

Le réemploi
passerelle

entre architecture et industrie



EXPERTISES

REPAR

#2

RÉSUMÉ SCIENTIFIQUE
MARS 2018

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

UN PROGRAMME DE RECHERCHE & EXPERTISE AU SERVICE DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

EIS BELLASTOCK
ARCHITECTURE EXPERIMENTALE

CSTB
le futur en construction



Projet de recherche REPAR #2

Coordination du projet et rédaction du rapport : BELLASTOCK, Julie BENOIT

Hors rédaction partie Analyse Économique, CSTB, Sylvain LAURENCEAU

Réalisation : Julie BENOIT, Mathilde BILLET, Grégoire SAUREL pour Bellastock et Frédéric BOUGRAIN, Sylvain LAURENCEAU pour le CSTB

Le projet est cofinancé par : l'ADEME, BELLASTOCK et CSTB

Appel à projet de recherche et expertise : APR Déchets du BTP 2014

Coordination technique - ADEME : Laurent CHATEAU / Sylvain BORDEBEURE

Direction Économie Circulaire et Déchets/Service Mobilisation & Valorisation des Déchets

CITATION DE CE RAPPORT

Pour l'ensemble du rapport hors Analyse Économique :

Benoit J., BELLASTOCK, 2018, REPAR #2, Le Réemploi, passerelle entre architecture et industrie, 548 pages.

Pour la partie Analyse économique spécifiquement :

Bougrain F., Laurenceau S., 2017, Analyse économique du réemploi de matériaux : méthodologie et premiers retours, 41 pages, projets REPAR #2 et ReQualif.

Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr/mediatheque

Ce document est diffusé par l'ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 1406C0043

CRÉDITS PHOTOS

Couverture

Architecture de stock de poteaux béton et tuiles mécaniques, Actlab, L'Île-Saint-Denis. / MOA-MOE-Construction : Bellastock / ©Bellastock

Pages 12 et 13 Gabions de grave de réemploi, Centre de recyclage, Le Havre. / MOA : Codah / MOE : ER Architecte / Expertise réemploi : Bellastock /

©Bellastock. **Pages 18 et 19** Bardage en huisserie de porte délignée, Actlab, L'Île-Saint-Denis. / MOA-MOE-Construction : Bellastock / ©Clément Guillaume.

Pages 24 et 25 Mobilier urbain en panne et pierre de taille de réemploi, Caserne Mellinet, Nantes. / MOA : Nantes Métropole Aménagement / AMO/MOE : TGTFP,

TUGECE, Atelier Georges / Expertise réemploi et Construction : Bellastock / © Tibo Labat. **Pages 46 et 47** Architecture de stock de pierres de taille de réemploi,

Caserne Mellinet, Nantes. / MOA : Nantes Métropole Aménagement / AMO/MOE : TGTFP, TUGECE, Atelier Georges / Expertise démolition - réemploi : Bellastock

/ ©Bellastock. **Pages 56 et 57** Démolition d'un immeuble de logements sociaux dans le quartier en Renouveau Urbain du Clos Saint-Lazare, Stains. /

MOA : Seine-Saint-Denis Habitat / Expertise réemploi : Bellastock / ©Bellastock. **Pages 68 et 69** Architecture de stock de bois sur pied débités en plot, Zac de la

Pépinère, Villepinte. / MOA : Grand Paris Aménagement / MOE : Sébastien Sosson / Expertise réemploi et Construction : Bellastock / ©Bellastock. **Pages 72 et**

73 Mur de ventilation en brique de réemploi, Centre de recyclage, Le Havre. / MOA : Codah / MOE : ER Architecte / Expertise réemploi : Bellastock / ©Bellastock

CRÉDITS SCHÉMAS

©Bellastock

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

REPAR #2
Le réemploi — entre architecture et industrie
passerelle

« Les choses changent. Mais si vite... Est-ce que les habitudes des hommes pourront suivre ? »

Isaac ASIMOV

« Il faut se demander ce qui est bon, pratique, durable, adapté à notre climat, à notre espace, à notre spiritualité aussi. »

Balkrishna DOSHI, Pritzker Price 2018

« J'ai personnellement décidé de ne plus ressentir d'émotion devant aucune architecture, objet ou paysage qui ne possède pas de l'écologie, du communautaire, de la complexité populaire, de l'auto-organisation des groupes ou bien qui ne soit en relation avec les convictions désordonnées et innuancées de personnes indépendantes »

Lucien KROLL

Éditorial

Aujourd'hui, nous ne pouvons plus construire tout standard, sans une attention militante aux ressources naturelles, humaines, matérielles, immatérielles qui nous entourent. Surtout, nous savons faire autrement, en composant avec les notions de durabilité, de bon sens technique et partenarial. Il ne faut plus considérer qu'il est difficile d'atteindre un modèle d'économie circulaire, mais qu'il est insensé de ne pas mettre en œuvre tous les moyens nécessaires à sa réalisation.

Le réemploi permet cette intelligence de conception locale, qui se pense en fonction du territoire sans s'économiser d'un cadre de référence générique. Le réemploi propose une vision dynamique des métiers de la commande urbaine et architecturale, de la conception et de la construction, avec un nouveau lien de confiance entre les acteurs. En mobilisant tout le stock de matière à disposition sur un chantier, en lui offrant une seconde ou troisième vie, nous sortons d'une spirale de fabrication de déchets pour remodeler l'espace urbain avec ses propres ressources économiques, sociales, environnementales.

Pour un architecte, penser le projet de démolition (lorsqu'on ne peut faire autrement !) comme un projet de construction est une nouveauté et non un impensé. En s'appropriant davantage leur univers proche, les architectes font œuvre de pacificateurs de l'espace urbain. Ils peuvent imaginer d'autres filières de compétences et de mise en valeur des capacités des habitants. Bellastock mène en ce sens des projets ambitieux qui s'appuient sur une méthodologie solide.

REPAR, le programme de recherche et expertise sur le réemploi de Bellastock, propose ainsi des référentiels techniques et des exemples concrets dont les process ont été validés. Les freins réglementaires et normatifs qui brident aujourd'hui certaines initiatives sont présentés avec soin, mais l'étude démontre qu'ils sont d'abord culturels. Et l'actualité politique, avec la Stratégie Nationale de l'Architecture de 2016 et la Feuille de Route de l'Économie Circulaire de 2018, montre que l'État prend en main son rôle de facilitateur.

Bellastock et l'équipe REPAR



Témoignages

Sylvain BORDEBEURE

Direction économie circulaire
et déchet de l'Ademe

L'économie circulaire a pour objectif de répondre aux besoins de construction tout en réduisant la consommation de ressources et la production de déchets. Le réemploi de matériaux issus de la déconstruction /rénovation dans le bâtiment doit être amplifié : l'ADEME a conduit une étude en 2016 sur l'identification des freins et leviers au réemploi de matériaux de construction qui a montré le manque de retours d'expérience au niveau national ainsi que l'absence de méthodologie : www.ademe.fr/identification-freins-leviers-reemploi-produits-materiaux-construction.

Le programme REPAR soutenu par l'ADEME sur plusieurs années a permis l'expérimentation du diagnostic ressources sur différents chantiers tests permettant de démontrer la faisabilité technique et économique du réemploi dans la construction. Ces travaux devraient ainsi favoriser la généralisation de ces pratiques par les maîtres d'ouvrages qui s'y intéressent de plus en plus, à l'exemple de l'association CIRCOLAB.

Julie BENOIT

pôle Recherche & Expertise,
Bellastock

Le réemploi réinterroge la logique de production d'architecture et celle de la chaîne de construction. Nous avons conscience à Bellastock que tous les sujets induits sont largement imbriqués et qu'ils doivent évoluer vite et ensemble, pour organiser un espace urbain qui ne cherche plus qu'à négocier son accroissement. Notre pilotage de projet réinvente ainsi conjointement la gouvernance, l'architecture, le cadre technique, le modèle socio-économique et la performance environnementale de l'art de bâtir autour d'un nouveau récit frugal et ambitieux. Nous sommes ici au cœur de l'économie circulaire, où la matière et la ville sont ancrées dans le mouvement. C'est pour analyser, enrichir et diffuser largement cette pratique actualisée de l'architecture que nous avons conduit et coordonné REPAR #2. Le programme démontre que le réemploi dispose déjà d'outils et de références clairs pour changer d'échelle et se mettre au service des territoires et de leurs habitants, tout en sachant s'articuler avec l'acte de construire traditionnel. Ne reste plus qu'à s'en saisir.

Sylvain LAURENCEAU

Direction énergie et
environnement du CSTB

L'économie circulaire doit conduire à une réorientation de dépenses liées à l'acquisition et au transport de produits vers des dépenses liées au traitement de la matière en vue de sa valorisation ; dépenses qui sont a priori plus intensives en emplois, et en particulier en emplois locaux. Une fois les pratiques fiabilisées, le réemploi s'inscrit pleinement dans cette trajectoire. Au-delà des impacts environnementaux positifs, les premiers retours d'expérience laissent présager un impact économique territorial important, à condition de cibler les flux les plus pertinents. A terme, l'économie de la fonctionnalité et les pratiques d'écoconception favoriseront la massification des pratiques et le développement de nouveaux modèles économiques bénéfiques à l'ensemble de la chaîne d'acteurs.



Lucas COLOMBIES

Direction maîtrise d'ouvrage de
Seine-Saint-Denis Habitat

Pour un bailleur social, tel que Seine-Saint-Denis Habitat, le réemploi présente des intérêts multiples :

- un intérêt contextuel et environnemental : l'évolution de la réglementation sur la réduction de l'empreinte environnementale des bâtiments et le volume de déchets de chantiers nous obligent à innover ;
- un intérêt financier : en réalisant une analyse en coût global démolition/reconstruction le réemploi est source d'économie, dans un contexte financier tendu pour les organismes de logement social;
- un intérêt territorial et humain : le réemploi génère de l'emploi local et rend possible un travail de mémoire des lieux, qui permet une meilleure acceptation des opérations de démolition.

Pauline MARTY

Centre de Recherches et
d'Études Interdisciplinaires sur
le Développement Durable

Du point de vue environnemental, le réemploi est performant. À l'échelle du composant d'ouvrage, il permet de diviser par 3 (cas d'étude de REPAR #2) la consommation d'énergie, et par 4 les émissions de CO2. Ces performances peuvent être augmentées par la montée en puissance de la filière, et l'optimisation des techniques de collecte, de préparation et de mise en œuvre. À l'échelle du renouvellement urbain, le réemploi permettrait de plus une économie de matière. Moins de matières extraites de la biosphère, moins de mise en décharge, moins d'émissions et de consommation d'énergie associées : le réemploi est une solution précieuse pour l'économie circulaire.

Julien CHOPPIN

Architecte associé de
Encore Heureux

Chaque projet de maîtrise d'œuvre est l'occasion d'expérimenter, pour montrer que c'est possible et donner envie à d'autres de faire. Dans le cahier des charges de consultation des entreprises par exemple, où nous insérons un lot réemploi, qui devient alors fournisseur en matériaux de seconde main, pour les autres lots du chantier. Nous ne concevons plus exactement de la même manière, parce que cette attention à la matière modifie l'amont et l'aval du projet. Il n'y a plus de page blanche. C'est une conception par réaction, où le dessin intègre souvent des ressources identifiées par un diagnostic préalable. Nous devons construire nos bâtiments pour que d'autres puissent déconstruire facilement et reconstruire, sans gaspillage.

Alexandre DOYÈRE

Gérant de Doyère Démolition

Le réemploi n'est pas une nouvelle compétence chez les démolisseurs, mais bien une compétence réhabilitée. En effet, il y a 25 ans encore, les journées précédant l'ouverture d'un chantier de démolition étaient souvent consacrées à la vente de matériaux récupérés dans les ouvrages à déconstruire. La profession est habituée à ces procédés dont la pratique avait fortement diminué parce que la demande et le prix des matériaux neufs avaient baissé. Mais il est courant que nos marchés de travaux intègrent aujourd'hui un volet réemploi et c'est avec plaisir que nous y répondons.

De mon point de vue, le succès du réemploi dépend de l'intégration de l'AMO réemploi au début de la conception du projet; de la qualité du diagnostic déchets; et du lien entre l'architecte du réemploi et le démolisseur afin d'intégrer la santé/sécurité des salariés en interface avec les éventuelles matières dangereuses, ainsi que la faisabilité pratique et économique d'une dépose. Le démolisseur est donc le partenaire indispensable du réemploi proposant, grâce au travail de l'architecte une deuxième vie à la matière.



Les contributeurs de REPAR #2

Bellastock est un centre d'architecture expérimentale qui suit des missions d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage, de Maîtrise d'œuvre et d'Opérateur constructeur pour réaliser concrètement des projets d'Économie Circulaire. Bellastock est aussi un laboratoire de recherche qui accompagne la Transition dans le bâtiment et l'espace urbain, avec la vocation pédagogique de diffusion d'une culture architecturale actualisée, à l'heure du développement durable. Bellastock est pionnier et expert du réemploi en construction, en France, depuis 2012.

Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment est partenaire de Bellastock, au travers d'experts économistes.

Bellastock s'est également entouré d'experts de disciplines variées :

Maîtres d'ouvrage :

· Seine-Saint-Denis Habitat

Centres d'Essai :

· Le département Sécurité Structure et Feu du CSTB
· Le laboratoire d'Études et de Recherches sur les Matériaux (LERM)

Laboratoire de recherche et d'environnement :

· Le centre de Recherches et d'Études Interdisciplinaires sur le Développement Durable (CREIDD)

Agence d'Architecture :

· Encore Heureux Architectes

Opérateurs de chantier :

· Doyère Démolition
· Halage

Bureau de contrôle :

· BTP Consultants

Graphisme :

· Fini la Siesta

Sommaire

00	CONTEXTE	14
01	OBJECTIFS	15
02	DÉROULÉ DU PROGRAMME DE RECHERCHE	16
03	SYNTHÈSE ET APPLICATION DES RÉSULTATS	16
04	PRÉSENTATION DU PLAN DU RAPPORT	20
05	GUIDE MÉTHODOLOGIQUE	26
06	CATALOGUE TECHNIQUE	48
07	ANALYSE ÉCONOMIQUE	58
08	L'INDICATEUR RESSOURCE	63
09	FOIRE AUX QUESTIONS	70





00

CONTEXTE

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) adoptée en juillet 2015 vise à relever les deux défis que sont la lutte contre le dérèglement climatique et la préservation de l'environnement. La **rénovation du parc de bâtiments existants**, la promotion des transports propres, des énergies renouvelables et de l'économie circulaire, constituent les principales mesures à l'agenda des politiques publiques. Cette loi qui tend à limiter le gaspillage et favoriser l'économie circulaire, a fixé un objectif de valorisation de 70% des déchets du bâtiment et des travaux publics à l'horizon 2020 alors qu'environ 60% de ces déchets sont actuellement réemployés, recyclés et récupérés.

Parmi les « 3R » (réemploi, recyclage et réduction), le réemploi de matériaux et de composants du bâtiment représente une opportunité encore sous-exploitée qui doit conduire à réduire les déchets. Pourtant, le réemploi est la priorité de ces « 3R », puisque c'est une action de prévention amont à la création de déchets.

La pratique du réemploi opère un changement de point de vue sur ce que l'on considère à priori comme déchet pour l'envisager comme un produit : une ressource exploitable en soi. Ici, nous décidons volontairement de réunir sous la même appellation réemploi les notions légales de réemploi (d'un matériau pour un même usage) et de réutilisation (d'un matériau pour un usage détourné).

En puisant dans les propres ressources du territoire (humaines, matérielles, immatérielles) pour le renouveler, le réemploi offre une répartition plus juste de la valeur ajoutée du projet et du chantier. C'est un levier du métabolisme urbain, qui s'appuie sur le concept parfois homogène, parfois imprévisible de mine urbaine pour proposer une alternative au « tout standard ». Il s'agit de rendre visible et lisible le gisement de matière à disposition dans l'espace urbain afin de fabriquer des filières de distribution de matériaux et composants du BTP collectés, préparés, fiabilisés et fournis localement.

En plus de répondre à la question de la rarefaction des ressources, le réemploi se raisonne ainsi dans un territoire urbanisé limité, qui assume d'être fini. Il induit alors des solutions de logistique urbaine en circuit court très intéressantes, qui mutualisent des services pour plusieurs chantiers.

01

OBJECTIFS

REPAR présente, au-delà des freins ressentis, la méthode établie par Bellastock pour mettre en œuvre le réemploi, dans une logique de projet par projet et dans une logique de montée en généralité. Le propos est optimiste mais réaliste et ce qui paraît exceptionnel aujourd'hui peut devenir traditionnel dans quelques années.

REPAR #1 est le premier volet du programme (lauréat APr Déchets BTP 2012 ; 2012-2014) ; il a étudié **l'amont d'une filière de réemploi en construction**, c'est-à-dire la collecte, dans un cas complexe de démolition sélective. Le projet s'est basé sur une étude de cas, la déconstruction des entrepôts Printemps à L'Île-Saint-Denis (93), pour mettre en place des filières de réemploi de matériaux au service de la ZAC de l'Éco-quartier fluvial qui a pris la place des entrepôts. Un scénario générique a été proposé, validé une première fois, et Bellastock a créé Actlab, le laboratoire manifeste du réemploi en construction, sur le chantier de la ZAC.

REPAR #2 est le second volet (lauréat 2^{nde} édition ; 2014-2018) ; il pose la question de l'aval de la filière : comment **envisager le projet d'architecture comme un débouché pour les produits de réemploi en construction** ? Bellastock s'est entouré d'un partenaire (le CSTB, pour l'Analyse Économique) et d'experts (maîtres d'ouvrage, centres d'essai, ingénieurs techniques et environnementaux, architectes, contrôleur technique, entreprises de construction et démolition) pour proposer **un guide méthodologique** du réemploi et **un catalogue technique** de réemploi de composants d'ouvrage.

Les objectifs de REPAR #2 sont les suivants :

- + Contribuer à **l'actualisation des outils du maître d'ouvrage et de l'architecte** pour permettre la mise en œuvre de réemploi dans un projet d'architecture ou d'urbanisme.
- + **Vérifier la faisabilité d'assemblages en réemploi**, par la mise en œuvre de solutions techniques et l'établissement d'un protocole de caractérisation des matériaux associé. Un fort accent est mis sur l'expérimentation à travers la conception et la réalisation de nouveaux composants d'ouvrage en réemploi.
- + Poser les bases d'**une massification et d'une optimisation du réemploi** en architecture en s'attachant à trois enjeux. Un premier enjeu opérationnel et partenarial, que le numérique peut aider à porter, avec une proposition de management raisonné du projet et de sa matérialité par la maîtrise d'ouvrage. Un second enjeu d'accompagnement et de montée en compétence des acteurs locaux pour répondre aux nouveaux marchés qui leur sont proposés. Et enfin un troisième enjeu technique, avec la proposition d'une offre d'évaluation technique et d'expertise adaptée au réemploi.

02

DÉROULÉ DU PROGRAMME DE RECHERCHE

REPAR #2 s'est déroulé en 6 phases, entre 2014 et 2018 :

1. Capitalisation des projets réemploi de Bellastock déjà réalisés. Expérimentations et recherches réalisées par les partenaires et experts pour mettre en place une méthode de travail commune. Des modèles de documents sont établis pour une approche générique du réemploi.
2. Audits et déconstruction : identifier des opérations sur lesquelles impulser une dynamique de réemploi, codifier et réaliser les diagnostics ressource des opérations.
3. Phase « étude » : définir comment des matériaux collectés sur divers sites en chantier peuvent s'intégrer au projet et devenir des produits réemploi de construction.
4. Phase « chantier », qui s'attache à l'étape d'exécution et de suivi de chantier. Il s'agit d'étudier les relations entre les temps de collectes, de préparation et de mise en œuvre de matériaux de réemploi. L'enjeu est aussi de travailler sur les phases de logistique urbaine (conditionnement, transport, plateforme de stockage et de transformation des matériaux en nouveaux produits de construction).
5. Phase d'évaluation des impacts économiques du réemploi visant à élaborer et appliquer un modèle économique fonctionnel.
6. Phase d'évaluation environnementale pour définir un indicateur d'impact du réemploi.

03

SYNTHÈSE ET APPLICATION DES RÉSULTATS

Au-delà de la simple question de l'intégration d'un matériau de seconde vie dans une construction, **le réemploi soutient de nombreux principes de l'économie circulaire** et pose quatre défis tout au long du processus de projet : **organisationnel, logistique, technique, culturel**. La méthode de REPAR discute ces défis et raisonne sur la double échelle du territoire et de l'architecture.

L'offre de matériaux et de composants d'ouvrage est conséquente, les plateformes numériques qui proposent cette offre se multiplient, et les réseaux de professionnels annoncent souvent la présence en masse d'éléments intéressants de construction dans leurs chantiers de démolition. Mais à l'échelle de l'architecture, la demande n'est pas si fréquente, en tout cas elle ne correspond pas au volume de l'offre. La mine urbaine devient de plus en plus accessible mais les a priori ont la vie dure : le lot réemploi d'un projet se confrontera assez rapidement aux doutes des acteurs. Est-ce faisable ou est-ce hors norme, hors la loi, non rentable ?

REPAR #2 montre que le réemploi peut être fiable techniquement et qu'il est assurable en architecture. **La recherche s'appuie sur le processus de projet urbain et architectural et sur les principes de l'évaluation technique d'une solution innovante** (caractérisation du couple matériau – domaine d'emploi) **pour proposer un guide du réemploi**, peu importe le gisement, peu importe le projet. Dans ce sens, REPAR revient précisément sur le jeu d'acteurs et **la logique partenariale** d'un projet de réemploi.

La clef de voûte du dispositif est le diagnostic ressource. Évolution – ou complément – du diagnostic déchets, le diagnostic ressource vérifie les performances d'un produit de seconde vie et leur corrélation avec des domaines de réemploi possibles. Il fiabilise ensuite la filière à déployer et le débouché, c'est-à-dire le projet récepteur apte à accueillir ce produit. Il prépare enfin le cadre administratif et assurantiel qui permettra d'intégrer effectivement un réemploi dans la construction cible.

REPAR #2 monte ensuite en généralité, en déroulant les étapes d'études et de travaux qui permettront de dépasser le simple diagnostic ressource. REPAR #2 propose alors des outils-guides qui sont **des aides à la décision** : entre autres, une analyse économique avec un indicateur emploi pour le territoire ; un calcul de l'impact environnemental avec un indicateur ressource qui compare la solution de réemploi avec son équivalent en neuf et en recyclage ; un arbre de décision technique sur le choix d'un domaine d'emploi plutôt qu'un autre pour un gisement.

La recherche pose également les bases d'un **dialogue technique commun** entre tous les acteurs du chantier, **avec la livraison d'un catalogue technique de solutions de réemploi**. Ce catalogue est constitué de fiches techniques sur une grande variété de matériaux et composants d'ouvrage, validées par un bureau de contrôle, et de deux référentiels, co-écrits par des centres d'essais, sur le réemploi de béton. Enfin, beaucoup d'exemples et de retours d'expérience sont présentés pour faire avancer la discussion.

3.1 Les perspectives d'application sont :

- + **Une banque de données techniques** sur les matériaux de réemploi qui permet l'utilisation de la mine urbaine et l'écriture d'une nouvelle histoire de la construction ;
- + **Des gisements de matière parfaitement caractérisés** grâce au diagnostic ressource, pour être valorisés au plus près de la source et au plus haut de la pyramide de traitement des déchets ;
- + **Un management de projet raisonné** pour une maîtrise d'ouvrage qui dispose d'aides à la décision opérationnelles pour ses projets conduits en économie circulaire (modélisation socio-économique, indicateur ressource environnementale, arbre de décision technique) ;
- + **Une pratique actualisée de l'architecture** et de nouvelles compétences appropriables par l'architecte ;
- + **Une montée en compétence des territoires** sur des actes de chantier et un marché pour l'emploi local (artisans et acteurs de l'économie sociale et solidaire) ;
- + **Un lien de confiance facilité entre les acteurs du chantier**, grâce à une offre technique fiable pour le réemploi, avec des référentiels reproductibles et une contractualisation des risques maîtrisés.





04

PRÉSENTATION DU PLAN DU RAPPORT

Som-
maire**INTRODUCTION AU RÉEMPLOI
DE MATÉRIAUX ET DE COMPOSANTS
DE CONSTRUCTION
EN ARCHITECTURE**

22

01. De REPAR à REPAR #2, les objectifs

23

- Pourquoi REPAR #2 ? 23
- Les résultats de REPAR #1 et des expertises réemploi préalables à REPAR #2 24
- Objectifs du programme de recherche REPAR #2 25
- Présentation du plan du rapport 25

02. L'architecte et le réemploi

27

- Une discussion d'architecture mais toujours pluridisciplinaire 27
- Quelle dimension créative, co-construite et reproductible pour cette pratique de l'architecture ? 28
- Le réemploi, entre territoire et matière 29

- Du « même site, même usage » à la garantie de site et d'usage 37
- Éclairage complémentaire sur certains termes employés 38

02. Circularité et réemploi : cadre générique

39

- L'apprentissage par la pratique 39
- Approche territoriale 41
- Approche technique 59
- Des guides techniques réemploi de référence 68

03. Filière réemploi :**cadre spécifique, fonction du projet** 76

- La filière réemploi 76
- Rôle des acteurs du projet devant le réemploi 87

04. Diagnostic ressource

98

- Cadre réglementaire 98
- Le diagnostic ressource 100
- Principes pour un cahier des charges 103

05. Impact environnemental : l'atout réemploi

124

- Cas d'études dans la littérature scientifique 124
- Méthodologie pour le calcul de l'indicateur ressource 127
- L'indicateur ressource dans le cadre de l'économie circulaire 143
- L'indicateur ressource dans le cadre normatif 145
- L'analyse des impacts environnementaux face à la décision 147

06. Conclusion et perspectives

150

- Les résultats principaux 150
- Perspectives et recommandations 156

01

**LE RÉEMPLOI EN CONSTRUCTION :
ANCRAGE, MÉTHODE, EXEMPLES**

34

**01. Définitions réglementaires sur
les enjeux du remploi et de la réutilisation
en architecture**

36

- La question de l'usage 36
- La question du site d'usage 36

02

ANALYSE ÉCONOMIQUE DU RÉEMPLOI DE MATÉRIAUX 164

01. Contexte du projet	166
02. Le cadre d'analyse	168
• Introduction	168
• Présentation du cadre d'analyse	169
• Les quatre grandes étapes du réemploi	172
• Les risques	178
• Les externalités positives ou négatives	179
• L'appréciation globale des deux solutions	180
03. Le réemploi dans la littérature économique	182
04. Cas d'étude - La fabrique du Clos	185
• Application de la méthodologie au cas d'étude « pavage béton »	185
• Analyse financière du 2ème composant d'ouvrage créé : le pavillon	189
05. Cas d'étude des briques sur le projet « Ferme des possible » à Stains	194
• Description du cas d'étude	194
• Application de la méthodologie d'analyse économique	194
06. Bilan	201
• Conclusion	201
• Perspectives et recommandations	203

03

CATALOGUE TECHNIQUE : LA MONTÉE EN GÉNÉRALITÉ DU DIAGNOSTIC RESSOURCE 206

Nomenclature	208
01. Les Fiches Techniques Réemploi	210
• Avis technique sur les fiches	211
• Les fiches	226
02. Les Référentiels techniques	256
• Guide méthodologique et technique pour le réemploi de béton en murs	257
• Guide méthodologique et technique pour le réemploi de béton en revêtement de sol	310
03. Du guide au terrain : l'expérience de fourniture de pavés ou dalles de béton de réemploi	342
• Introduction	342
• Diagnostic du gisement et caractérisation des matériaux	344
• Expérimentation	346
• Bilan de l'expérimentation	353
• Éclairage du professionnel de la pierre naturelle	355

04

LES RETOURS D'EXPÉRIENCE 362

Nomenclature	364
01. Les cas de diagnostic	366
• Diagnostic de 4 ZAC à Bobigny	367
• Diagnostic de la ZAC Montjoie à Saint-Denis Aubervilliers	372
• Diagnostic de Morland à Paris (EH)	382
02. Les cas de démolition et stockage en projet urbain	386
• Reconversion de la Caserne Mellinet à Nantes, les matériaux naturels	387
• Fin de vie d'une pépinière à Villepinte, le bois sur pied	399
03. Les cas de démolition – prototypage	401
• Renouvellement urbain au Clos Saint-Lazare, Stains, les flux béton	402
• Démolition reconstruction de bureaux à Montrouge, le béton	430
04. Les cas de déconstruction complète en vue d'un réemploi	441
• Déconstruction du pavillon temporaire d'entrée au Château de Versailles, bois-métal	442
• Déconstruction d'un hangar de stockage à Alfortville, structure bois	449
05. Les cas d'intégration du réemploi au projet d'architecture	453
• Construction d'une déchetterie au Havre, la brique et le béton	454
• Pavillon Circulaire à Paris, portes bois (EH)	464
• Construction d'une maçonnerie paysagère à Stains, la brique maçonnée	476
• Construction d'une crèche à Paris, portes bois	494
• Projet Miroir à Paris (EH)	498

GLOSSAIRE 504

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 505

EXTRAITS DE TEXTES ET RÈGLEMENTS	507
• Code de l'Environnement – Définitions :	507
• Permis de Faire – Dérogations :	508
• Diagnostic Déchet – Contenu :	509
• Et si le réemploi se généralise dans la logique réglementaire actuelle ?	510

ANNEXES PARTIE 01

05. IMPACT ENVIRONNEMENTAL 511

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES 539

SIGLES ET ACRONYMES 544

Le programme REPAR est une traduction des projets réemploi tels qu'ils sont pratiqués par Bellastock et tels qu'ils sont commandités dans les territoires où Bellastock intervient. Il est difficile de dissocier ce contexte des acquis qui sont ici présentés. Après la présente introduction, le rapport se présente en quatre parties distinctes, qui regroupent les éclairages de chercheurs et praticiens sur le réemploi aujourd'hui en France, principalement au regard des expériences de Bellastock capitalisées.

La **première partie** est intitulée « Le réemploi en construction : ancrage, méthode, exemples ». La **technique du réemploi en architecture** y est détaillée dans l'idée de proposer une démarche reproductible, qui lie outils communs et arbitrages sur mesure. Nous sommes alors particulièrement attentifs aux trois échelles de lectures du réemploi :

- L'échelle du produit de construction, du matériau au composant d'ouvrage ;
- L'échelle de l'ouvrage et de ses opérateurs, du gisement au projet ;
- L'échelle du territoire, de l'étude de la mine urbaine à la filière et l'inter-chantier.

Le point I précise le cadre réglementaire du réemploi, et ouvre sur le point II qui entend définir un cadre et une méthode générique au réemploi, comme grand défi de l'économie circulaire. Un double regard y est porté sur l'échelle du territoire et de sa mine urbaine, puis sur l'échelle du produit et de ses défis techniques. Les points III et IV mettent l'accent sur deux priorités à l'échelle du projet, pour ouvrir l'espace constructif et l'architecture au réemploi. Le point III discute des spécificités d'une filière réemploi qui se déploie chantier par chantier, projet par projet. Ce point prend en compte les rôles des acteurs de la commande à la livraison de la construction. Le point IV présente l'outil phare d'aide à la décision de réemploi et d'aide au projet d'architecture : le diagnostic ressource. Il illustre ensuite les débouchés de ce diagnostic, au travers d'exemples de re-circulation et d'intégration d'éléments et composants de réemploi dans de nouveaux ouvrages. Le point V, en continuité, est la méthode de mesure des impacts environnementaux de la filière, avec la mise en place d'un premier indicateur ressource. La conclusion intervient au point VI pour reprendre les principaux résultats et recommandations avant d'ouvrir sur des leviers soutenables par les politiques publiques.

La **seconde partie** est intitulée « Analyse économique du réemploi de matériaux ». La **modélisation économique du réemploi en architecture** y est abordée, au travers des impacts sur le projet d'architecture (études, mise en œuvre) et sur la filière de réemploi (actions de collecte, de préparation au réemploi, expertises et écoulement de la matière).

Les trois premiers points fondent l'analyse. Le point I rappelle le contexte, qui est spécifique à deux programmes de recherches lauréats de l'Appel à Projets de l'Ademe Déchets&BTP 2014 : REPAR et REQUALIF. Le point II explique le cadre méthodologique, qui s'appuie sur les grandes étapes d'une filière de réemploi telles que nous les avons organisées dans la première partie du rapport et dans les expertises réemploi de Bellastock. Puis ce même point présente la modélisation économique telle qu'elle a été conçue, et les outils de mesures associés. Le point III opère un retour sur le réemploi dans la littérature économique, pour clore ce premier pan théorique. Les points suivants, le IV et le V, présentent l'application de la modélisation sur deux cas d'études, de façon rétroactive. Les projets supports sont deux architectures de Bellastock. L'une est un local vélo en murs de béton de réemploi au Clos Saint-Lazare à Stains (MOA : Seine-Saint-Denis Habitat). L'autre est une maçonnerie paysagère en briques maçonnières, également à Stains – avec des briques de la Courneuve (MOA : Maison de l'Emploi de Plaine Commune, Maîtrise d'Usage : Novaedia pour la Ferme des Possibles). La conclusion ouvre sur les perspectives d'application de cette modélisation économique.

La **troisième partie** est un **catalogue de ressources techniques**. Il vise à aller plus loin que ne le permet l'outil diagnostic ressource détaillé en partie I et qui est un outil de projet, c'est-à-dire qui fonctionne projet par projet. Ces ressources techniques sont des documents génériques, qui dépassent le cadre sur mesure des projets et l'imprévisibilité des gisements.

Le point I rassemble des fiches techniques produites par Bellastock, sur le réemploi d'éléments de construction tel que nous l'avons expérimenté, éléments que l'on retrouve fréquemment en démolition et en utilisation. Un avis d'un bureau de contrôle éclaire ces fiches. Le point II est une déclinaison plus complète de ces fiches. Il met à disposition deux référentiels techniques, co-construits avec des centres techniques, sur le réemploi de béton – en mur et en sol. Le point III permet de lire le référentiel réemploi de béton en sol à la lumière de la réalité d'une collecte en situation de démolition par le démolisseur, et du commentaire d'un marbrier expert de l'extraction de pierres naturelles en carrière. Le référentiel réemploi de béton en mur se lit à la lumière de l'annexe « Fabrique du Clos » en fin de rapport.

La **quatrième et dernière partie** est constituée des fiches retours d'expériences de projet incluant un lot réemploi. C'est un **catalogue de références** sur les missions de Bellastock en tant qu'expert AMO ou MOE réemploi. On retrouve également deux exemples de l'agence d'architecture Encore Heureux. Il ne s'agit pas tant de chercher la reproductibilité de ces références que de montrer comment la méthode REPAR trouve son inspiration et son application.

Les points constitutifs de cette partie organisent les références non pas suivant les matériaux ou les lots mobilisés, mais suivant les missions principales retenues pour la notification de l'architecte - expert réemploi. Ainsi, les références qui ont servi à la capitalisation des connaissances pour la rédaction du rapport sont ordonnées dans un classement qui regroupe les missions significatives de diagnostics (I), de démolition et stockage en projet urbain (II), de démolition – prototypage (II), de déconstruction complète d'ouvrage (IV) et d'intégration de réemploi au projet d'architecture livré (V).

Les **annexes** du rapport contiennent quelques textes réglementaires qui nous semblent pertinents, une bibliographie, et surtout, séparés du présent rapport, **les livrables de la « Fabrique du Clos »**. Ce projet est une incubation conjointe du LabCDC (Architecture de la Transformation, 2015) et de l'Ademe dans le cadre de REPAR. Elle est portée par le bailleur Seine-Saint-Denis Habitat et Bellastock, avec l'expertise du CSTB en économie et en évaluation technique - Structure et Feu. Quatre livrets traduisent cette expérimentation de filière de réemploi de béton dans un cadre de démolition – reconstruction en Programme de Renouvellement Urbain. Il y a le guide Maîtrise d'Ouvrage et son livret annexes ; et le guide Maîtrise d'œuvre et son livret annexes.

Les livrables "Fabrique du Clos" sont consultables à cette adresse :
<http://www.caissedesdepots.fr/labcdc/lab-realizations-des-projets-laureats>
Cliquer sur "OPH 93", ancien nom de Seine-Saint-Denis Habitat





05

GUIDE MÉTHODOLOGIQUE

La méthode retenue pour mener à bien le programme REPAR, et pour encourager à commander et prescrire le réemploi en architecture, s'appuie sur de nombreux cas d'études, qui sont principalement des projets d'AMO et de MOE menés par Bellastock. Des fiches « retours d'expérience » ont ainsi été produites, elles illustrent précisément la démarche préconisée.

N°	RETOUR D'EXPÉRIENCE	VILLE	IDENTITÉ PROJET	FICHE PROJET			FICHE MINUTE EXTRAIT DIAG.
				Diag Ressource	Impact territoire	Déroul. de l'op.	
1.1	4 ZAC Plaine de l'Ourcq	Bobigny (93)	x				x
1.2	ZAC Montjoie	Saint Denis (93)	x				x
1.3	Maison du projet Morland	Paris (75)	x	x		x	
2.1	ZAC Reconversion de la caserne Mellinet	Nantes (44)	x	x		x	
2.2	ZAC de la Pépinière	Villepinte (93)	x				x
3.1	NPNRU Clos Saint-Lazare	Stains (93)	x	x	x	x	
						x	x
3.2	Démolition reconstruction de bureaux	Montrouge (92)	x	x			
4.1	Déconstruction du pavillon temporaire	Versailles (78)	x	x		x	
4.2	Étude patrimoine : un hangar de stockage	Alfortville (94)	x				x
5.1	Construction d'un centre de recyclage	Le Havre (76)	x	x		x	
				x			
5.2	Construction du Pavillon Circulaire	Paris (75)	x	x	x	x	
5.3	Projet Ferme des Possibles	Stains (93)	x	x	x	x	
5.4	Construction d'une Crèche rue Justice	Paris (75)	x	x		x	
5.5	Réalisation d'une œuvre au Passage Miroir	Paris (75)	x	x			x

Tableau de synthèse des fiches retours d'expérience, avec les flux traités et les composants d'ouvrage créés :

	LOT DE LA CONSTRUCTION	FLUX	SOURCING	MATÉRIAU / ÉLÉMENT	COMPOSANT D'OUVRAGE
→	VRD, ESPACE PUBLIC	métal en majorité	abattage sélectif	éléments de structure, couverture, serrurerie	meubles extérieurs, revêtement de sol
→	VRD, ESPACE PUBLIC	béton, métal, verre, plastique, pierre	dépose en curage, déconstruction, abattage sélectif	éléments de structure, charpente, couverture, menuiserie, parement	revêtement de sol, petit équipement
→	FAÇADE, ÉTANCHÉITÉ	aluminium, verre	dépose en curage	ouvrant de fenêtre	menuiserie extérieur
→	ESPACE PUBLIC	bois de construction	déconstruction	bois de charpente	meubles extérieurs
→	VRD	pierre de taille	abattage sélectif	pierre naturelle	revêtement de sol, aménagement extérieur
→	ESPACE PUBLIC	arbre sur pied	défrichage sélectif et débardage mécanique	planche bois	meubles extérieurs
→	GROS ŒUVRE	béton de voile	déconstruction	voile béton recadré	voile béton
→	GROS ŒUVRE	béton de voile	déconstruction	lamelle sciée de voile béton	assemblage en lamelles béton
→	VRD	béton morcelé	abattage sélectif	pavé béton	revêtement de sol carrossable
→	VRD	béton morcelé	abattage sélectif	pavé béton	revêtement de sol piéton
→	AMÉNAGEMENT EXT	béton morcelé	abattage sélectif	pierre de béton	mur pierre sèche
→	VRD	béton	abattage sélectif	pierre de béton	revêtement de sol
→	GROS-SECOND ŒUVRE	aluminium, métal	dépose en curage	panneaux aluminium, éléments de serrurerie	faux plafond extérieur, aménagement intérieur
→	FAÇADE & STRUCTURE	bois, métal	déconstruction	bardage douglas, portique HEA	structure en portique et bardage de façade d'un local technique
→	STRUCTURE, VRD	bois, pierre	dépose, déconstruction	charpente bois de section ronde, pavé de granit	réemploi identique charpente, revêtement de sol
→	GROS ŒUVRE	brique	déconstruction	brique intègre	maçonnerie de remplissage
→	GROS ŒUVRE	béton concassé	filère recyclage	granulat béton gros calibre	gabion
→	FAÇADE	bois	dépose en curage	porte palière en chêne	bardage de façade
→	AMÉNAGEMENT EXT	brique	tri post abattage	brique intègre, 3/4, 1/2	gradins en maçonnerie paysagère
→	FAÇADE	bois	dépose en curage	panneau chêne issu de porte palière	vêtue
→	DÉCORATION ART	verre, bois	déchetterie	miroir, bois	assemblage de miroirs

DÉROULEMENT DE L'OPÉRATION
Centre de Recyclage - Le Havre (76)

1. Collecte - Préparation - Stockage



Collecte lors de la démolition

Préparation des briques

L'entreprise Balbiano s'en est tenue aux prestations dites de préparation suivantes :

- le tri par format,
- le contrôle de leur aptitude au réemploi,
- le nettoyage et traitement des résidus de briques,
- le conditionnement et quantification,
- l'évacuation des déchets.

La préparation s'est déroulée sur le site de la CODAH.

Le stockage des briques

Rangées sur palettes par l'entreprise de préparation, les briques ont été stockées sur le site de préparation.



Transport, tri, contrôle, préparation, stockage des briques

DÉROULEMENT DE L'OPÉRATION
Centre de Recyclage - Le Havre (76)

1. Collecte - Préparation - Stockage

Stockages des paniers de gabion

Les paniers de gabion pleins ont été stockés sur le site de préparation.



2. Mise en oeuvre

2.1 Les murs en briques de remplissage

Les murs de remplissage ont été montés dans les règles de l'art, au mortier ciment.



DÉROULEMENT DE L'OPÉRATION 1
Clos Saint-Lazare - Stains

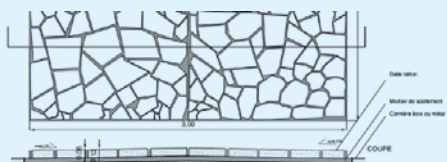
2.2 Mise en oeuvre du produit VRD - Revêtement de sol pavé béton - Pose scellée

Avant exécution des travaux, l'entrepreneur a vérifié les niveaux, la planimétrie, le séchage, la qualité et les conditions de bonne adhérence pour réceptionner les supports sur lesquels il doit intervenir.

Le sol a été réalisé sur un support d'une pente minimum de 1,5% avec couche de désolidarisation et mortier de scellement.

Les bordures de finition ont été réalisées en bois.

Après scellement, une lantaise disgracieuse est restée sur les pierres de béton, l'entreprise a alors procédé à un ponçage de la surface.



Plans sans échelle et photos
Source : Bellastock

DÉROULEMENT DE L'OPÉRATION 2
Clos Saint-Lazare - Stains

2. Mise en oeuvre

2.1 Mise en oeuvre du produit

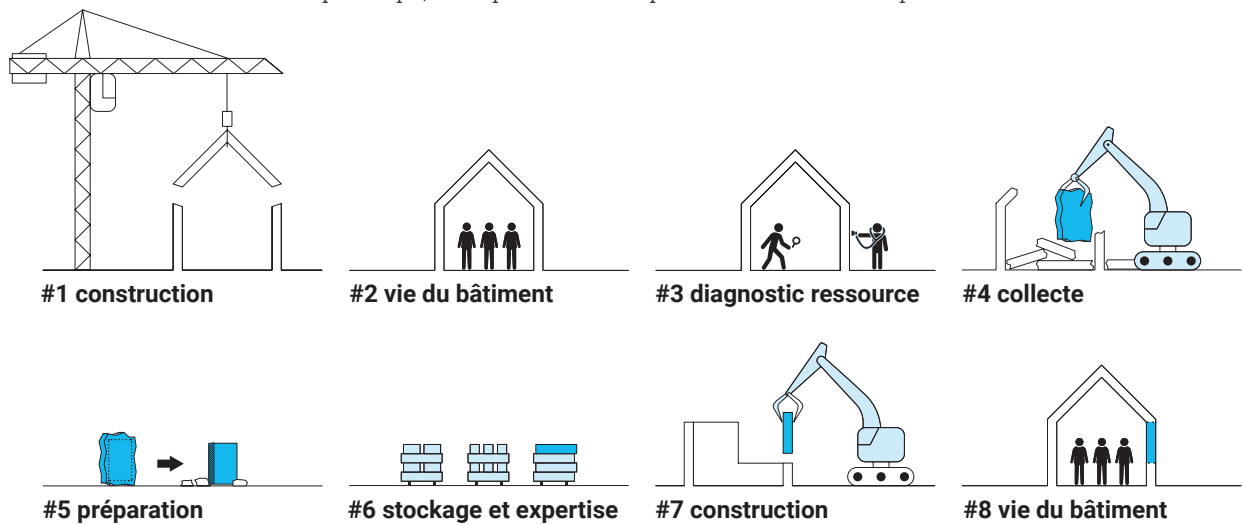


5.1 Les principes du réemploi :

Filière, économie circulaire et mine urbaine

Le réemploi se caractérise – pour REPAR, par :

- Une étape de diagnostic, dite diagnostic ressource ;
- Une étape de collecte de matériaux, avec de nombreuses variables propres à la méthodologie de l'entreprise missionnée, a fortiori dans les cas de démolition sélective ;
- Une ou des étapes de préparation au réemploi ;
- Une étape de mise en œuvre ;
- A chaque étape, il peut être question de transport et de stockage ;
- A chaque étape, des opérations d'expertise ou de contrôle peuvent être décrites.



Les grandes étapes du réemploi

Le réemploi ne peut être envisagé seulement comme une finalité. C'est bien sûr l'intégration d'un matériau de seconde vie dans un nouveau bâtiment. Mais c'est aussi une filière qui se déploie sur un territoire, pour connecter un gisement à un projet. Le réemploi est un processus de projet, c'est **un levier fondamental pour quatre grands défis structurels** de l'économie circulaire :

- Le **défi organisationnel** : comment créer un lien de confiance entre les différents acteurs du projet eux-mêmes, entre les acteurs du projet et leurs assurances, et entre les acteurs du projet et les ressources matérielles de réemploi qui les entourent ? Il s'agit de proposer avec le réemploi une conduite de changement, vers un projet éthique qui développe des filières de réemploi soutenues par les maîtrises d'ouvrage commanditaires, dont le management responsable peut être valorisé sous divers labels.
- Le **défi technique** : comment concevoir et mettre en œuvre un projet architectural qui n'est pas une addition de référentiels normés mais qui repose sur un système où le processus de projet a autant de valeur que le projet fini ? L'enjeu est d'imaginer une production technique et écologique où la valeur sociale et économique est répartie à majorité sur le territoire du projet.
- Le **défi logistique** : comment créer des boucles synergiques au cœur d'un même territoire, entre les chantiers, pour le déploiement de filières minutes (« in vivo ») et

« in situ ») de réemploi sur le territoire ? Le réemploi ne fonctionne que si l'on dépasse la logique linéaire d'évacuation des déchets de chantier vers des déchetteries ou des plateformes de rupture de charge. Il faut proposer des services mutualisés à divers chantiers de re-travail et diffusion de matériaux de réemploi, via de nouveaux macro-équipements de chantier par exemple.

• Le **défi culturel** : comment accompagner de tels changements, et accepter les conditions du réemploi sur un territoire ? Montage nouveau, chantier alloti différemment, logistique plus visible (re-travail et distribution des matériaux de réemploi en circuit court) ... Le réemploi conserve l'identité du lieu en puisant dans ses propres ressources humaines et matérielles, c'est son grand intérêt.



Schéma de principe sur la circularité du réemploi.

Dans un territoire donné **il faudra commencer par analyser la mine urbaine**. Les matériaux constitutifs de la mine forment des gisements. **Un gisement** se définit comme une unité de système constructif, de temps et d'espace qui permet de considérer les ressources le constituant comme ayant des caractéristiques identiques. Aujourd'hui, on limite le gisement à un bâti où à une aire du bâti. Demain, il sera possible d'étendre les bornes du gisement en capitalisant sur la caractérisation des matériaux d'une même famille dans des gisements distincts.

La caractérisation des matériaux constitutifs de cette mine est essentielle : il faudra nommer les flux et les types d'éléments associés, relever leurs fréquences de disponibilité et leur niveau de standardisation et de (non)pollution. **A l'échelle de la France**, la mine représente ce que l'on considère aujourd'hui comme les déchets du BTP, soit 227,5 millions de tonnes par an, dont 18% pour le seul bâtiment, la cible de REPAR. A titre de comparaison, la somme des déchets ménagers, industriels et du tertiaire représente environ 57 millions de tonnes par an, soit 4 fois moins que les premiers.

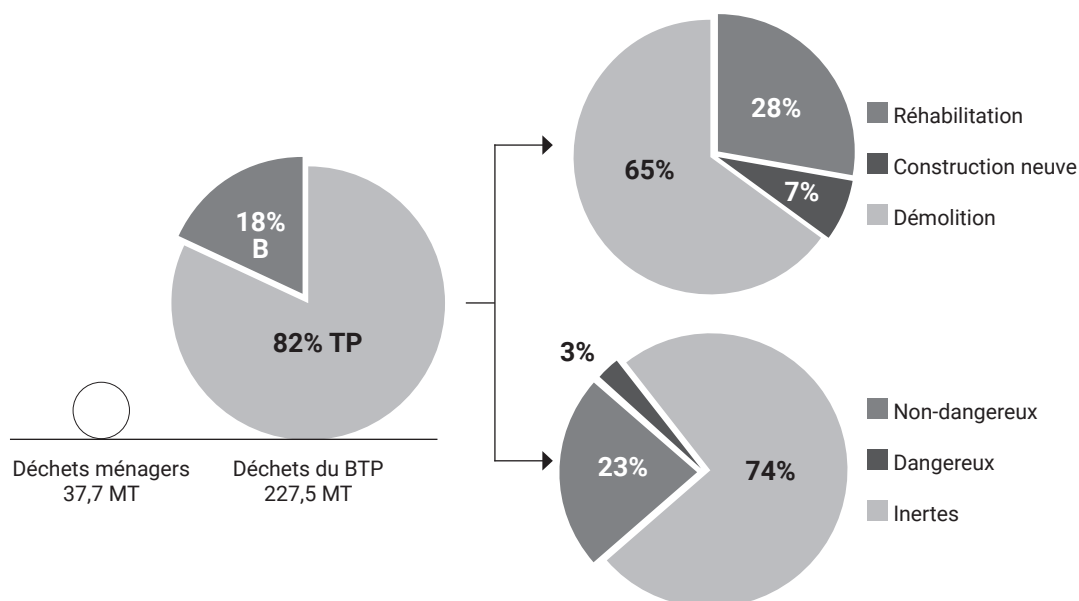
Ces 18%, soit 42 millions de tonnes par an, sont à majorité (74%) des inertes (issus du gros œuvre, surtout du béton). 23% sont classés comme non-dangereux, ce sont les matériaux principalement du second œuvre, dans leur grande diversité. Et seulement moins de 3% (1 million) ne peuvent pas être considérés comme des ressources directes, de réemploi et de réutilisation, car elles sont dangereuses (majoritairement polluées par l'amiante, le plomb, les parasites, la radioactivité). **Il est théoriquement possible de puiser dans 41 millions de tonnes de rebuts pour en faire des ressources de réemploi et de réutilisation.**

Une autre façon de lire ces 42 millions de tonnes de déchets du bâtiment par an est de regarder leur répartition dans les typologies de gisement qui les détiennent. Le principal gisement est le secteur de la démolition, à 65%, là où l'on retrouvera le plus d'inertes. Mais 28% des déchets sont produits en réhabilitation et 7% en construction neuve.

Il y a des ressources dans tous les secteurs, nécessairement différentes et collectables différemment.

41,2 MILLIONS DE TONNES

C'est la part de déchets que nous ciblons pour le réemploi, il s'agit des déchets inertes et non-dangereux issus du bâtiment



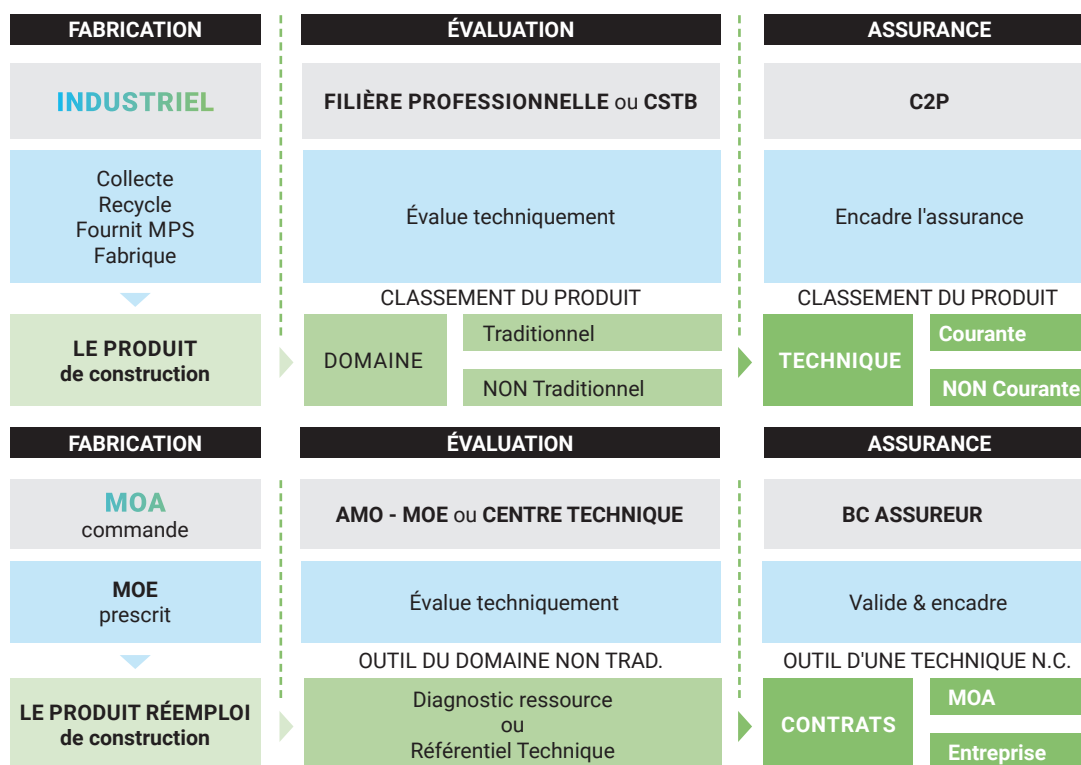
La répartition des déchets du BTP. A partir des données SOeS 2014.

5.2 Défis de généralisation technique :

prescrire et assurer correctement le réemploi

Pour sécuriser la demande, on sécurisera la prescription d'un produit et sa filière de production. Pour cela, il convient d'évaluer techniquement un élément de construction en s'attachant à le caractériser en fonction des attendus propres à son domaine d'emploi – et non de façon exhaustive. On parle d'évaluation du couple matériau – emploi. Si cette évaluation confirme la capacité de l'élément à être un produit de construction pour un domaine d'emploi donné, alors il sera assurable. C'est cette méthode, proposée par le CSTB pour une innovation, qui est reprise et adaptée à nos outils de projets réemploi : le diagnostic ressource, la fiche technique générique et le référentiel technique réemploi.

L'objectif est d'éviter la production d'Avis Technique, d'Avis Technique d'Application ou encore d'ATEX. Ces documents ont un titulaire, à qui il faut faire appel pour la fourniture et/ou la pose du produit. Ces documents fournissent des références dans un temps et un nombre donnés, pour ensuite homologuer les produits dans le champ traditionnel de la construction.



L'assurabilité d'un produit de construction, démarche classique et proposition de démarche adaptée au réemploi.

C2P Commission Prévention Produit de l'Agence Qualité Construction

BC : Bureau de Contrôle

Pour une montée en généralité du réemploi dans le secteur de la construction et du bâtiment, certaines recommandations de REPAR sont partagées par la C2P :

Sur le terrain :

- Créer plus de **relations partenariales** entre les acteurs de la construction pour favoriser un **lien de confiance**. Par exemple, faire les diagnostics ressources avec les diagnostiqueurs amiante permet de profiter de leur savoir sur les constructions.
- L'avis de chantier reste un outil intéressant et utilisé par les Bureaux de Contrôle sur les chantiers, bien que la CAPEB précise que le rôle du Bureau de contrôle est défini par la norme NFP 0300 et que l'avis de chantier n'y est pas indiqué.
- Il sera toujours possible de **s'entendre sur des procédures simplifiées**, dont la mission peut être attribuée à un acteur complémentaire du Bureau de Contrôle. Il peut permettre l'ouverture des conditions d'avis favorable.

Sur le contexte réglementaire :

- En 2018, des évolutions sont en cours, avec par exemple l'article 88 de la loi LCAP (2016) sur le Permis de Faire du réemploi (sans encore de décret d'application), et la Feuille de Route Économie Circulaire du ministère de l'Environnement.
- Il est tout à fait dans le fil de l'actualité de proposer **une alternative à la décennale**, ou encore une évolution au diagnostic déchets, pour faciliter les conditions du réemploi.

Sur le contexte normatif :

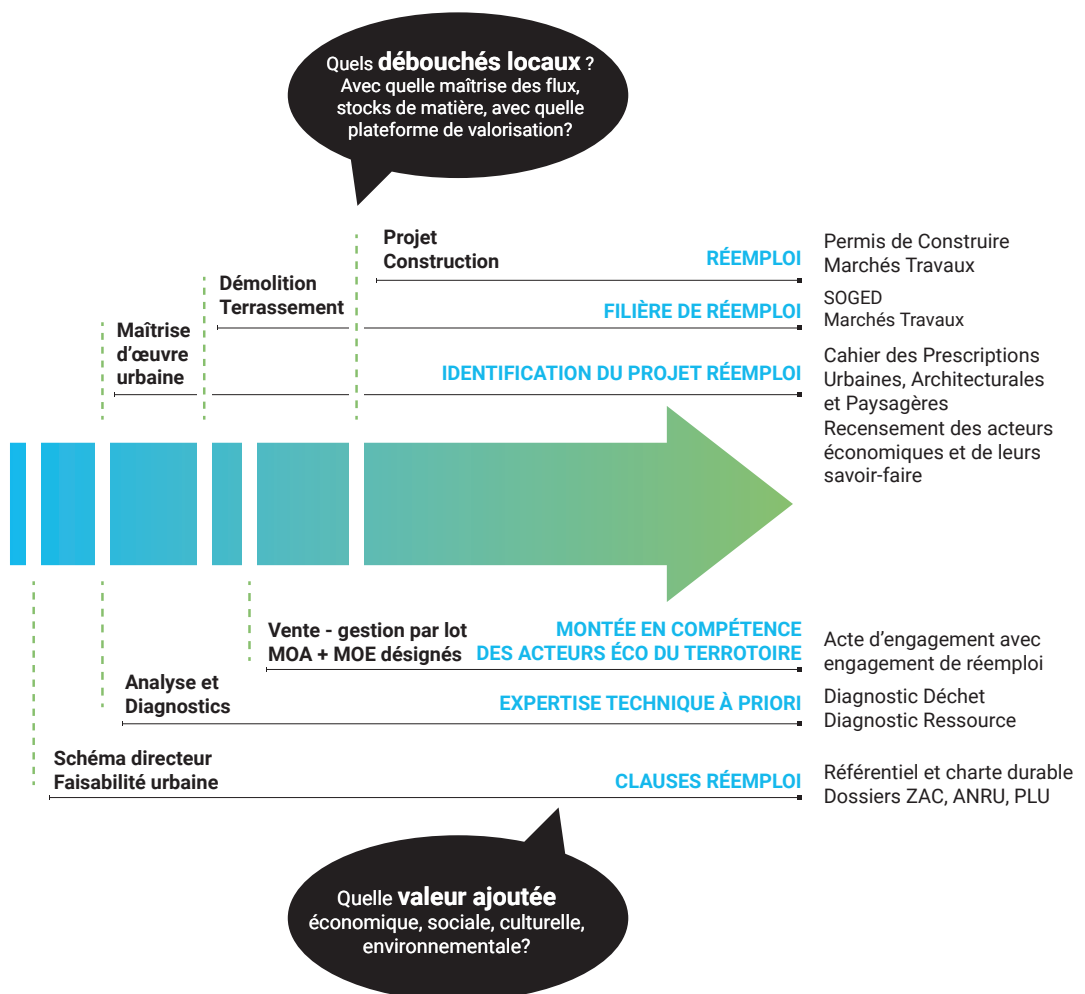
- Le travail aujourd'hui est de multiplier des référentiels par matériau et domaine d'emploi, et pousser à la simplification des premiers, encore trop sur le format « procédure d'évaluation et de conformité à la norme d'un produit standard ».
- **Positionner a priori ces guides références de solution réemploi dans le domaine non courant de la construction.**

- Le référentiel, s'il est bien établi, devient a posteriori une **Recommandation Professionnelle du domaine courant**. Comme cela s'est passé avec la paille en isolant (règle professionnelle du domaine courant) et avec les règles RAGE issues du Grenelle de l'Environnement.

5.3 Gouvernance autour du réemploi

La gouvernance de la matière peut s'opérer de nombreuses manières. Si dans un schéma classique le constructeur traite en direct avec son fournisseur de matériaux, en toute indépendance de son maître d'ouvrage, le réemploi, tel qu'il existe aujourd'hui, apparaît souvent comme trop récent pour générer des filières industrielles structurées.

Au temps de REPAR #2 (2014-2017), il est encore compliqué pour les entrepreneurs de se positionner sur le marché du réemploi des produits de construction (même si certains exemples existent : Emmaüs avec le programme REQUALIF, Recyclo'Bat à Toulouse, Solibat à Tours...). En 2018, des plateformes dématérialisées, des services d'expertise, d'évaluation technique et d'assurance émergent et le réemploi devient de moins en moins un métier de niches. Les **initiatives intéressantes viennent surtout des Maîtres d'Ouvrage et des Maîtres d'œuvre**. Le réemploi se raisonne donc d'abord à l'échelle du projet ou des projets (territoire), avec des Maîtres d'Ouvrage mis en réseau.



Le réemploi dans le processus de fabrication de la ville.

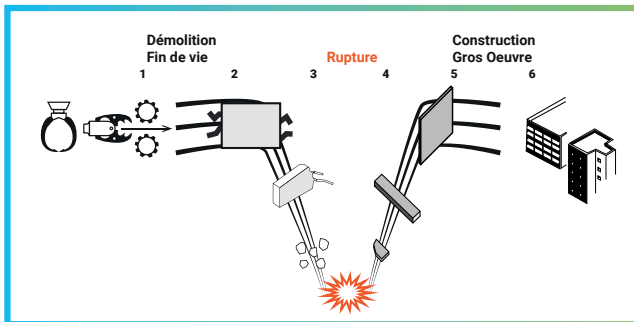
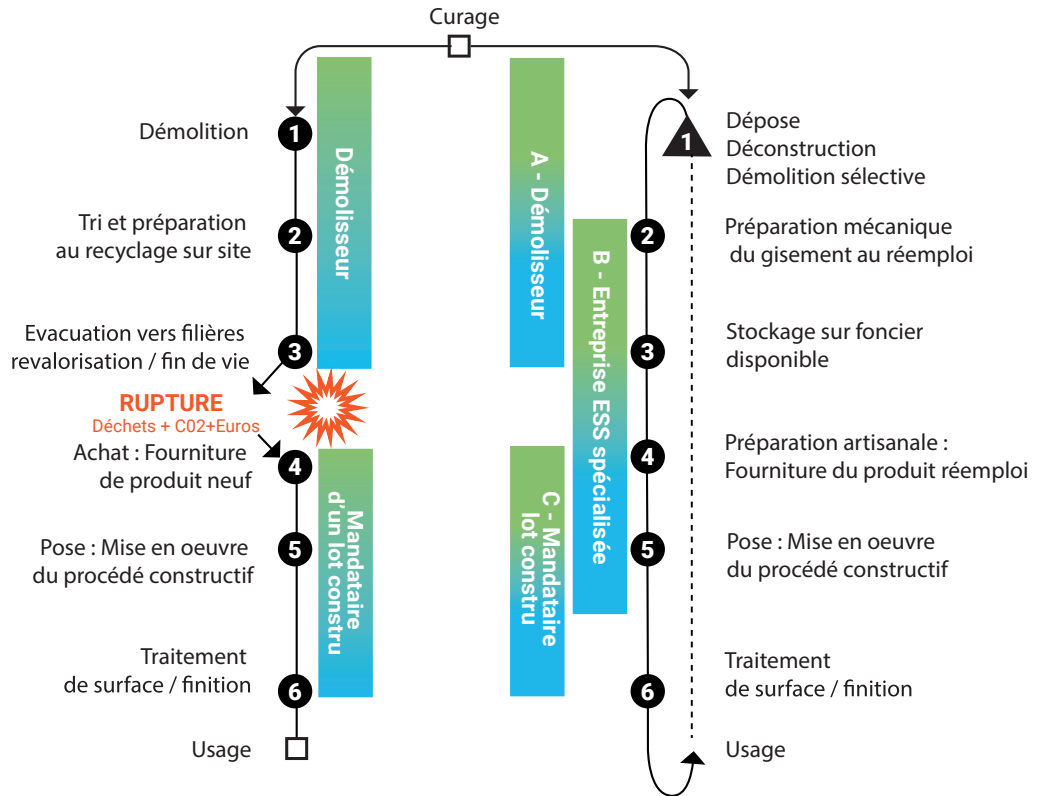
- **La Maîtrise d'Ouvrage commande le réemploi**, elle est la première à définir son rôle :
 - La MOA émettrice et la MOA réceptrice peuvent décider ensemble de se céder directement la propriété de l'élément à réemployer, et de ne contracter que des services de re-travail et de pose de la matière auprès d'opérateurs ;
 - Les MOA peuvent aussi décider de se séparer d'un gisement et acheter un nouveau produit de réemploi, fourni et posé.

- **La Maîtrise d'œuvre prescrit le réemploi**, elle définit en accord avec le Maître d'Ouvrage l'allotissement des étapes opérationnelles du réemploi :
 - Un ou plusieurs lots réemploi peuvent être créés pour l'entreprise en charge des travaux sur le bâtiment gisement (démolisseur, artisan) – et soumis à variante ou option dans la DPGF (Décomposition du prix global et forfaitaire) entreprise ;
 - Un ou plusieurs lots réemploi peuvent être créés pour l'entreprise en charge des travaux sur le bâtiment récepteur – et soumis à variante ou option dans la DPGF (Décomposition du prix global et forfaitaire) entreprise ;
 - Un ou plusieurs lots réemploi destinés à un opérateur tiers peuvent enfin réunir les actes de préparation ou stockage de la matière en vue de fournir un produit garanti sur le chantier de mise en œuvre.

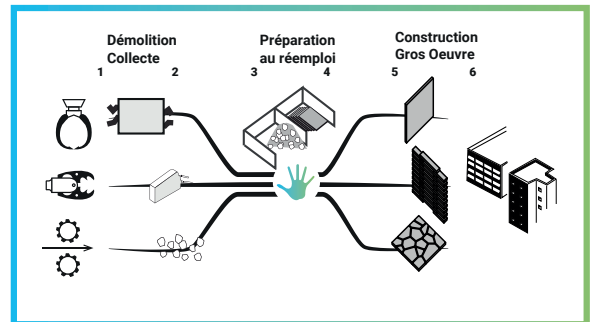
- **Les entreprises** sont les opérateurs du réemploi :
 - Elles sont les garants de l'opérationnalité de la proposition du maître d'œuvre ;
 - Elles doivent pouvoir adapter les méthodologies proposées en fonction de leurs compétences, ou se doter de nouvelles compétences. C'est particulièrement le cas des démolisseurs.

Dans le cadre des démolitions-reconstructions du renouvellement urbain du Clos Saint-Lazare, le bailleur déploie une filière de réemploi de béton.

Diagnostic Déchets - Ressources



Conduite linéaire



Conduite circulaire

La commande et le pilotage de la MOA, exemple de Stains.

Le tableau suivant présente la corrélation entre les étapes « entreprises » et les étapes « maîtrise d'œuvre » d'un projet réemploi. Les étapes peuvent bien sûr se réduire en nombre en fonction de la réalité du projet.

COMPLÉMENT D'EXPERTISE : MATIÈRE	CHANTIER : APPROCHE FILIÈRE ENTREPRISES	ÉTUDE : APPROCHE PROJET AMO-MOE	COMPLÉMENT D'EXPERTISE : TERRITOIRE & ARCHITECTURE
Fiabilisation de la mine urbaine	Études préalables		Lisibilité de la mine urbaine
		EXPERT RÉEMPLOI - AMO ou MOE GISEMENT	
Évolution du diagnostic déchet =>		Diagnostic Ressource (DR)	1
		Diagnostic gisement	
		Diagnostic projet	
Contrôle technique indépendant		Estimatif économique	
Caractérisation du gisement		Vérifications logistique et environnementale	
Validation du choix du domaine d'emploi		Dossier de Consultation Entreprise	2
Etablissement du protocole d'essai, d'avis de chantier, ou d'autocontrôle		Articles de CCTP dédiés à la collecte	
		Carnet graphique des matériaux cibles	
		DPGF pour chiffrage entreprise	
	CONSULTATION ENTREPRISE(S)	Cahier des prescriptions urba-archi	3 <= Évolution de la programmation urbaine
	4	Remise des offres entreprises : Validation opérationnelle du DR	
		Fiche de lot réemploi	
		Visites, contrôle métré/tonnage	
		Faisabilité de composants d'ouvrages selon débouchés	
		contrôles non destructifs,	
		Tableau des attendus env. et sociaux	
		étude des filières de réemploi	
		prévision échantillonnage, chiffrage variantes	
		Négociations, Assistance Contrats Travaux	5



Jalons

Opportunités

Acteurs

Actions

COMPLÉMENT D'EXPERTISE : MATIÈRE		CHANTIER : APPROCHE FILIÈRE ENTREPRISES	ÉTUDE : APPROCHE PROJET AMO-MOE	COMPLÉMENT D'EXPERTISE : TERRITOIRE & ARCHITECTURE
Sécurisation du gisement		Autorisations Administratives (permis de démolir...) - suivi projet émetteur de réemploi		Synergie inter-chantiers
		NOTIFICATION ENTREPRISE(S)	Dossier échantillonnage (option) puis OPC réemploi	6
Prévention à la création de déchets en phase chantier (démolition, réhabilitation, construction) =>	7	Collecte	précisions et suivi des dispositifs de collecte	
		Sur échantillon	précisions et suivi pour élaboration d'un prototype	
Vérification des performances produit		Validations	dessins techniques associés	
		Campagne de dépose et démolition sélective- Produits en œuvre	OPC collecte et préparation générale au réemploi	
		Campagnes de tri - Produits hors œuvre		
	8	Phases Logistique et Préparation au réemploi - étape 1, suivant le gisement		<= Mutualisation de services à l'échelle du territoire (formation, plateforme réemploi...)
		Gestion des flux (transport)	Dossier Réception matériaux	9
		Autorisation stockage (site tiers)	relevés précis matériaux et plan des stocks	
		Tri et valorisation du stock	dossier de réassemblage	
		Contrôles et autocontrôles	préconisation d'entretien	
		Fourniture d'éléments réemploi		
		Étiquette produit, dossier traçabilité du produit		

COMPLÉMENT D'EXPERTISE : MATIÈRE	CHANTIER : APPROCHE FILIÈRE ENTREPRISES	ÉTUDE : APPROCHE PROJET AMO-MOE	COMPLÉMENT D'EXPERTISE : TERRITOIRE & ARCHITECTURE
Développement de référentiels ouvrage	Suivi projet récepteur de réemploi		Sécurisation du projet
		NOTIFICATION MOE PROJET	
		Études	10
		choix du lot réemploi	DIA-ESQ
		premières pièces écrites et graphiques du composant d'ouvrage	AVP
Évolution du cadre d'évaluation technique sur site et du cadre d'assurance d'une solution architecturale =>	Autorisations Administratives (permis de construire...)		<= Evolution Permis de construire
		Carnet de détails	PRO
		descriptif préparation 2 au réemploi et mise en œuvre	
		estimatif associé	
		Avis Bureau de Contrôle	
Vérification des performances projet		Dossier de Consultation Entreprise	11
		CCTP lots réemploi	
		Carnet de détail des composants d'ouvrages	
		DPGF pour chiffrage entreprise	
		NOTIFICATION ENTREPRISE(S)	12
	13	Phases Logistique et Préparation au réemploi - étape 2, suivant le projet	13
		Standardisation du stock en fonction du projet	
		Gestion des flux (transport)	
		Contrôles et autocontrôles	
		DET, suivi de la préparation	
		VISA	
		Assistance à réception des produits	



Jalons

Opportunités

Acteurs

Actions

COMPLÉMENT D'EXPERTISE : MATIÈRE		CHANTIER : APPROCHE FILIÈRE ENTREPRISES	ÉTUDE : APPROCHE PROJET AMO-MOE		COMPLÉMENT D'EXPERTISE : TERRITOIRE & ARCHITECTURE
		Fourniture de produits réemploi			
	14	Chantier de construction	Suivi du Chantier de construction	14	<= Montée en compétence et en marché du territoire
		Intégration des produits de réemploi dans les lots travaux	DET pour les lots réemploi suivi et animation du chantier réemploi		DET-OPC
			mission VISA pour les lots réemploi		VISA
			Pré-Réception pour les lots réemploi		OPR-AOR
		Réception des ouvrages			
			Dossiers des ouvrages exécutés	15	
			plans		
			préconisations d'entretien		
Acteurs					
Actions					

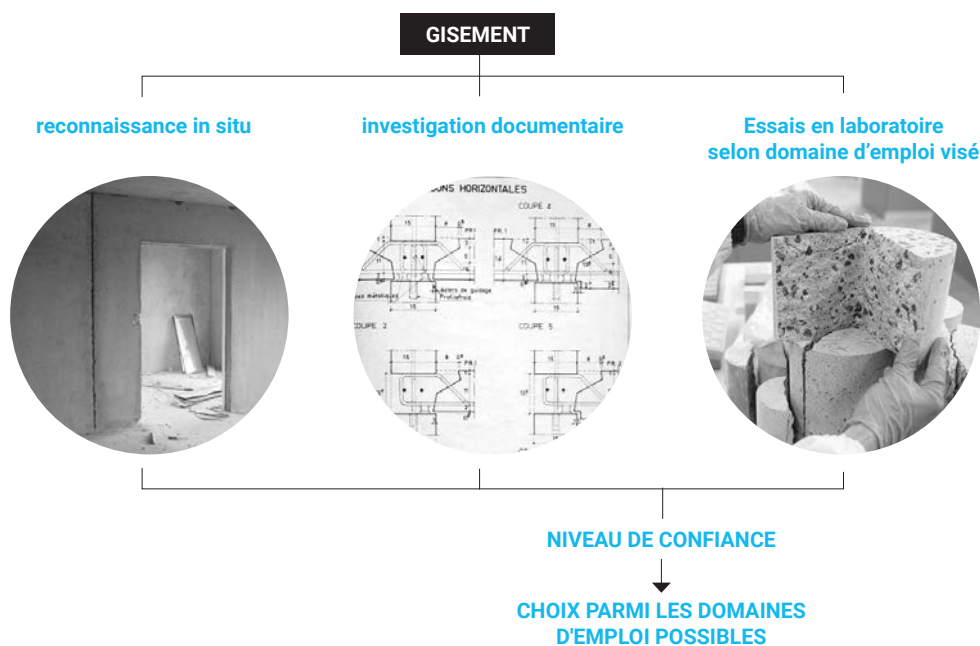
Enchaînement des rôles maîtres d'œuvre – entrepreneurs.

Glossaire disponible dans le rapport complet

5.4 La clef du projet : le diagnostic ressource

Le diagnostic déchets est appelé à évoluer, et même sans doute à se renommer, pour rendre plus lisible sa finalité qui est de valoriser toutes les ressources d'un bâti en transformation ou démolition. **Aujourd'hui, Bellastock a développé un diagnostic ressource, qui est un complément au diagnostic déchets pour faciliter le réemploi d'éléments de construction.** Il consiste à :

- Caractériser un ou plusieurs gisements (comprendre le contexte dans le bâti, la quantité et les qualités techniques des éléments à réemployer) ;
- Indiquer ou définir de nouveaux domaines d'emploi possibles (ce pour quoi le gisement peut être réemployé ou réutilisé) ;
- Identifier les ouvrages du projet qui peuvent être réalisés avec des matériaux de réemploi (débouchés) ;
- Énumérer les préconisations pour la dépose, la préparation et la mise en œuvre des matériaux ;
- Vérifier la faisabilité des propositions par une étude d'impact, qui peut être économique, logistique, environnementale.



La méthode de caractérisation des matériaux pour un domaine d'emploi.

Pensé comme un véritable outil de préparation au projet, le diagnostic ressource fiabilise en amont du projet le réemploi et se réfère à deux référentiels méthodologiques :

- Le diagnostic ressource fait écho à la méthode d'évaluation technique¹ de produits innovants, sans entrer dans des procédures d'évaluations.
- Le diagnostic ressource utilise la méthode du diagnostic patrimonial au travers d'enquêtes de terrain et d'expertises complémentaires.

Le diagnostic ressource s'appuie sur des documents écrits et graphiques, produits pour certains à titre indicatif (suggestions), pour d'autres au titre de conseil (aide à la décision), ou encore à titre engageant (préconisations), suivant les objectifs fixés par la maîtrise d'ouvrage. En cela, il va plus loin que les attendus du diagnostic déchet, qui est un outil que l'on assure au titre de diagnostic – il intègre au plus des suggestions de déconstruction pour préserver l'intégrité des matériaux (arrêté du 19 novembre 2011). **Le diagnostic ressource est donc plus engageant techniquement, et nécessite a minima une assurance d'AMO car il conduit à une véritable assistance aux décisions de la MOA.** Dans certaines situations, s'il s'ouvre sur des descriptifs techniques de mise en oeuvre et de réemploi, il devient un outil de maîtrise d'oeuvre, assuré au titre de MOE. La position du curseur est à définir en fonction des attendus entre la MOA, le diagnostiqueur et leurs assureurs. Il y a donc tout intérêt à mettre en lien, voire à **mutualiser les missions du diagnostiqueur et celle de l'AMO ou de la MOE.**

Voici les principes du cahier des charges d'un diagnostic ressource, dont le contenu exhaustif est présenté dans le rapport complet.

Étape 1 : Caractériser le gisement et ses possibilités de réemploi

- Acquérir de l'information ;
- Caractériser le gisement ;
- Décider des domaines d'emploi possibles.

- + Des fiches techniques matériaux / domaines d'emploi sont produites, que le Bureau de Contrôle peut évaluer, pour fournir un avis et outiller la MOA dans un dialogue avec son assureur.
- + Afin d'accompagner la MOA dans son choix de réemploi, la validation peut se faire via la présentation d'un arbre de décision² entre plusieurs domaines d'emploi possibles. L'arbre soulève les niveaux de technicité du réemploi en fonction des domaines d'emploi visé.

¹ Site du CSTB, consulté en sept 2017 : « En matière de construction, l'évaluation technique des produits et procédés (...) a pour objectif d'apporter des informations fiables sur le respect des exigences réglementaires, les domaines d'emploi et les conditions de mise en oeuvre appropriées des produits, leurs niveaux de performances et leur constance dans temps. »


² Voir les arbres de décisions présentés dans les référentiels techniques du rapport.

MATERIAU : BETON

VE 1 : cloisons béton de 6cm construction de 1968 à STARS

ETAT : bon

NATURE :
 DENSITE :
 MASSE SURFACIQUE :




**Gisement caractérisé
Exigences liées à la
collecte et à la prépara-
tion du produit**

o Usage collectif modéré ≤ 32 mm
o Usage collectif intense ≤ 22 mm
Et en plus pour l'extérieur :
-Catégorie selon NF EN 12371 dépend de la zone de gel (24 à 56 cycles)
-Glacisance selon NF EN 14231 en milieu humide > 35

AUTOCONTROLE :

COMPOSANT D'OUVRAGE : OPUS INCERTUM JOINT SEC

SOLLICITATIONS d'embranchement et d'alliage du composant d'ouvrage


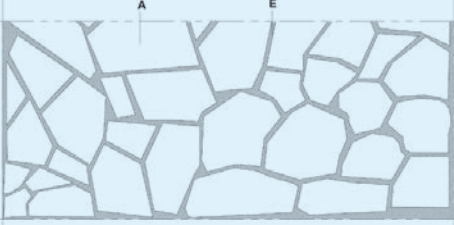


**Exigences géométriques
et techniques du produit
Préconisation de pose
Cadre normatif**

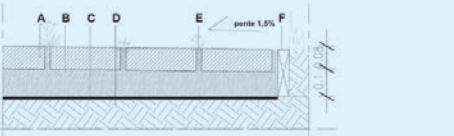
résistance à la rupture en traction par fendage (MPa)
et résistance en flexion
résistance aux charges d'exploitation
résistance aux agressions climatiques,
résistance à la glacisance.

EVOLUTIONS POSSIBLES VERS UNE REGLE PROFESSIONNELLE

DETAIL DE MISE EN ŒUVRE

PLAN



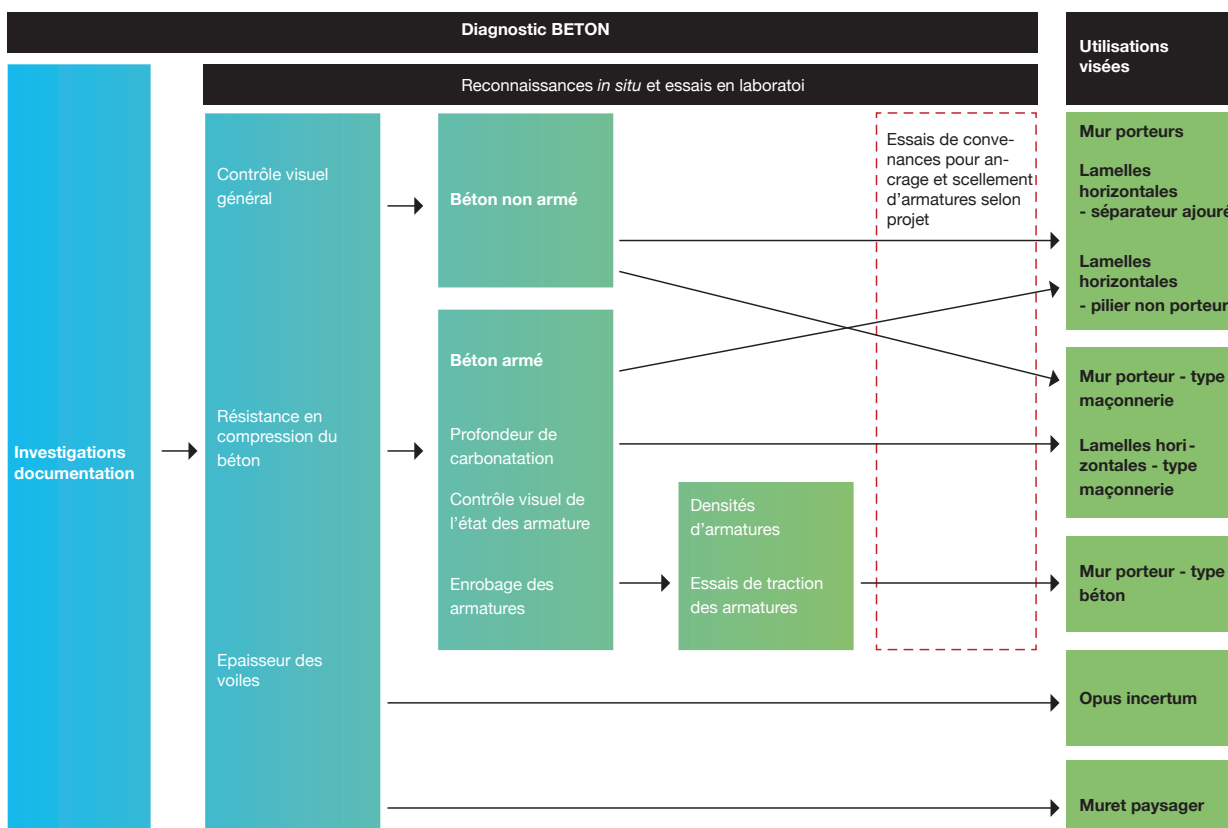
COUPE

Mise en oeuvre pavé béton sur lit de sable joints sec ou dalle

A : pavé béton épaisseur > 6cm
B : lit de sable 6cm min
C : échantillon
D : terrain
E : joint sec sable 0.5mm passé au balai (avec incrustation de graisses)
F : bordure bois ou contrese métal usagé nécessaire d'une glissière vibrante pas de contraintes de largeur de joint si opus incertum

0 10cm 50cm

Fiche synthèse de l'étape 1 du diagnostic ressource, dans le cas d'une mission qui intègre des préconisations architecturales.



Exemple d'arbre de décision pour le réemploi de béton. Aide à la cible des couples matériaux / domaines d'emploi sur lesquels se concentrer.

Étape 2 : Fiabiliser les filières et débouchés selon les besoins de la MOA

- Réaliser une faisabilité logistique de la filière réemploi à déployer ;
- Évaluer techniquement le produit de réemploi à développer ;
- Estimer les impacts économiques et environnementaux à travers d'indicateurs simples ;
- Assurer la traçabilité de l'élément collecté jusqu'à sa transformation en produit de construction de réemploi.

Cette étape doit conforter les recommandations de l'étape 1 du diagnostiqueur, qui peut ensuite proposer au moins de façon indicative un cadre administratif :

- ✦ **Le cadre qui garantit l'intégration du réemploi dans le projet visé** (débouché), avant toute opération de collecte.
- ✦ **Le cadre de garantie du type de produit à prescrire** (domaine d'emploi), fabriquer ou restaurer.
- ✦ **Une étiquette produit pour assurer la traçabilité des éléments**, avec des données proches de celles contenues dans les FDES (Fiches de déclaration Environnementales et Sanitaires).

5.5 Les perspectives techniques

Deux perspectives de services relèvent de l'objectif de **massifier l'offre** :

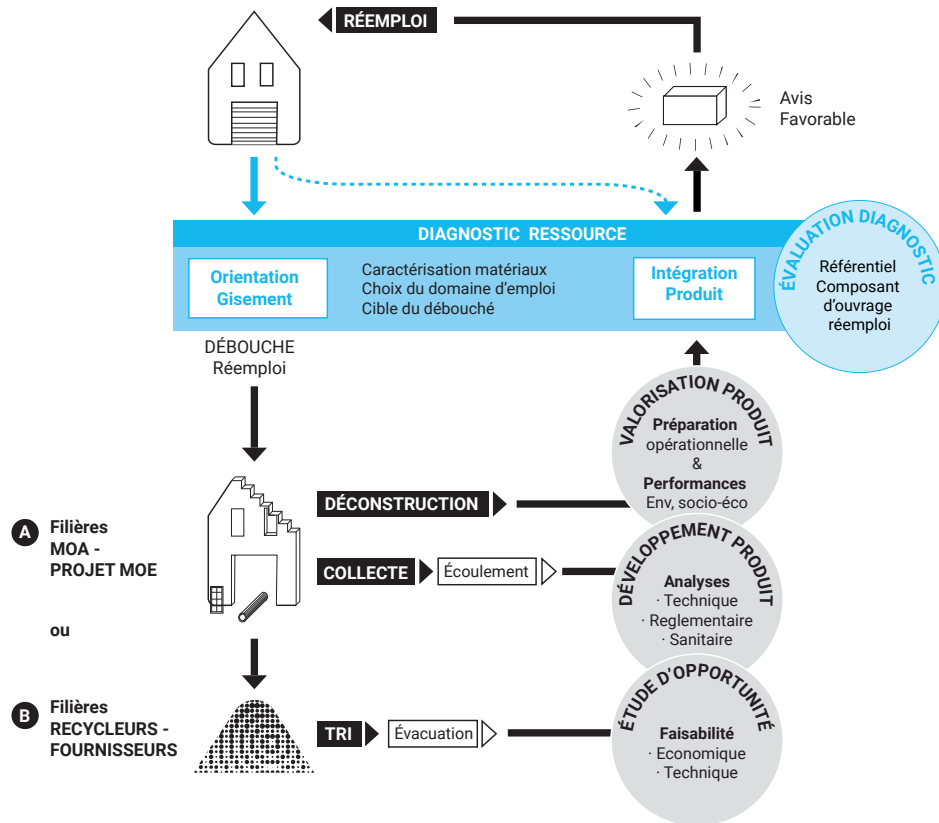
- ✦ **Rendre visible le gisement** : Les plateformes numériques d'échange de **matériaux** se multiplient. Les clients / cibles visés sont les maîtres d'ouvrage et les constructeurs. Pour favoriser leur succès, des services de fiabilisation et de garantie des matériaux doivent être proposés, avec des indicateurs environnementaux et économiques pour juger de l'intérêt de l'usage d'un matériau en fonction du besoin.
- ✦ **Fournir le produit** : la chaîne de stockage et de fourniture du produit de réemploi va s'organiser. Des études d'opportunités sont à monter par les entreprises, et d'autres sont déjà fonctionnelles. C'est le cas du réemploi de bois de fenêtres chez Emmaüs, de briques chez Recyclobat, de matériaux pour l'amélioration de l'habitat dans le cas de précarité énergétique chez Solibat. La filière de recyclage, avec son syndicat SR BTP qui fusionne avec celui des démolisseurs – le SNED, est aussi appelée à se positionner comme le montre la plateforme IMATERIO.

Trois autres perspectives visent à **encourager la demande par une offre lisible et fiable**. Pour cela, des outils de facilitation du dialogue entre les acteurs de la construction sont à penser. **Bellastock propose de développer en ouverture de son programme de recherche ces trois catégories, à partir d'outils sous licence issus de la méthode de REPAR** :

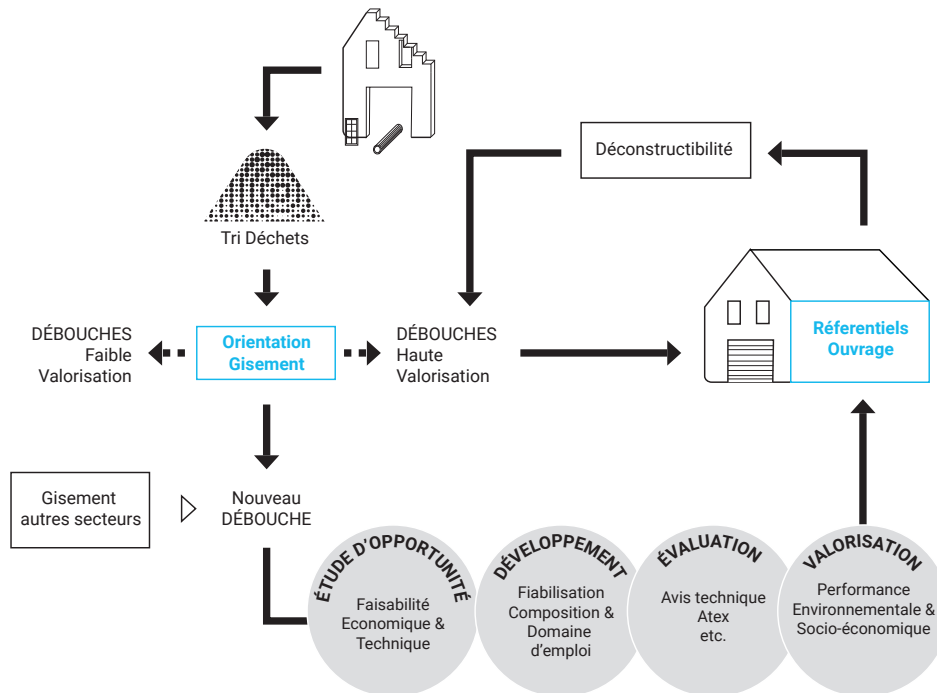
- ✦ **Encadrer le projet** : développer une application de diagnostic ressource puis la coordonner avec des banques de données techniques. En premier lieu, nous pouvons développer un outil de reporting qui optimise la méthode et le temps passé au

diagnostic ressource. Avec une masse critique d'utilisation, celui-ci évoluera en un outil de monitoring, pour capitaliser sur les expériences passées et faciliter leur reproduction. Une base de référentiels techniques et de normes de la construction (actuelles et surtout historiques) pourra y être associée, à alimenter librement. L'idée est de **penser la Déconstruction Numérique**, c'est-à-dire la déconstruction coordonnée à la Maquette Numérique. Tout outil IT (Information Technology) pour faciliter le maquettage numérique (drone ...) est à penser – et déjà en cours de développement (Géoplan, Parrot...).

- + **Comprendre le réemploi : développer un centre de ressources protéiforme pour former, informer et animer un réseau.** Il pourra co-construire des indicateurs de performance technique, environnementale et socio-économique des solutions de réemploi – en lien avec les cibles des labels MOA actuels. Et récolter l'ensemble des informations issues de ces indicateurs pour chaque projet réemploi du réseau. Mais parce qu'il faut aussi voir pour être convaincu, le centre devra essayer des démonstrateurs de logistique urbaine circulaire et une « protothèque » de composants en réemploi. Pour cela on peut penser à doter de nouveaux rôles l'équipement de chantier des grandes opérations urbaines pilotes, qui peut être le siège de ces démonstrateurs au niveau local, pour débattre de façon concrète sur ce que l'on peut faire, avec les freins et les leviers rencontrés.
- + **Fiabiliser l'offre : les expertises techniques pour accompagner le prescripteur et l'industriel.** Un panel d'offres partenariales « économie circulaire » est à monter, et commence à être développé par les membres de REPAR. Les deux figures suivantes illustrent les deux filières d'avenir pour le réemploi de matériaux – l'une à l'initiative du donneur d'ordre et du prescripteur, l'autre à l'initiative de l'opérateur fournisseur de produit de réemploi. Sur chaque figure, les étapes citées font référence aux offres d'accompagnement d'expert : ▶



Les actions d'expertise impulsées par le prescripteur du projet réemploi (aujourd'hui).



Le cycle de valorisation d'éléments de réemploi à destination du secteur du bâtiment (demain) – (source : Bellastock – CSTB)





06

CATALOGUE TECHNIQUE

Le catalogue vise à aller plus loin que ne le permet l'outil diagnostic ressource, qui est un outil de projet. Il a pour objectif d'établir un dialogue technique commun aux acteurs du chantier.

6.1 Fiches techniques

Le catalogue est composé de fiches ressources techniques qui sont des documents génériques ; elles dépassent en ce sens le cadre sur mesure des projets et l'imprévisibilité des gisements et ont été validées par un Bureau de Contrôle.

Tableau de synthèse des fiches techniques :

PROJET DE RÉFÉRENCE	VILLE	INFOS PROJET	N°	LOT DE LA CONSTRUCTION
ZAC - Reconversion de la Caserne Mellinet	Nantes (44)	Partie 04	1	VRD, Gros Œuvre
ZAC - Reconversion de la Caserne Mellinet	Nantes (44)	Partie 04	2	Structure, Agencement Int.
NPNRU - Clos Saint-Lazare	Stains (93)	Partie 04	3	Aménagement Extérieur
Opération privé - Ferme des possible	Stains (93)	Partie 04	4	Aménagement Extérieur
S.O.	S.O.	S.O.	5	VRD
NPNRU - Clos Saint-Lazare	Stains (93)	Partie 04	6	VRD
NPNRU - Clos Saint-Lazare	Stains (93)	Partie 04	7	VRD
NPNRU - Clos Saint-Lazare	Stains (93)	Partie 04	8	Gros Œuvre
NPNRU - Clos Saint-Lazare	Stains (93)	Partie 04	9	Gros Œuvre
Centre de recyclage	Le Havre (76)	Partie 04	10	Gros Œuvre
Laboratoire Actlab	L'Île-Saint-Denis (93)	Partie 01	11	Toiture
Laboratoire Actlab	L'Île-Saint-Denis (93)	Partie 01	12	Façade
Laboratoire Actlab	L'Île-Saint-Denis (93)	Partie 01	13	Façade
Crèche rue de la Justice	Paris (75)	Partie 04	14	Façade

	FICHE TECHNIQUE GÉNÉRIQUE	MATÉRIAU	COMPOSANT D'OUVRAGE
→	Gisement naturel	Pierre naturelle	S.O.
→	Gisement bio-sourcé	Bois de charpente	S.O.
→	Muret	Béton morcelé	Mur de pierres de béton maçonnées
→	Maçonnerie paysagère	Brique	Mur de briques maçonnées
→	Revêtement de sol extérieur	Brique	Sol de brique en pose sèche
→	Revêtement de sol extérieur	Pavé béton	Sol pavé en pose sèche
→	Revêtement de sol extérieur	Pavé béton	Sol pavé en pose scellée
→	Mur	Voile béton recadré	Voile béton
→	Mur porteur	Lamelle sciée de voile béton	Assemblage en lamelles béton
→	Maçonnerie	Brique	Mur en remplissage brique
→	Couverture	Tuile mécanique	Couverture de tuile
→	Façade légère	Ouvrant bois de fenêtre	Façade légère bois et verre
→	Bardage	Huisserie bois déligné	Bardage horizontal et vertical
→	Vêtire	Porte bois	Vêtire en assemblage de panneau bois

Principe d'une fiche technique réemploi :

TITRE MATÉRIAU(X) : ÉLÉMENT / COMPOSANT D'OUVRAGE D'ORIGINE		TITRE MATÉRIAU(X) : ÉLÉMENT / COMPOSANT D'OUVRAGE	
<p>Accès au gisement:</p> <input type="checkbox"/> Surplus fournisseurs <input type="checkbox"/> Erreurs de commande <input type="checkbox"/> Dépose en amont de tout chantier <input type="checkbox"/> Dépose suite à malfaçon ou désordre <input type="checkbox"/> Dépose en phase curage <input type="checkbox"/> Déconstruction <input type="checkbox"/> Abattage sélectif <input type="checkbox"/> Démolition <input type="checkbox"/> Opérations post abattage	<p>photos d'un matériau type + géométraux du produit à obtenir AVANT TRANSFORMATION</p>	<p>Définition du composant d'ouvrage :</p>	<p>photos d'un composant d'ouvrage + géométraux du produit à obtenir APRES TRANSFORMATION</p>
<p>Données matériaux: état d'admissibilité</p> <p>Localisation sur le bâti (accessibilité de l'aire de collecte)</p> <p>Sollicitations environnementale acceptées</p> <p>Sollicitations d'usage acceptées</p> <p>Exigences géométriques attendues</p> <p>Exigences mécaniques attendues (masse volumique, nature surfacique...)</p>		<p>Contexte normatif</p> <input type="checkbox"/> Conception et solidité <input type="checkbox"/> Durabilité <input type="checkbox"/> Étanchéité <input type="checkbox"/> Comportement au feu <input type="checkbox"/> Isolement acoustique <input type="checkbox"/> Préconisations d'usage (ex :UPEC)	
<p>Expertises à associer :</p> <p>Auto-contrôle amont par le diagnostiqueur</p> <p>Auto-contrôle aval par l'entreprise</p> <p>Contrôle in situ par laboratoire portatif</p> <p>Contrôle par BE ou laboratoire indépendant</p>		<p>Spécificités pour l'intégration au projet. Niveau de préparation attendu du produit pour :</p> <p>La fourniture</p> <p>La pose</p> <p>L'assemblage</p>	

Les fiches informent dans un premier temps sur le matériau ou le composant éligible au réemploi. Bien le connaître et le caractériser est essentiel à son réemploi.

- ✦ **Accès au gisement : où le collecte-t-on de façon la plus efficace ?**

 - Il est plus aisé par exemple de collecter sur une réhabilitation thermique en milieu occupé des ouvrants de fenêtre intègres, tandis que les voiles béton se collectent en démolition sélective et le béton morcelé en tri post abattage du bâtiment.
- ✦ **Données matériaux : état d'admissibilité. Quels sont les critères qui permettent de qualifier l'état d'un matériau comme compatible avec son réemploi ?**

 - La localisation sur le bâti corrélée à la méthodologie de dépose de l'entreprise conditionne son accessibilité.

- Les sollicitations environnementales et d'usage ont fait évoluer le matériau dans le temps, et l'anticipation de ces sollicitations à l'époque de la construction a conditionné la formulation et la qualité mécanique et chimique du matériau ou du composant d'ouvrage. Connaître les sollicitations sur un matériau permet donc de fiabiliser les choix de domaines de réemploi sur les aspects de performance technique et de durabilité. Par exemple, sur une barre de logement social coulée en place, un refend béton intérieur ne sera pas ou que très faiblement ferrailé, tandis qu'un pignon en contact avec l'extérieur le sera beaucoup plus. L'enrobage des fers ne sera également pas le même, et la formule du béton aura sans doute varié. Les normes qui encadrent la construction de l'époque comme le contrôle visuel le prouvent bien.
- Les exigences mécaniques et géométriques que l'on demandera au matériau une fois collecté, en fonction de son nouveau domaine d'emploi, doivent être applicables au matériau pressenti. Par exemple, pourrais-je délimiter les huisseries bois de portes coupe-feu pour réaliser un bardage ?

+ Expertises à associer : qu'est-ce que le diagnostiqueur et l'entreprise en charge de la collecte peuvent connaître eux-mêmes, quels sont les essais complémentaires à faire réaliser ?

- Les autocontrôles, par sondage destructif ou non, ou par échantillonnage, doivent être anticipés.
- Les essais à préconiser, pour s'assurer de la conformité du matériau à un point normatif essentiel, doivent également être considérés très en amont – pour des raisons économiques, logistiques, calendaires.
- Les fiches informent dans un second temps sur les spécificités à atteindre pour le domaine d'emploi visé. Ces spécificités atteintes, on pourra qualifier de nouveau le matériau ou composant d'ouvrage de produit de construction.

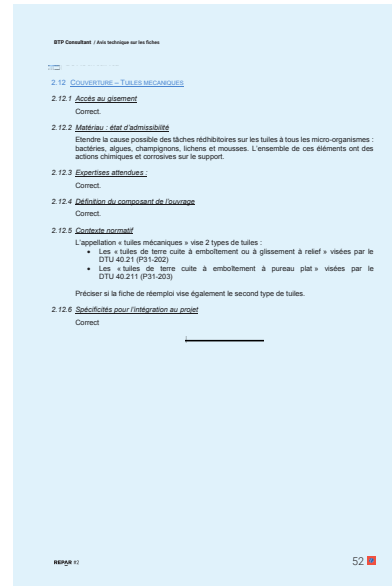
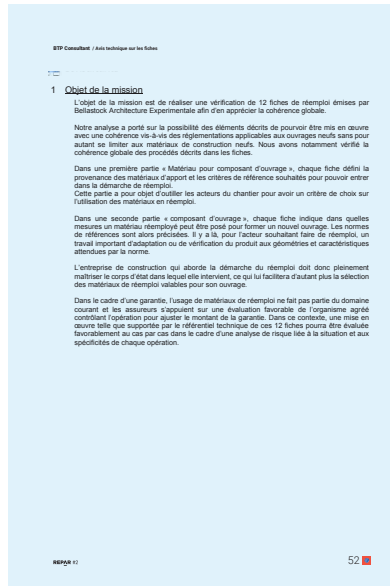
+ Définition du composant d'ouvrage ou du matériau de sortie : comment se nomme-t-il, quel est le domaine d'application envisagé, dans quel lot de la construction le retrouve-t-on ?

+ Contexte normatif : à quelle norme actuelle de la construction se réfère-t-on, en quoi le produit est-il ou non hors norme ?

- Les aspects principaux dont il conviendra de vérifier la conformité à une norme sont de plusieurs types, et dépendent du domaine d'emploi du produit de réemploi.
- Sans exhaustivité, le produit doit répondre à des enjeux de conception et solidité, de durabilité, d'étanchéité, de comportement au feu, d'isolement acoustique, de préconisations d'usage.

+ Spécificités pour l'intégration du produit : à quelles considérations techniques les opérateurs de la filière seront-ils confrontés ?

- Ici sont fixés les attendus et objectifs de résultats concernant la fourniture du produit et ses modalités de pose et d'assemblage.



Évaluation des fiches techniques par BTP Consultants, Bureau de Contrôle.


Fiche 11
COUVERTURE - TUILE MÉCANIQUE

Matériau pour Composant d'Ouvrage : Tuile de couverture pour tuile de couverture

Accès au gisement	Dépose / surplus fournisseur / erreurs de commandes
Matériau - état d'admissibilité	Couverture
Localisation sur le bâti	Gel / dégel, vent, milieu marin
Sollicitations environnementales vécues	Tuiles entières non fissurées
Exigences géométriques attendues	Aucune
Exigences mécaniques attendues (masse volumique, nature surfacique)	Sans objet
Diagnostics autres	Expertises attendues
Autocontrôle amont par le diagnostiqueur	Echantillonnage : Les tuiles ne s'effritent pas lorsque l'on passe la main dessus. Les tuiles ne cassent pas lors du nettoyage. Les tuiles ne sont pas tachées (tâches réductrices sur les tuiles à types micro-organismes : bactéries, algues, champignons, lichens et mousses. Ces éléments ont des actions chimiques et corrosives sur le support)
Autocontrôle aval par l'entreprise	Dito auto-contrôle amont sur chaque élément
Contrôle in situ par laboratoire portatif	Non
Contrôle par BE ou laboratoire indépendant	Non

Photos d'un matériau type

AVANT DÉCONSTRUCTION ET PRÉPARATION



Fiche 11


COUVERTURE - TUILE MÉCANIQUE

Composant d'Ouvrage : Tuile de couverture

Définition du composant d'ouvrage	Ensemble des ouvrages et matériaux de revêtement en tuiles mécaniques qui assurent le "couvert" d'un édifice.
Source dicobot	Contexte normal
DTU de référence	DTU n° 40-21 Couverture en tuiles de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief
Conception et solidité	Par adaptation de la norme NF EN 1304
Durabilité	Par adaptation de la norme NF EN 539-2
Étanchéité à l'eau	Par adaptation de la norme NF EN 539-1
Comportement en situation incendie	Par adaptation de la norme NF EN 1304
Affaissement acoustique	Justification par évaluation acoustique du système
Préconisations d'usage (ex : LUPEC)	Sans objet
Fourniture (préconisations stocks)	Spécificités pour l'intégration au projet
Pose	Stockage sur palettes et hors d'eau
Assemblage	Dito tuiles neuves
	Dito tuiles neuves
	photos d'un composant d'ouvrage à obtenir
	APRÈS PRÉPARATION

photos d'un matériau type

APRÈS PRÉPARATION



Fiche technique du réemploi de tuile en couverture d'un nouvel ouvrage.

6.2 Référentiels techniques

Le catalogue propose également deux référentiels techniques pour le réemploi de béton en sol et en mur. Ils ont été rédigés par le LERM et le CSTB, dans le dialogue et sur la base d'un cahier des charges de Bellastock, qui est applicable à tout autre référentiel réemploi.

Ce principe de référentiel technique devient nécessaire lorsqu'il est constaté qu'un gisement de matériau tel que le béton est largement exploitable en réemploi, pour des composants d'ouvrage précis ; et qu'il faut raisonner « peu importe le gisement, peu importe le projet » pour ouvrir la voie à une dynamisation de la pratique.

Un référentiel technique bien établi et couramment utilisé par la filière peut devenir une recommandation professionnelle du domaine courant, c'est à dire assurable sans surcoût et sans se référer à son assureur.

Cahier des charges d'un référentiel type³:

(Les exemples de la nomenclature se réfèrent au référentiel pour le réemploi de béton en revêtement de sol).

Généralités

• Méthode d'analyse.

• Cible du projet (énoncé des matériaux et des domaines de réemploi visés) :

- + DOMAINE D'EMPLOI. Exemples :
 - Revêtement de sol piéton ;
 - Revêtement sol carrossable ;
 - Revêtement de sol sur étanchéité ;
 - Revêtement de sol intérieur.
- + GISEMENT. Exemples :
 - Type de béton :
 - Béton de voiles ferrailé ;
 - Béton de voiles non ferrailé ;
 - Béton de chape de compression.
 - Dates clef des gisements exploitables.
- + MISE EN ŒUVRE. Exemples :
 - Pose sèche ;
 - Pose collée ou scellée.

• Principaux documents normatifs consultés.

• Optionnel : Si le référentiel peut être adapté au cas d'autres matériaux, le préciser et annoncer la liste prévisible des recommandations complémentaires à apporter.

Exemple : transfert possible du référentiel réemploi de béton en sol à un référentiel réemploi de briques en sol. Précisions complémentaires à obtenir :

- Type de mortier de scellement d'origine qui facilite la dépose de briques ;
- Contrôle de la porosité de la brique ;
- Etc.

³ Nous invitons le lecteur à lire ce cahier des charges en parallèle des deux référentiels béton. Ces référentiels illustrent le principe de nomenclature proposé ici, et montrent comment celui-ci a été adapté à deux situations concrètes.

Caractérisation du gisement (Diagnostic des performances du gisement)

• Décrire tous les moyens à mettre en œuvre, notamment :

- + Lors de l'investigation documentaire ;
- + Lors de la reconnaissance in situ et du sondage non destructif / destructif.

- **Resserrer le champ du / des gisements exploitables en fonction du domaine d'emploi pressenti :**
 - ✦ Préciser le contexte patrimonial de prédilection. Exemple : à telle époque de construction dans ces programmes, le béton des refends intérieurs est apte à tel ré-usage ;
 - ✦ Préciser par domaine d'emploi les autocontrôles à la charge de l'entreprise qui collecte ;
 - ✦ Préciser par domaine d'emploi les essais sur place ou en laboratoire si nécessaire (nombre par aire) ;
 - ✦ Préciser tout autre moyen et technologie à mobiliser pour caractériser le gisement simplement.

Choix du domaine d'emploi

- **Contexte réglementaire et normatif par domaine d'emploi.**
- **Définition des critères de choix des matériaux en fonction de l'usage et du mode de pose :**
 - ✦ Parmi les performances et caractéristiques du gisement établies au diagnostic :
 - Exigences géométriques, mécaniques, chimiques... ;
 - Caractérisation des contrôles à réaliser au fil de l'eau.
 - Comparer les attendus avec un couple matériau-emploi normé et équivalent ;
 - Fiabiliser le protocole : objectifs de traçabilité.
- **Établissement d'un arbre de décision pour arbitrer le plus en amont possible sur les choix à trancher par la MOA et la MOE :**
 - ✦ C'est un organigramme qui montre toutes les étapes de vérification d'un matériau pour le rendre fiable dans chacun de ses nouveaux domaines d'emploi possibles.
 - ✦ A l'étape de l'investigation documentaire, puis à celle de la visite de site, et enfin à celles des expertises et essais complémentaires, on identifie les actions à prévoir et les conditions d'acceptabilité d'un réemploi.
 - ✦ La MOA utilise l'arbre pour appréhender le niveau de complexité de chaque solution de réemploi/réutilisation pour un même gisement, et faire son choix.

L'opérationnel par domaine d'emploi

- **Objectif : Définition des précautions minimales d'exécution des ouvrages :**
 - Matériau de réemploi (descriptifs et dessins techniques du produit à obtenir) ;
 - Intégration au nouvel ouvrage (descriptifs et dessins techniques des composants assemblés dans l'ouvrage à obtenir).
- **Attendus par phase et moyens, méthode et techniques mobilisées :** Définition des méthodes de traitement réalisables avant la livraison (béton et armatures métalliques), de dimensionnement et de conditionnement des matériaux.
 - Collecte ;
 - Transport, Manutention et stockage ;
 - Préparation des éléments collectés au réemploi ;
 - Phase de mise en œuvre ;
 - Traitements de finition ;
 - Entretien et maintenance.
- **Traçabilité des éléments** (étiquette produit).

Attendus 1 : limiter les surcoûts d'expertise :

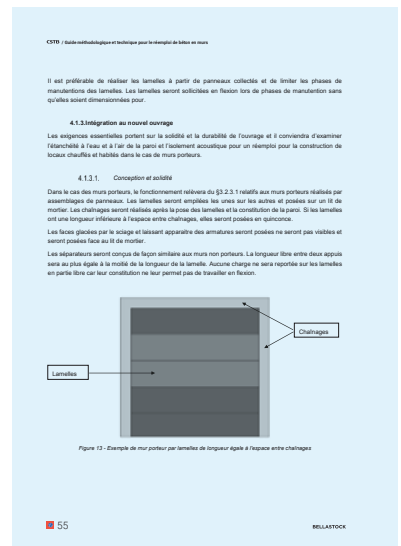
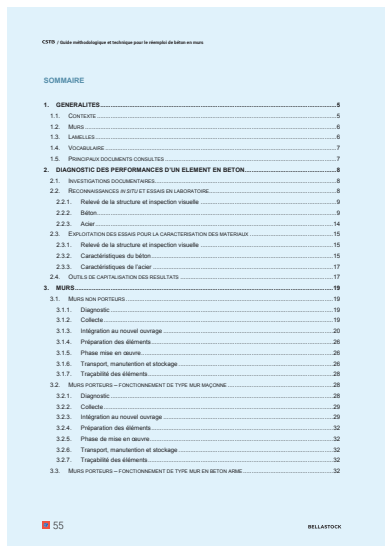
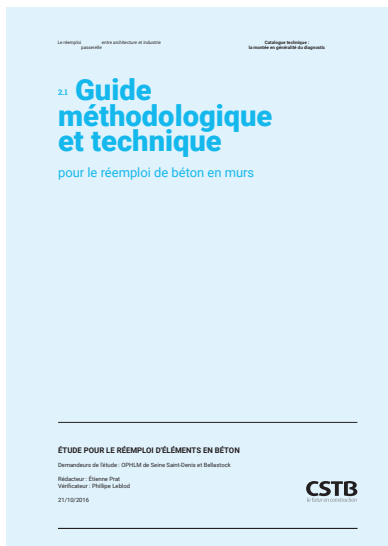
- **Déduire les caractéristiques par défaut de la matière ;**
- **Justifier des bornes les plus larges possible au gisement** (à partir d'une analyse non destructive de la matière, dépouille d'archives ...) ;
- **Préciser les attendus en termes de collecte et premier stockage** et leurs impacts (augmentation des temps de tri, des temps piéton...).

Attendus 2 : Aider aux arbitrages sur le domaine d'emploi :

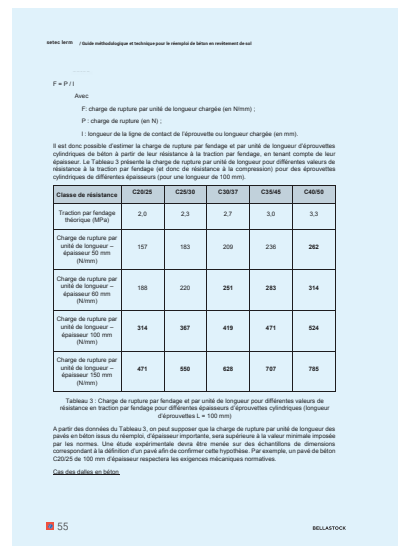
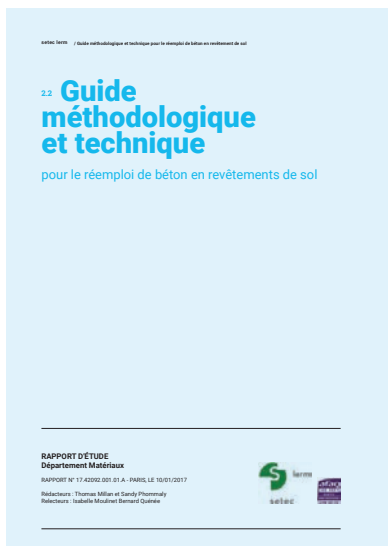
- Définir une grille analytique du matériau qui croise les caractéristiques initiales de la matière et le domaine d'emploi associé ;
- Définir des méthodes de pose conformes aux règles en vigueur ;
- Définir des exigences géométriques des matériaux en fonction de l'usage.

Attendus 3 : Proposer un cadre reproductible :

- Relever les textes réglementaires et normatifs de référence à l'époque de la fabrication du produit et aujourd'hui ;
- Limiter les tests en laboratoire indépendant ;
- Identifier à chaque étape les autocontrôles nécessaires ;
- Proposer des méthodes de traitement de la matière qui la stabilisent et la fiabilisent dans le temps ;
- Associer un contrôleur technique à la démarche pour faciliter la validation du cahier des charges et apporter les interrogations pragmatiques du contrôle technique ;
- Proposer une répartition claire des rôles et responsabilités des parties prenantes.



Extrait du référentiel technique pour le réemploi de béton en mur. CSTB/Bellstock. Disponible dans le rapport complet.



Extrait du référentiel technique pour le réemploi de béton en sol. LERM/Bellstock. Disponible dans le rapport complet.





07

ANALYSE ÉCONOMIQUE

La méthodologie d'analyse économique de l'utilisation de matériaux réemployés dans la construction vise deux objectifs :

1. Apprécier l'impact du réemploi sur le coût global d'un projet de déconstruction / reconstruction ;
2. Évaluer les impacts d'un projet sur les emplois, les filières et les compétences locales.

Le calcul du coût du réemploi sur l'économie globale d'un projet de déconstruction repose sur une comparaison des coûts du réemploi de composants d'ouvrage à ceux d'une approche classique (projet de démolition qui conduit à une mise en décharge et à l'achat de matériaux neufs ou recyclés). Le réemploi est décomposé en quatre phases techniques élémentaires :

1. Études en amont de l'opération : programmation, avant-projet, préparation du DCE ;
2. Déconstruction : de la dépose au tri des éléments existants ;
3. Préparation de la ressource en vue de son réemploi : de l'évacuation à la vérification des performances des produits/matériaux ;
4. Intégration et mise en œuvre des produits/matériaux dans le nouveau projet.

Ces quatre phases sont synthétisées dans le tableau infra. Cette représentation se veut exhaustive sur le recensement des étapes. Lors de la réalisation de chantiers intégrant du réemploi, il est très probable que l'ensemble de ces étapes ne soient pas impactées. Par exemple si la récupération des éléments en vue de leur réemploi n'intervient que dans la phase de curage ou si le chantier de déconstruction, le lieu de stockage et le chantier de construction sont identiques. Une fois les gains/coûts directs du réemploi calculés, les effets indirects et notamment les besoins en matière de compétences et de formation et les emplois créés sont intégrés.

Cette méthodologie générique est aussi un guide pour la maîtrise d'ouvrage dans le suivi des réponses aux appels d'offres apportées par les entreprises de démolition. Elle permet de mieux anticiper les risques liés à un projet de déconstruction, d'évaluer les coûts annoncés par les entreprises et d'établir un suivi de l'avancement d'un chantier. Elle rappelle notamment que pour limiter les risques de délais de chantier, il convient d'intégrer dès la phase d'appel d'offres des critères de gestion des déchets (des points sont alors accordés pour le réemploi et le recyclage).

Par ailleurs, la décomposition fine des différents postes permet d'identifier l'impact économique pour chaque acteur de la chaîne de valeur.

Tableau de synthèse des étapes impactées par le réemploi de matériaux

ÉTAPE	SOUS-ÉTAPE	LIEU	TÂCHES spécifiques à un projet de déconstruction (réemploi) et conséquences économiques
Études en amont de l'opération	Programmation de l'opération		Adaptation des pièces contractuelles (DCE et DPGF notamment)
	Analyse approfondie du potentiel de réemploi du bâtiment (diagnostic ressources)	Chantier de déconstruction	Temps pour identifier finement les gisements potentiels et les méthodes de dépose associées
Déconstruction / Démolition / Réhabilitation / Rénovation	Purge	Chantier de déconstruction	Aucun
	Désamiantage	Chantier de déconstruction	Aucun
	Dépose et curage	Chantier de déconstruction	Dépose plus soignée. Potentiel recourt à une main d'œuvre plus nombreuse et/ou plus qualifiée et/ou des moyens techniques supplémentaires
	Abattage	Chantier de déconstruction	Abattage plus soigné (ex : moins destructif). Potentiel recourt à une main d'œuvre plus nombreuse et/ou plus qualifiée et/ou des moyens techniques supplémentaires
	Tri	Chantier de déconstruction	Isolement des matériaux réemployables
Préparation de la ressource en vue de son réemploi	Évacuation	Chantier de déconstruction et lieu de stockage	Distance entre le chantier et le lieu de stockage des matériaux de réemploi (et non le centre de valorisation/le site d'enfouissement). Gain sur le coût de traitement
	Entreposage	Chantier (de déconstruction, de construction) ou site spécifique	Coût de l'usage et de la protection du site
	Vérification des performances des produits/matériaux	Lieu d'entreposage ou chantier de construction	Largement dépendante du matériau considéré
	Standardisation des matériaux	Lieu d'entreposage	Coût de la remise en conformité des matériaux
	Transport des matériaux vers le site de construction	Lieu d'entreposage et chantier de construction	Distance entre le lieu de stockage et le chantier de construction
Intégration dans le nouveau projet de construction	Intégration des matériaux dans le projet architectural	Pas de lieu précis	Potentiel allongement de la conception
	Achat de matériaux neufs	Entreprise de distribution ou direct fabricants	Pas (ou moins) d'achat de matériaux neufs
	Mise en œuvre des matériaux	Chantier de construction	Mise en œuvre potentiellement plus complexe

7.1 Cas d'études de l'analyse économique

Cette méthodologie est appliquée à deux cas d'études localisés en région parisienne pour différents matériaux :

1. La réalisation de 60 m² de pavages en béton de réemploi issus de la déconstruction d'un immeuble de logements sociaux construit en 1959, avec une structure en béton ;
2. Le réemploi de briques issues du chantier de déconstruction de la partie Nord de l'ancienne usine de Babcock, située à La Courneuve, pour la réalisation d'une arène extérieure.

Dans les deux cas, les externalités environnementales n'ont pas été quantifiées.

Les données nécessaires à l'analyse ont été fournies par les différents partenaires des projets : Halage et Bellastock pour le réemploi de briques, Seine-Saint-Denis Habitat et Bellastock pour la réutilisation de murs béton.

7.2 Application de la méthodologie au cas d'étude « pavage béton »

Le contexte : Ce cas concerne la réalisation de 60 m² de pavages en béton de réemploi issus de la déconstruction d'un immeuble de logements sociaux construit en 1959, avec une structure en béton. Les dalles réemployées dans le présent chantier, proviennent des murs de cloisonnement du bâtiment ayant une épaisseur de 8cm. Le réemploi est comparé à une évacuation par camion suivie d'un enfouissement des matériaux, de la mise en œuvre de pavés béton neufs posés sur un lit de sable.

L'organisation du projet de réemploi : En amont de l'opération de réemploi, un diagnostic ressources a été mené afin de caractériser les gisements potentiels de matière. Puis, en phase d'abattage, le morcellement des murs en pavés de béton a été réalisé par l'entreprise de déconstruction à l'aide d'un brise roche hydraulique pendant une demi-journée. Les 70 m² de pavage nécessaires à la réalisation du projet ont ensuite été conditionnés et stockés sur le site de réemploi (distant de 400m du site de déconstruction). A l'inverse, l'évacuation des matériaux s'appuyait sur un site distant de 20 km. Enfin, la pose de pavage en réemploi d'éléments béton n'a pas requis de moyens techniques spécifiques pour la mise en œuvre.

L'analyse financière montre que le réemploi d'éléments béton dans une structure de cheminement piéton génère sur ce projet une économie de l'ordre de 10 € HT/m² pour le maître d'ouvrage, avec un niveau de finition équivalent. De nombreuses pistes d'amélioration ont été identifiées en cours de projet et pourraient amener à une amélioration de la compétitivité de cette filière.

Coût des étapes supplémentaires par m ²	Prix	Coût des étapes évitées par m ²	Prix
Diagnostic réemploi	0,7€	Traitement des matériaux (évacuation de la matière après démolition)	15,2€
Abattage sélectif	8,8€	Achat de matériaux neufs (yc transport)	20,0€
Transport vers site d'utilisation	0,4€		
Transformation / préparation de la matière	14,2€		
Intégration dans le projet architectural	1,2€		
TOTAL procédé constructif en « réemploi »	25,2€	TOTAL procédé constructif en classique	35,2€
RÉSULTATS - Économie générée par le réemploi (en € / m²)			-10€

L'impact sur l'emploi a aussi été apprécié pour chacun des postes de dépense lié aux spécificités du réemploi. Il s'est limité à 3,9 jours de travail pour 100 m² de pavage. Néanmoins, une optimisation du procédé et un recours accru à une main d'œuvre locale en insertion professionnelle auraient pu valoriser davantage l'impact sur l'emploi. L'optimisation du process technique à toutes les étapes (déconstruction / préparation / réemploi) offre des pistes d'amélioration à cette filière encore peu organisée.

7.3 Application de la méthodologie au cas d'études des briques

Le contexte : Le chantier de déconstruction concerne une ancienne usine occupant une surface d'environ 5 000 m² et située à La Courneuve. Les briques issues de ce chantier alimentent la construction d'une arène située à Stains, à une distance de 5 km.

L'organisation du projet de réemploi : Le diagnostic ressources a conduit à caractériser les gisements et à identifier les méthodes de dépose les plus appropriées. A l'issue de la phase d'abattage menée de façon traditionnelle, un tri par criblage mécanique a été conduit sur le chantier de déconstruction. La cribreuse utilisée pendant un jour a permis de traiter 450 m³ de briques et séparer les matériaux à plus fort potentiel. Les briques transportées par camion sur le site de construction (trois allers et retours en camion ont été nécessaires) ont ensuite fait l'objet d'une seconde phase de tri manuel plus fine pour leur mise en œuvre. Cette étape a été réalisée dans le cadre d'un chantier école par 12 personnes en insertion. Par ailleurs, un tapi monobloc a été mobilisé pendant cinq jours pour faciliter la manutention des briques. Le taux de valorisation des briques à l'issue des deux phases de tri a été d'environ 25%. Enfin, l'opération de construction de l'ouvrage en briques réemployées s'est appuyée sur un chantier d'insertion. Si le processus de réemploi n'avait pas été mis en place, les briques auraient été achetées au coût de 0,68 € HT pièce, dans une briqueterie située à 60 kilomètres du site de construction. Quant au site de traitement des briques évacuées, il était distant de 40 km.

L'analyse financière montre que le coût d'utilisation d'une brique en réemploi a été d'environ 1,4 € contre environ 0,9 € pour une brique neuve. 90% du coût lié à la brique de réemploi vient de l'étape de transformation des matériaux sur site (tri, nettoyage, moyens techniques, formation, supervision).

RÉEMPLOI	
Coût unitaire d'une brique	0,79€ HT
Emploi (jours) pour 10 000 briques	132

NEUF (rappel)	
Coût unitaire d'une brique	0,90€ HT

L'impact sur l'emploi de cette transformation des matériaux a été en revanche très marqué.

BRIQUES RÉEMPLOYÉES	
	Jours / 10 000 briques
Études amont	<1
Tri mécanique	<1
Transformation des matériaux	210
TOTAL	211

Un scénario alternatif basé sur une optimisation liée à l'apprentissage et l'expérience a été examiné (le temps de tri sur chantier et d'utilisation des moyens techniques est réduit de 30% et l'encadrement sur chantier est divisé par 2). Pour 10 000 briques, le coût unitaire d'une brique de réemploi est alors de **0,8 € HT**. En revanche, l'optimisation conduit aussi à une baisse du nombre d'emplois (jours) créés qui passe à environ **130**. La solution de réemploi devient alors plus compétitive.

08

L'INDICATEUR RESSOURCE

8.1 Méthodologie

La méthodologie qui fonde l'indicateur ressource permet :

- Une comparaison des impacts environnementaux entre les solutions réemploi, MPS et matériau neuf ;
- Une utilisation facilitée par l'accessibilité des données et leur manipulation ;
- La gestion de la complexité inhérente au système analysé.

Le choix a été fait de modéliser la filière à partir de ces étapes :

- Collecte
- Tri
- Conditionnement et stockage
- Préparation en vue du réemploi
- Projet de construction / rénovation

Pour calculer l'indicateur ressource, l'ensemble des impacts environnementaux sont mesurés et rapportés au m² ou à la tonne de matériaux / composants d'ouvrage réemployés ou prêts au réemploi, comme le tableau suivant l'indique :

Principe de calcul de l'indicateur ressource :

Étapes des filières	RÉEMPLOI		MPS		NEUF	
	x	impact CO2e	impact MJ	impact CO2e	impact MJ	impact CO2e
x						
x						
x						
x						
x						
Résultat / indicateur ressource	CO2e/m ²	MJ/m ²	CO2e/m ²	MJ /m ²	CO2e/m ²	MJ /m ²

Afin d'assurer la compatibilité de l'indicateur ressource avec les ACV, les indicateurs environnementaux qui composent celui-ci ont été choisis à partir de la taxonomie des impacts environnementaux présents dans les ACV. Cependant, les ACV donnent comme résultats un nombre important d'impacts environnementaux, or l'objectif de l'indicateur ressource est d'offrir un résultat simple. C'est pourquoi nous avons choisi de le centrer sur deux indicateurs environnementaux, l'équivalent dioxyde de carbone (équivalent CO2) et l'équivalent Méga Joules (MJ), en cohérence avec de nombreuses études d'impacts environnementaux qui, pour faciliter la prise de décision dans le secteur économique, se concentrent sur un faible nombre d'impacts (Svensson, 2005). Ces deux indicateurs, émissions atmosphériques d'un côté et consommation d'énergie de l'autre, font partie des indicateurs environnementaux les plus utilisés.

Pour chaque impact environnemental, on rapporte les outils, matériaux ou transports utilisés au volume concerné et à deux facteurs d'impact environnemental :

- FE : facteur d'émission en équivalent CO₂, se rapportant à l'impact d'émissions atmosphériques
- FMJ : facteur de conversion des combustibles et carburants en Mega Joule, se rapportant à l'impact de consommation énergétique

⁴ Des exemples pour le remplissage des tableaux sont explicités tout au long du rapport complet.

À la fin du calcul, les impacts en équivalent CO₂ et MJ sont rapportés au m² ou m³ de matériau de réemploi, recyclé ou neuf⁴.

Méthode de calcul de l'indicateur ressource, filière réemploi :

ETAPE	SOUS-ÉTAPES	MOYENS MIS EN ŒUVRE
Collecte (exemples)	Dépose des éléments structurels et non structurels	Transport, manutention et amortissement des outils mécaniques lourds et légers
Tri	Tri	Transport, manutention et amortissement des outils mécaniques lourds et légers
		Transport des matériaux de réemploi (dont consommables)
		Évacuation des déchets
Conditionnement et stockage	Manutention pour l'installation du site de stockage	Installation du site de conditionnement et stockage (dont consommables)
		Transport, manutention et amortissement des outils mécaniques lourds et légers
	Manutention des matériaux de réemploi	Transport, manutention et amortissement des outils mécaniques lourds et légers
Préparation en vue du réemploi	Transport vers le site de stockage	Transport des matériaux de réemploi (dont consommables)
	Manutention des matériaux / composants d'ouvrage	Transport, manutention et amortissement des outils mécaniques lourds et légers
		Transport, manutention et amortissement des outils mécaniques lourds et légers
	Évacuation des déchets	
Projet de construction / rénovation	Transport vers le site de construction / rénovation	Transport des matériaux de réemploi (dont consommables)
	Mise en œuvre des matériaux de réemploi	Matériaux neufs connexes nécessaires à la mise en œuvre
		Transport, manutention et amortissement des outils mécaniques lourds et légers

Chaque moyen mis en œuvre (et chaque étape de sa mise en œuvre) est relié à un calcul à effectuer. Ainsi remplir un tel tableau implique-t-il de rassembler les données tout au long du chantier, de la collecte au projet de construction. Les données à collecter sont :

- Distance entre les sites de stockage et les sites de chantier, de tri, de stockage, de préparation en vue du réemploi et de construction des matériaux de réemploi ;
- Caractéristiques techniques des engins de chantiers : poids, puissance moteur en kW, et durée de vie totale (5 ans pour les outils légers, 12 ans pour les outils lourds) ;
- Heures ou jours d'utilisation des outils légers et lourds.

S'ajoutent à ces données spécifiques aux chantiers des données à extraire de la base GES ADEME

- Facteur d'émissions (FE) en CO₂e par km selon le type de transport ;
- Consommation d'essence par km selon le type de transport (en l/km ou en litre/tonne.km).

Ainsi que des données à extraire de la base INIES (et KBOB le cas échéant) :

- Caractéristiques techniques des consommables : consommation des ressources abiotiques en MJ, émissions atmosphériques en CO₂e ;
- Caractéristiques techniques des matériaux annexes : consommation des ressources abiotiques en MJ, émissions atmosphériques en CO₂e.

Par ailleurs, le calcul des impacts environnementaux nécessite l'utilisation de facteurs de conversion en CO₂e et en MJ, facteurs de conversion que l'on trouvera dans le tableau suivant :

Facteurs de conversion en MJ et facteur d'émissions de CO₂e génériques –
(source ATEE : Association Technique Environnement Énergie).

FACTEUR DE CONVERSION EN MJ	FACTEUR	SOURCE DE LA DONNÉE
Conversion en MJ de l'essence utilisée dans les transports	32,657	ATEE
Conversion des kWh pour la manutention des outils	3,6	ATEE
Facteur d'émissions de CO ₂ e		
FE du kWh de gazole	0,322	GES ADEME

8.2 Application sur le réemploi de voiles béton (cf référentiel technique)

Dans un cadre où le réemploi de voiles béton est massifié, nous proposons un cas théorique fondé sur les hypothèses suivantes :

- Récupération de 1 000 m² de voiles béton, soit environ 180 voiles de dimensions équivalentes au cas d'étude, soit 162 mètres cube (pour un poids total de 372 tonnes), avec 10 % de déchets lors des différentes étapes ;
- Utilisation des engins de chantier disponibles lors de la déconstruction / démolition ;
- Branchement électrique des engins et outils pour la préparation en vue du réemploi ;
- Pas de matériau annexe utilisé pour la construction.

Le calcul de l'indicateur ressource pour un tel cas donne le résultat suivant :

ÉTAPES	UNITÉ	RÉSULTAT
Collecte	MJ	1 944,00
	kg CO2e	173,89
Tri	MJ	0,00
	kg CO2e	0,00
Conditionnement et stockage	MJ	12 441,60
	kg CO2e	1 112,87
Préparation	MJ	46 536,47
	kg CO2e	4 073,43
Construction	MJ	28 186,37
	kg CO2e	712,26

TOTAL TOUTES ÉTAPES	MJ	89 108,44
	kg CO2e	6 072,45
TOTAL TOUTES ÉTAPES	MJ / m ²	89,11
	kg CO2e / m ²	6,07

À titre de comparaison en termes de m² de matériaux, nous obtenons avec le cas théorique les résultats suivants :

MATÉRIAU (1M ²)	MJ	kg CO2e
Voile béton réemploi 16 cm d'épaisseur (cas d'étude)	117,04	10,49
Voile béton réemploi 16 cm d'épaisseur (cas théorique)	89,11	6,07
Mur extérieur béton armé 18 cm d'épaisseur (donnée disponible sur la base Iniès)	343,00	49,00

Comparaison entre 1m² de voile béton de réemploi et 1m² de béton neuf – cas théorique et cas d'étude (le projet de réemploi de voile béton au Clos Saint-Lazare à Stains – non détaillé ici).

On constate que l'hypothèse d'une montée en puissance du réemploi permet une réduction significative de la consommation d'énergie en MJ (117,04 MJ par m² pour le cas d'étude contre 89,11 pour le cas théorique) et d'émissions atmosphériques (10,49 CO₂e par m² pour le cas d'étude contre 6,07 pour le cas théorique). On observe ainsi que la montée en puissance du réemploi s'accompagne de solutions techniques constructives nécessitant d'une part moins de sciage des voiles béton, et d'autre part moins de manutention lors de la construction, ce qui contribue largement à réduire les impacts environnementaux. Deux autres pistes de réduction des impacts environnementaux associés au réemploi de voiles béton peuvent être l'adaptation des engins utilisés, notamment en terme de puissance, et surtout la mise en œuvre des opérations de stockage, conditionnement, tri et préparation au réemploi sur le site de déconstruction ou de construction afin d'éviter des transports supplémentaires.





09

FOIRE AUX QUESTIONS

Le réemploi est-il hors la loi ?

- ✦ Le réemploi tel qu'il est admis ici englobe la réutilisation, qui réglementairement place l'élément collecté dans un statut déchet. Or nous considérons ne travailler qu'à partir de produits de construction, avec une garantie produit – et non une responsabilité déchet.
 - Il existe des outils pressentis pour décaler la frontière Produit/Déchet et travailler de la même manière le réemploi et la réutilisation. Le « Permis de Faire » est une opportunité.
 - **Le contrat de cession d'un produit entre Maîtrises d'Ouvrage** peut encadrer les conditions de transfert, de ré-usage et de déplacement de site du réemploi. C'est un bon outil pour répondre aux craintes réglementaires qui justifieraient un classement en statut déchet de la réutilisation – en développant des arguments de traçabilité et de fiabilité.
- ✦ Le marquage CE, autre frein réglementaire, n'est pas nécessaire si on ne met pas un produit sur le marché, ou si un produit est fabriqué in situ - sur le chantier. Des études (Rotor, 2017) montrent même que le marquage CE n'est pas obligatoire dans le cadre d'une mise sur le marché.
 - En l'absence de filière structurée aujourd'hui, le réemploi est d'abord l'affaire d'une entente avec la ou les Maîtrises d'Ouvrage, il n'est donc pas encore question de marché.

Le réemploi est-il hors norme ?

- ✦ Le principe d'une norme technique, ou d'une évaluation technique, est de présenter les caractéristiques d'un produit en fonction de son domaine d'emploi, et les conditions de sa mise en œuvre. L'élément de réemploi va devoir apporter les preuves de sa compatibilité avec l'usage qui en est souhaité.
 - La norme technique n'est pas obligatoire mais elle est le cadre défini entre l'organisme évaluateur (ex : le CSTB) et l'industriel, et ce cadre conditionne l'assurabilité du produit et du principe constructif.
 - **Le diagnostic ressource est l'outil technique clef** qui permet de fiabiliser un matériau en fonction d'un domaine d'emploi et d'un cadre logistique, avant toute première opération de collecte. Il reprend les codes de l'évaluation technique. Il est alors possible de travailler avec un produit non standard, identifié comme une technique de construction Non Traditionnelle par le CSTB, donc « hors norme ».
- ✦ Il sera ensuite nécessaire de se rapprocher de son assurance maîtrise d'ouvrage très en amont, qui peut, compte tenu de ces considérations, classer sans surprime le réemploi, en tant que domaine Non Courant ou domaine Courant de la construction (classement Agence Qualité Construction, Commission Prévention Produit).
 - Rappelons que l'architecte est assuré pour toutes les techniques Non Courantes de la construction dans la plupart des contrats.
 - L'entreprise pourra se doter d'un Bureau d'études intégré à son marché pour l'expertise réemploi, ce qui lui permettra de dialoguer avec son assurance.

Le réemploi **dépasse-t-il** les bornes de la mission de la MOA ?

- + Grâce au réemploi, ou du moins au diagnostic ressource, la Maîtrise d'Ouvrage gagne une vision élargie sur la filière d'évacuation de déchets et de fourniture de matériaux de construction.
 - Elle peut en maîtriser certains coûts cachés.
 - Elle fait bénéficier le territoire d'externalités positives (emplois locaux, montée en compétences d'acteurs économiques, rayonnement d'une spécificité locale, appréciation du chantier par les riverains...)
- + Dans le même temps les labels et référentiels environnementaux intègrent aujourd'hui une dimension post carbone et une dimension de management circulaire en plus des attentions énergétiques sur le bâtiment.
 - Il y a un vrai défi organisationnel nouveau pour monter un projet circulaire et notifier au bon moment tous les acteurs de la filière (MOA, MOE, Entreprises - collecte, transformation, stockage, transport, mise en œuvre).
 - Il y a aussi un défi foncier et logistique car en conservant la main sur la matière, la MOA doit préconiser dans ses contrats, ou proposer en direct, un terrain de stockage et y organiser le re-travail de la matière.
- + Ces défis participent sans aucun doute à opérer la transition écologique, décrite au sens de l'actualité réglementaire et des labels, dans les programmes du Bâtiment.

Le réemploi est-il **rentable** ?

- + Faire des économies sur un projet avec le réemploi ne peut pas être, à l'heure actuelle, l'unique angle d'attaque.
- L'idée est d'arriver à minima à proposer une solution à coût équivalent à un produit neuf identique ;
 - Mais la MOA a une grande visibilité sur la répartition de la valeur générée par le réemploi tout au long de la filière ; il faut insister sur ce point.
 - Et il peut valoriser des externalités intéressantes pour le territoire par la montée en puissance de certains métiers ou compétences.

Comment se **forme-t-on** ?

- + La visibilité de la mine urbaine et la logique de projet intégrant du réemploi n'est pas assez partagée.
 - Les solutions pour garantir la circulation des informations propices au réemploi résident dans l'acculturation des acteurs de la construction. Un programme de formation à partir des acquis de REPAR est déjà opérationnel (élaboré par Bellastock), pour les MOA, MOE et les entreprises actrices de l'ESS.
 - La montée en compétence des maîtrises d'ouvrage et d'œuvre peut être accompagnée par un expert réemploi, en charge du diagnostic notamment.
 - Le réemploi impliquant une plus grande présence de matériaux en transformation sur le territoire, il faut encourager une sensibilisation des habitants, des usagers et plus globalement de la collectivité.
- + Le principe de chantier ouvert est un bon outil pour accueillir dans des temps donnés grands publics et professionnels de la construction.
 - Un équipement de chantier innovant est une solution pertinente pour proposer une permanence architecturale, à même de faire vivre un chantier comme un morceau de ville appropriable, autour de la thématique du réemploi, avec des démonstrateurs de réemploi.
 - La mutualisation de services entre chantiers est aussi un facteur de synergie territoriale stimulant. On pourra y retrouver des espaces de gestion de stocks de matériaux de réemploi massifiés, et des espaces de formation et d'information dédiés.





BELLASTOCK en bref

Bellastock est une association d'architecture expérimentale, qui œuvre pour la valorisation des lieux et de leurs ressources. L'association conçoit, prescrit, bâtit et occupe des lieux de vie sobres en ressources matérielles, riches en ressources humaines. Elle initie des projets ambitieux, écologiques et solidaires, et propose des alternatives à l'acte traditionnel de construire.

Bellastock organise le réemploi en architecture, préfigure les transformations territoriales et urbaines. Ses démonstrateurs d'architectures circulaires font l'objet de programmes de recherche technique et culturelle, nationaux et européens. Pour cela, Bellastock a co-animé un groupe pour la Stratégie Nationale de l'Architecture, notamment pour l'article et le Décret 88 de la loi LCAP, dit Permis de Faire ; et 6 de ses membres coordinateurs sont Chevaliers des Arts et des Lettres.

Forte de ses expériences, l'association conseille en stratégie territoriale de la transition et réalise des diagnostics ressource pour de grands groupes de maîtrise d'ouvrage, publics et privés. La structure a plus de 50 références réemploi en tant qu'AMO et MOE. Elle se fait l'interlocuteur unique d'une équipe d'experts aux compétences multiples pour fiabiliser un lot réemploi sur les plans architectural, technique, économique, environnemental.

Bellastock a publié en 2018 les résultats du second volet du programme de recherche REPAR (Ademe, Déchets&BTP 2014) : le Réemploi comme Passerelle entre ARchitecture et industrie.

CSTB en bref

Établissement public à caractère industriel et commercial, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, a pour mission de garantir la qualité et la sécurité des bâtiments, et d'accompagner l'innovation de l'idée au marché.

Le CSTB rassemble des compétences pluridisciplinaires pour développer et partager les connaissances scientifiques et techniques déterminantes et pour apporter aux acteurs les réponses qu'ils attendent dans leur pratique professionnelle.

Le CSTB exerce pour cela, 5 activités clés : la recherche et expertise, l'évaluation, les essais, la certification et la diffusion des connaissances. Son champ de compétences couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans le quartier et la ville.

L'ADEME en bref

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale.

L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



REPAR

REPAR, le programme de Recherche & Expertise sur le réemploi en architecture piloté par Bellastock, touche à sa fin.

Entre 2014 et 2018, REPAR #2, deuxième volet du programme, a permis d'impliquer les acteurs de la construction dans l'un des grands enjeux de la transition écologique : inscrire la fabrique de la ville au cœur d'une nouvelle dynamique d'économie circulaire. A l'avant-garde des projets urbains et architecturaux, Bellastock a produit et expertisé plusieurs dizaines de références réemploi, avec l'appui de son partenaire le CSTB et la contribution de nombreux maîtres d'ouvrages, praticiens, évaluateurs techniques et chercheurs (Seine-Saint-Denis Habitat, Encore Heureux, BTP Consultants, le CREIDD, le LERM... pour ne citer qu'eux).

Les trois objectifs du projet de recherche sont les suivants :

- 1- Contribuer à l'actualisation de la méthode et des outils d'architecte et d'expert du réemploi, pour permettre sa mise en œuvre dans un projet d'architecture et d'urbanisme.
- 2- Vérifier la faisabilité d'assemblages en réemploi, par la mise en œuvre de solutions techniques et l'établissement d'un protocole de caractérisation des matériaux associés.
- 3- Optimiser et massifier l'offre de réemploi en construction grâce à un guide méthodologique et un catalogue technique à destination des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'œuvre.

REPAR pose aujourd'hui les bases d'outils de projet et d'un dialogue commun entre tous les acteurs de la construction, pour commander, prescrire, mettre en œuvre, évaluer et assurer des composants d'ouvrage en réemploi.

En outre, un fort accent a été mis sur l'expérimentation à travers la conception et la réalisation de nouveaux composants d'ouvrage en réemploi. Le laboratoire de Bellastock, Actlab, a accueilli à cet effet quelques 300 stagiaires chantiers en cinq ans, et dans le temps du programme, une option « réemploi » a été ouverte en Licence et Master à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Belleville.

Vous trouverez dans l'ouvrage REPAR, largement illustré :

1- Un cadre et une méthode pour commander et prescrire le réemploi, dans une logique opérationnelle, avec le guide pour la bonne réalisation d'un diagnostic ressource et d'un référentiel technique.

2- Deux référentiels techniques génériques et simples, qui permettent de mettre en œuvre des produits de réemploi de béton, peu importe le projet, peu importe le gisement.

3- Un catalogue de fiches techniques sur le réemploi de plusieurs éléments de construction, évalué par un Bureau de contrôle.

4 - Une modélisation socio-économique et un indicateur ressource qui valident les performances d'une solution réemploi en comparaison à une solution neuve.

Et de nombreux schémas, exemples et retours d'expérience !

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie

BELLASTOCK.com

