<ul style="list-style-type: none"> • Frilosité des constructeurs à utiliser du béton recyclé, peur des risques 	<ul style="list-style-type: none"> • Formation des acteurs • Evolution des cahiers des charges et renforcement des réglementations
Economique	<ul style="list-style-type: none"> • Parfois encore peu rentable d'utiliser du béton recyclé du fait des coûts élevés de l'intégration des granulats dans la production • Déconstruction sélective et traitement des granulats induisent des coûts de chantier plus élevés 	<ul style="list-style-type: none"> • Structuration de la filière pour permettre l'industrialisation des procédés et une baisse des prix sur les marchés
Compétences	<ul style="list-style-type: none"> • Constructeurs pas formés à utiliser du béton recyclé • Manque de spécialistes techniciens 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de programmes de formation pour les nouveaux métiers (bureaux d'étude techniques, architectes...) • Formations pour les acteurs du bâtiment existants
Infrastructure / Logistique	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastructures de recyclage encore trop éloignées des chantiers de construction, induisant des coûts de stockage élevés • Centrales pas encore organisées pour gérer le recyclage des granulats 	<ul style="list-style-type: none"> • Réorganisation de la logistique des centrales pour intégrer des granulats recyclés • Structuration de réseaux d'acteurs par le renforcement d'un maillage géographique solide

Figure 51 : Freins et leviers identifiés pour la boucle du béton recyclé

Conclusions

1. Synthèse de l'état de l'art

Cette étude a permis de mettre en évidence un avancement inégal du secteur du BTP dans l'Economie Circulaire, avec des niveaux de maturité et de maillage très différenciés selon le segment de la boucle d'EC et la famille de matériaux considérés.

Ainsi, tous les piliers de l'EC tels que définis par l'ADEME n'ont pas le même degré d'applicabilité pour l'industrie du BTP. On pense notamment au pilier de Consommation Responsable, qui concernera en premier lieu l'utilisateur final du bâtiment ou de l'infrastructure, et pas son bâtisseur.

Le pilier Economie de la Fonctionnalité, basé sur la vente d'un usage plutôt que d'un produit est également difficilement applicable pour le BTP, dont le modèle est structurellement de fournir un ouvrage fini. On retrouve donc peu voire pas de dispositifs, même expérimentaux, sur ces sujets, et ce quel que soit le type de matériau considéré.

L'Eco-conception est un segment en pleine ébullition. Les initiatives, encore majoritairement expérimentales, se multiplient : à l'échelle de projets spécifiques (comme les projets d'aménagements de Plaine Commune), sur des programmes de recherche (telle la plateforme d'innovation team²), des démonstrateurs et formateurs (comme le groupement d'architectes Bellastocks), etc. On peut trouver de nombreux exemples quel que soit le type de matériau, mais on est encore loin d'une application systématique des préceptes dans l'ensemble des projets de BTP : le modèle dominant n'intègre pas encore l'économie circulaire de façon holistique en amont des projets. Les bonnes pratiques de l'Ecologie industrielle et territoriale, sujet très local, sont de plus en plus mises en application dans les chantiers de travaux publics ou les parcs immobiliers (comme le projet d'éco-quartier La Vallée), mais peinent à passer à l'échelle plus restreinte du bâtiment.

Le recours au réemploi et au recyclage, et son pendant, l'approvisionnement durable, est en revanche de plus en plus répandu quel que soit le type de matériau, poussé par des législations plus exigeantes à l'échelle européenne et nationale, et supporté par un maillage croissant des dispositifs locaux.

Après les réseaux de centres de tri et valorisation existants, on peut aussi noter l'essor de plateformes d'échange de matériaux de seconde main, dématérialisées ou physiques, comme Ivestigo ou BatiDon. Vu sous le prisme des matériaux, on constate toutefois une longueur d'avance significative pour les matériaux de Travaux Publics, et à une moindre mesure pour la structure et le gros œuvre dans le bâtiment. Cet écart est explicable par la simplicité des matériaux traités, et les volumes beaucoup plus importants, induisant des enjeux financiers décisifs.

Les matériaux liés à l'enveloppe extérieure, aux équipements techniques et aux aménagements et finitions du bâtiment pâtissent de leur grande hétérogénéité et leur faible quantité relative, rendant plus difficile et coûteuse la constitution de filières locales et dédiées pour le cycle réemploi-recyclage-approvisionnement durable. Cette difficulté est encore amplifiée par le manque de sensibilisation des acteurs du BTP, dont l'inertie des habitudes retarde la mise en place de mesures vertueuses sur les chantiers. On constate ainsi un taux de valorisation des déchets de 63% dans les travaux publics quand ce taux est estimé qu'à 30% pour le second œuvre dans le bâtiment et que les directives européennes réclament un taux de 70% à l'horizon 2020.

Ce sujet est par ailleurs amené à évoluer fortement dans les prochains mois suite à l'adoption en février 2020 de la Loi Anti-Gaspillage pour une Economie Circulaire⁴⁰ qui prévoit des changements majeurs sur la gestion des déchets du bâtiment, avec en particulier la mise en place d'une filière REP appliquée aux produits et matériaux de construction du secteur du bâtiment à compter de janvier 2022, mais aussi des mesures pour

⁴⁰ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000041553759&categorieLien=id>

améliorer la traçabilité de ces déchets ou encore une révision du diagnostic déchets avant démolition (diagnostic « produits-matériaux-déchets » étendu aux opérations de réhabilitation significative).

On peut postuler que les grands maîtres d'ouvrage et les aménageurs publics auront un rôle très important à jouer dans l'accélération du développement de l'économie circulaire dans la filière du BTP, par leur effet d'entraînement et leur capacité à imposer l'anticipation nécessaire au succès de l'économie circulaire. On a pu observer en effet que pour toutes les boucles d'économie circulaire désormais matures, une industrialisation de la chaîne de valeur a pu se produire, qui a permis de régler la question de création de valeur en rendant le coût de la solution économie circulaire compétitif avec la solution du matériau neuf. Tel un raisonnement en coût complet, un changement de paradigme s'opère ; la notion de coût d'extraction du matériau vierge cède la place à un coût complet du matériau.

Le niveau de tension des ressources pour un territoire donné doit également être pris en compte dans le raisonnement : Les Pays-Bas ou l'Île de France, très densément peuplés, n'ont pas un accès aussi facile à des carrières qu'une région du centre de l'Espagne ou de la France. Les innovations seront très certainement testées et éprouvées dans les zones en tension, avant de se généraliser sur des territoires sans tension sur les ressources par la suite.

2. Quelle place pour l'économie circulaire dans le BTP aujourd'hui ?

Les quatre grands projets étudiés au sein de cette note de synthèse, présentent une grande diversité, qui se décline selon plusieurs dimensions :

- Leur contexte géographique
- Les matériaux concernés par les projets
- Les piliers de l'économie circulaire sur lesquels ils s'appuient
- La démarche générale entreprise
- Le degré de maturité des boucles d'économie circulaire engagées

On peut néanmoins s'accorder sur le caractère novateur de chacun de ces projets, un constat qui s'explique par le fait que l'économie circulaire dans le BTP n'est pas encore établie en tant que principe fondateur, et qu'elle se décline, en France et en Europe, davantage selon des projets individuels plutôt qu'à grande échelle. La grande majorité des démarches d'économie circulaire entreprises aujourd'hui est donc encore expérimentale, ce qui induit nécessairement que les acteurs concernés soient confrontés à des défis plus ou moins simples à relever. On assiste néanmoins à une multiplication des initiatives, générant un élan positif incitatif pour les différentes structures dont il est question : constructeurs immobiliers, maîtres d'ouvrage, entreprises et décideurs publics.

Il est par ailleurs nécessaire de distinguer les projets solides d'économie circulaire, portés par des objectifs environnementaux, économiques et sociétaux conséquents, de projets basés sur des principes d'économie encore linéaire, présentant quelques éléments minimes empruntés aux principes de circularité. Afin de faire la part des choses entre les différents types de projets existants aujourd'hui, il est nécessaire de mener des analyses approfondies, comme il a été fait pour cette étude.

3. Synthèse des freins identifiés

Un grand nombre de freins ont été identifiés au sein des projets analysés dans cette étude, et ont été synthétisés pour chaque cas précis. On peut néanmoins rappeler ceux qui semblent toucher la mise en œuvre de nombreuses démarches d'économie circulaire aujourd'hui, afin d'identifier les priorités d'action dans le but de structurer des boucles d'économie circulaire à grande échelle.

1. **Les contraintes logistiques** : les acteurs des projets que nous avons étudiés ont tous été confrontés à des contraintes logistiques, liées à des problématiques de transport, de stockage, ou de coordination dans le temps avec d'autres acteurs concernés. Cela s'explique en grande partie par la faible industrialisation des démarches d'économie circulaire à l'échelle française et européenne. Ce constat implique que seul un nombre limité d'acteurs liés au réemploi ou recyclage de matériaux est présent sur le marché. La logique d'offre et de demande n'est donc pas encore fluide, bien que ce constat soit moins marqué dans les zones les plus denses, caractérisées par la présence d'un grand nombre d'acteurs variés.
2. Un autre constat concerne **les problématiques liées aux assurances et à la réglementation** : ces dernières sont encore frileuses s'agissant de matériaux non conventionnels, tels que le béton recyclé pour des usages de structure de bâtiments, ou certains types de terres excavées. Ce frein est directement lié au comportement de certains professionnels, qui restent encore très méfiants quant à l'utilisation de matériaux qu'ils n'ont pas l'habitude d'employer. Certaines initiatives innovantes ne peuvent donc parfois voir le jour, faute d'acteurs intéressés pour les soutenir.
3. Certains projets, avec de fortes ambitions en termes d'économie circulaire, sont également confrontés au **manque de main d'œuvre qualifiée pour participer au projet, ou un manque de partenaires adaptés**. L'économie circulaire implique en effet le développement de nouveaux métiers, et donc la mise en place d'offres de formation adaptées, sans quoi les besoins des projets de construction ne pourront aboutir.
4. Enfin, **l'aspect économique et financier** peut s'avérer limitant et venir freiner des initiatives innovantes. Le statut expérimental des projets, dont il a déjà été question, implique qu'il n'existe pas encore de gains de productivité ou d'échelle, mais au contraire des coûts d'entrée qu'il est impossible de chiffrer en amont.

4. Enseignements et opportunités

Face à ces divers freins rencontrés, les acteurs des projets que nous avons analysés ont fait preuve d'idées innovantes pour contourner ces difficultés, qu'il est intéressant de résumer sous forme **d'enseignements et d'opportunités plus générales sur le développement de l'économie circulaire en France**. Cela permet en effet de mettre en perspective les nombreux éléments rassemblés dans l'étude des quatre grands projets d'économie circulaire composant cette note de synthèse.

L'enseignement principal, qui englobe d'autres aspects importants, concerne **l'industrialisation des démarches d'économie circulaire, à l'échelle territoriale et même de la France, qui doit constituer un objectif phare à viser dès aujourd'hui**. C'est en effet la massification des démarches qui permettra à l'économie circulaire de s'établir comme principe de référence, et non comme initiative individuelle expérimentale. Plusieurs leviers peuvent être activés en ce sens :

- La **diffusion à grande échelle d'outils numériques**, comme les *market places*, qui permettront de mettre en relation un grand nombre d'acteurs sur une zone géographique précise, à un instant donné. C'est ce genre d'instrument qui permettra de lever des freins d'ordre logistique, et donc financier. Les associations et collectifs ont également un rôle important à jouer, puisqu'ils permettent de créer des réseaux d'acteurs et de structurer un maillage territorial des initiatives existantes. Par ailleurs, **l'utilisation en masse d'autres outils numériques, au sein même des chantiers, comme des instruments de déconstruction sélective**, permettrait de systématiser une démarche d'inventaire des matériaux et produits *a posteriori*, condition nécessaire à leur valorisation au sein d'autres projets.
- Les difficultés liées à la réglementation et aux critères assurantiels sont nombreuses, et induisent des contraintes de mise en œuvre de principes d'économie circulaire. C'est pourquoi la **rédaction de cahiers des charges intégrant l'utilisation de matériaux recyclés ou réemployés peut générer un appel d'air pour les acteurs du bâtiment**, dans le but d'intégrer des critères d'économie circulaire au sein des marchés dominés par l'utilisation de matériaux conventionnels. C'est notamment le rôle du secteur public, dans ses propres appels d'offre, de prendre ce genre d'initiative, dans un souci de

massification des démarches à grande échelle. C'est également ce qui peut amener à l'évolution des normes et de la réglementation, qui sont encore souvent strictes et donc contraignantes pour les constructeurs. Il est important de souligner que des garanties techniques quant à l'intégration de matériaux recyclés au sein d'ouvrages constituent une condition nécessaire à l'évolution des cahiers des charges publics. Il semble donc important d'accentuer les efforts de recherche et d'expérimentation visant à développer des matériaux techniquement performants, et pouvant être employés à grande échelle.

- Les problèmes évoqués plus haut liés au caractère expérimental de nombreux projets, et donc induisant des coûts d'entrée élevés pour les acteurs à l'origine de ces projets devraient être amoindris une fois que les démarches sont répliquées à plusieurs reprises. C'est en effet **la multiplication des initiatives similaires qui permet aux entreprises ou autres de générer des gains d'échelle**. Ces initiatives nécessitent donc un appui financier, technique mais également d'ordre promotionnel, un rôle qui peut être joué par des agences du secteur public, les métropoles, les collectivités etc.
- Enfin, **les maîtres d'ouvrage et promoteurs des démarches d'économie circulaire se doivent d'adopter une vision holistique des projets entrepris**, afin de pouvoir mettre en avant les conséquences économiques et environnementales, et de pouvoir les évaluer pour tous les acteurs impliqués. Il serait par conséquent important qu'un acteur tiers, extérieur au chantier direct, puisse évaluer la démarche, afin que les prises de décisions soient externalisées.

Le développement de l'EC est un phénomène présent au sein de tous les secteurs et ne se limite pas au BTP. Or, plusieurs enseignements émis au sein de cette étude pour la diffusion des principes d'EC peuvent s'appliquer à des nombreux secteurs de l'économie, eux aussi sources de création de valeur. En effet, le caractère systémique de l'EC nécessite une réorganisation générale de l'économie au sein de toutes les filières. L'industrialisation des processus, la généralisation d'exigences fortes d'EC dans les appels d'offres (publics et privés), la fluidification des marchés des matériaux éco-conçus, et la formation de principaux acteurs aux nouveaux métiers de l'EC représentent donc des étapes fondamentales dans la transition d'une économie linéaire à un système économique circulaire. Il paraît également important de repenser les frontières entre les différents secteurs, qui se doivent de communiquer davantage afin de maximiser les processus de valorisation des produits et matériaux.

Afin de stimuler le développement de nouveaux matériaux innovants, la technologie constitue un élément clef, en ce qu'elle permet de trouver de nouveaux débouchés à des matériaux traditionnellement éliminés. Par ailleurs, certains processus, de recyclage du plastique par exemple, sont constamment retravaillés afin d'en améliorer l'efficacité. Le levier des innovations technologiques représente donc un aspect incontournable de la diffusion des approches circulaires dans tous les secteurs de l'économie. Les innovations liées aux outils numériques permettront également d'organiser les nouveaux processus circulaires à l'échelle de territoires entiers, de mettre en relation des acteurs clefs au sein de différents secteurs (mais également entre différents secteurs) et de faciliter une adéquation entre l'offre et la demande de produits ou services.

Enfin, il est important de souligner l'importance des réglementations et des normes dans la diffusion des démarches d'EC au sein de l'ensemble des secteurs. En effet, certaines règles en place, encore trop strictes et mal adaptées ne facilitent pas le réemploi de matériaux qui y sont éligibles en termes technologiques. L'évolution des conditions juridiques et assurantielles permettra donc d'accompagner les ambitions des acteurs, et de favoriser la mise sur le marché de produits éco-conçus, en ligne avec les principes de l'économie circulaire.