

Mardi 26 novembre 2024 de 11h30 à 12h30

Session 2 : Réemploi – réutilisation dans le secteur du BTP (Myriam DUC & Assia DJERBI)

Session 2 – Réemploi/réutilisation dans le secteur du BTP

(animateurs: Myriam DUC & Assia DJERBI)



Chloé RUDA

Institut Navier, Ing ENPC
Doctorante ENPC, Champs-sur-Marne

Construction de prototypes à
partir d’éléments préfabriqués



Ambroise LACHAT

Ing ENTPE/ Doct. ENPC
Chercheur au BRGM, Orleans

Réemploi appliqué au domaine de la
construction : principe, impact
environnemental et mesure dans le
cadre d’une économie circulaire



Julia MORAWSKI

European Project Manager
Cap Digital, Paris

Présentation du projet
européen CIRC BOOST



Myriam DUC

Chercheur à l’ Université Gustave
Eiffel, Champs-sur-Marne

AMI Economie circulaire



SERVICE
GÉOLOGIQUE
NATIONAL



École des Ponts
ParisTech



**Le réemploi appliqué au domaine de la construction :
Principe, impact environnemental et mesure dans le cadre d'une économie
circulaire**

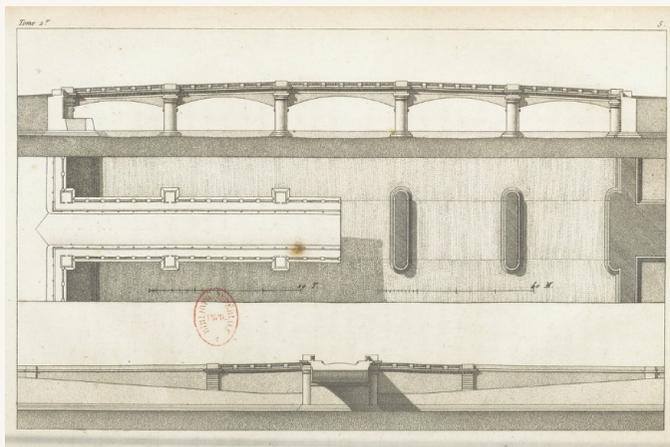
Ambroise LACHAT

26/11/2024

« De hauts niveaux de réemploi, de recyclage, et d'autres formes de valorisation ont [...] existé depuis les temps les plus reculés. » (déconstruction et réemploi, Rotor*)



Manuel Cohen



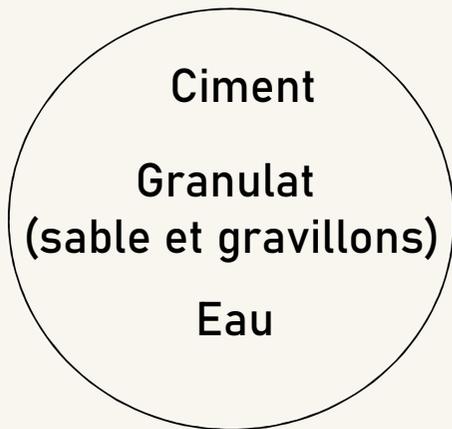
Jean-Rodolphe Perronnet,



Rotor

Le BTP, un secteur consommateur de granulats...

Béton :



→ 445 Mt de granulats produits en France en 2018

→ 17 % pour le BPE (UNICEM, 2020)

Le BTP, un secteur consommateur de ciment...

Clinker :



= 629 kgCO₂/t

→ 2/3 décarbonatation

→ 1/3 cuisson

→ 287 kg : conso. Ciment / hab (en France, en 2020)

(Infociment, SFC 2021)

→ 55% : Part du ciment consommé pour le bâtiment (2019)

(ATILH2019, Shift Project 2022)

Le réemploi

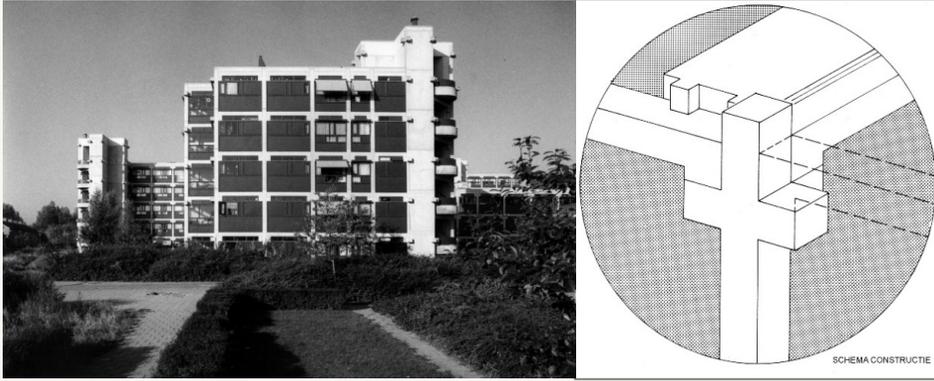
- Réemploi : élément qui est « réutilisé de nouveau pour un usage identique à celui [initialement] conçu »

→ même usage

→ Maintien de la qualité intrinsèque du matériau et allongement de la durée de vie des produits manufacturés (maintien de la qualité d'usage)

Partie 1

Le réemploi de structure en béton armé



De Drie Hoven (Amsterdam) projet conçu selon le principe mis au point par Herman Hertzberg



Exemples de réalisation par l'association Bellastock béton (Clos Saint Lazare - Stains)



Plattenpalast, architecte : Carsten Wiewiorra, 2009, Prototype de maison



Passerelle du Projet Re:Crete (SXL)



Figure 2.8 - Dismantling



Figure 2.9 - Transportation

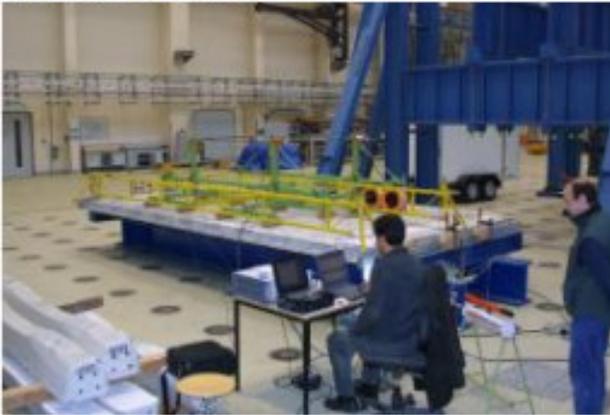
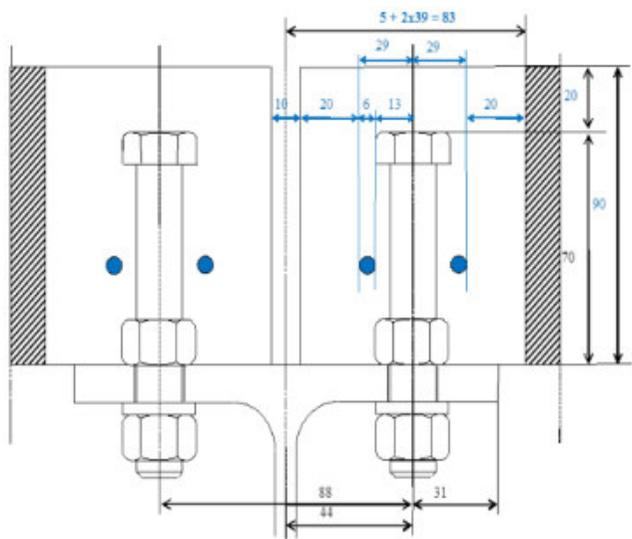


Figure 2.10 - Quality assurance

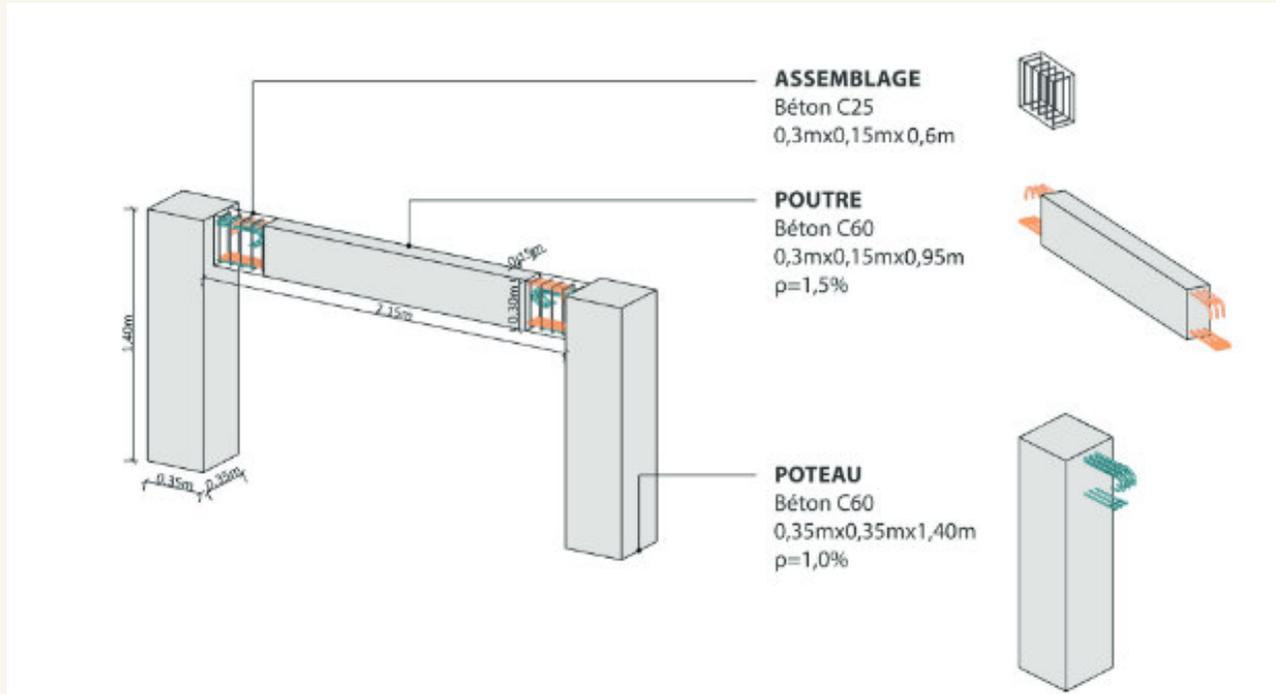


Figure 2.11 - Reassembly

The recycle House (Plattenpalast), Allemagne, extrait
The Donor Skelet (A. Glias, 2013),

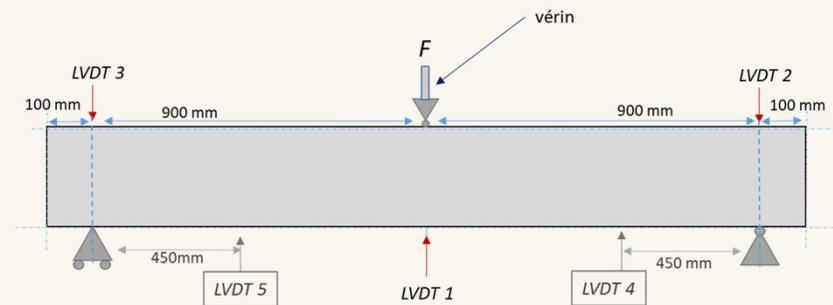
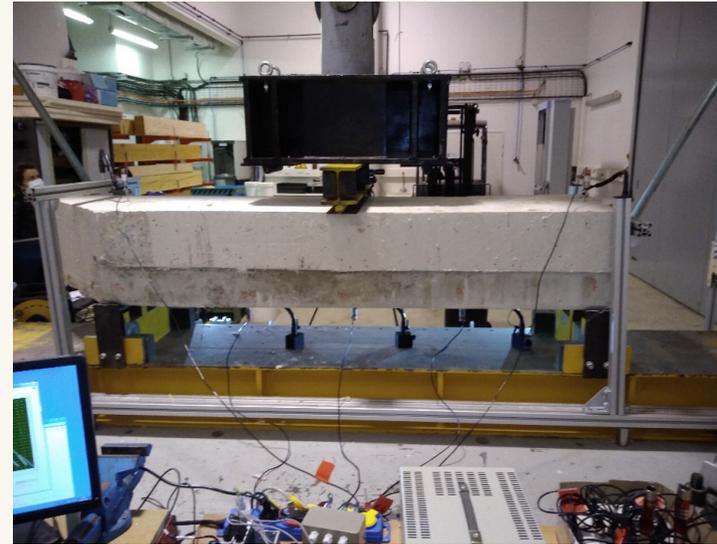


Plancher mixte acier-béton (projet Demodulor, ADEME, 2015)

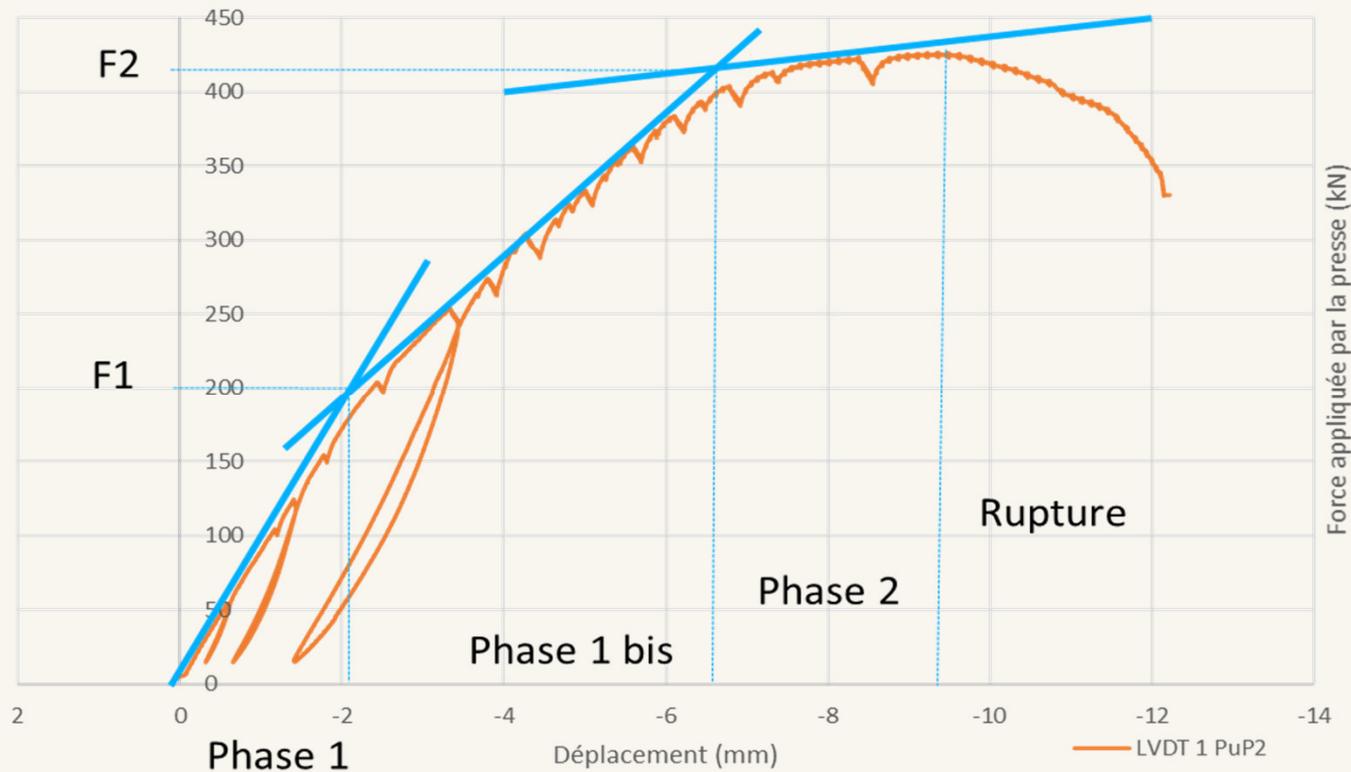


Portique réemployable (Thèse Ingrid Bertin, ENPC, SETEC TPI, 2021)

Cas d'étude sur structure existante: faisabilité du réemploi

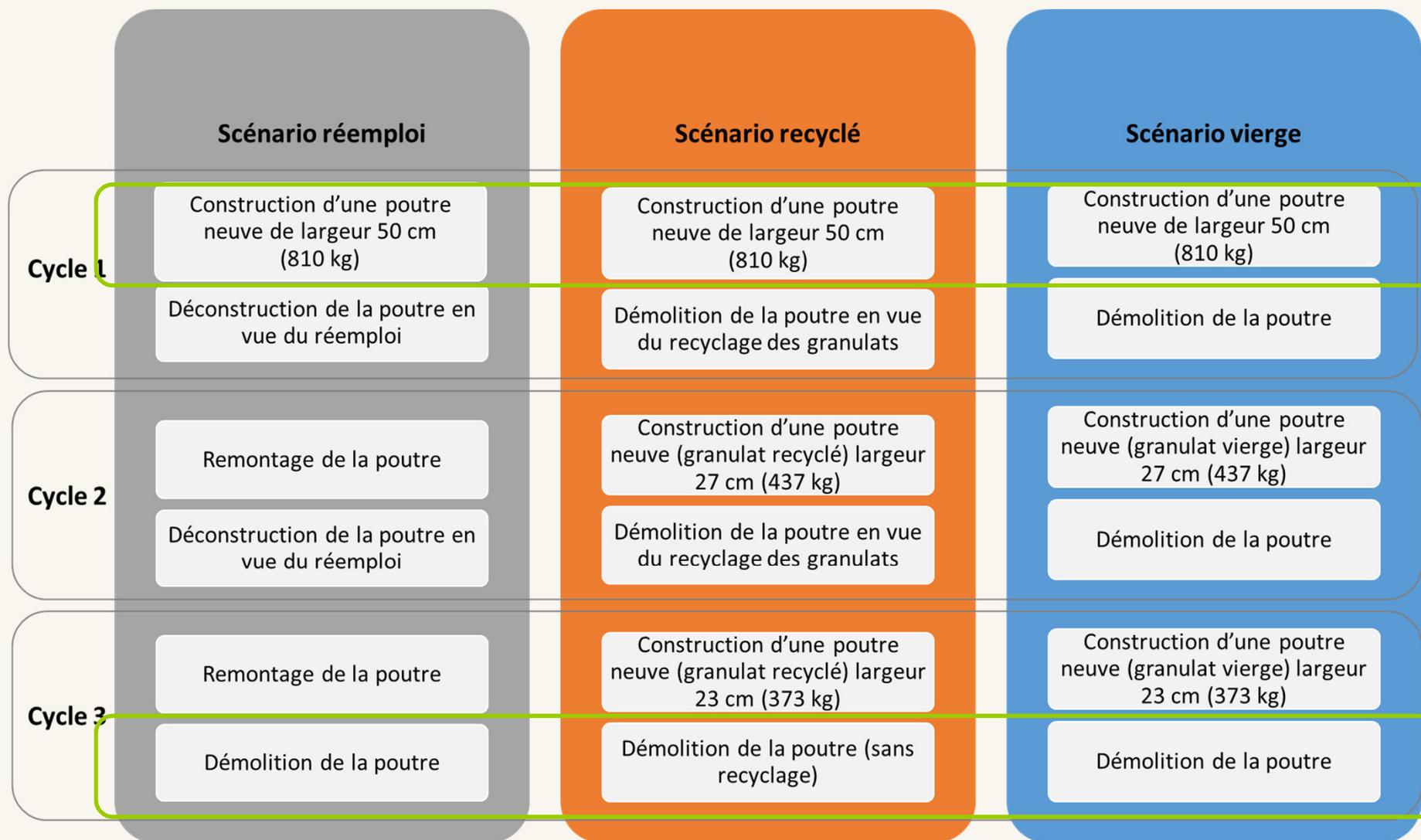


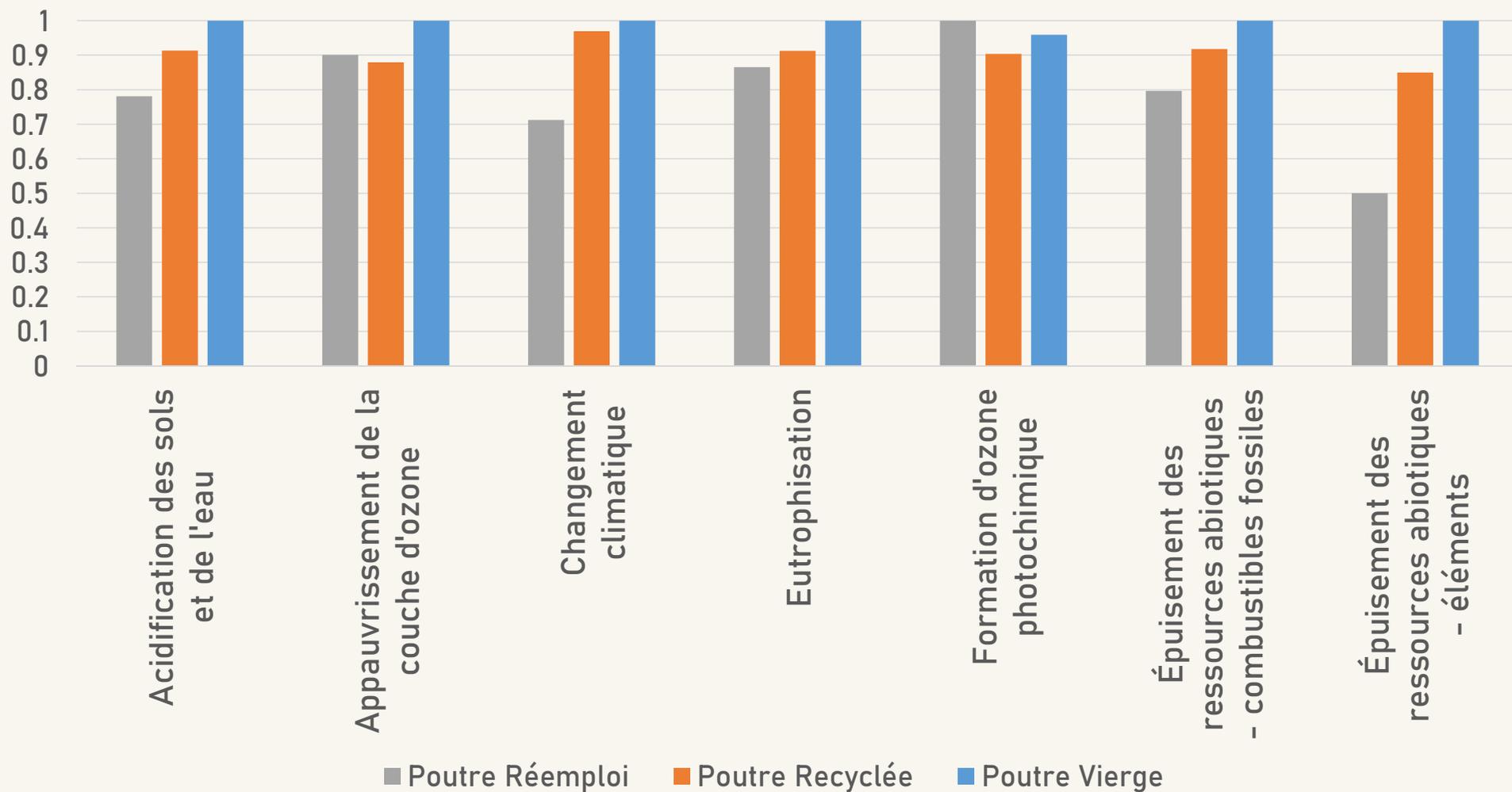
Essai de flexion 3 points sur les poutres à l'ENPC



- Comportement élasto-plastique classique
- Rupture : 421 kN
- Incertitude sur la structure initiale
- Perte de résistance : 8 % (max : 30 %)

Graphique présentant le déplacement au centre de la poutre en fonction de l'effort appliqué par la presse pour l'essai 1 à l'ENPC





Impact relatif de chaque scénario pour les différentes catégories d'impact de la NF 15 804 +A1

Synthèse et perspectives de la partie 1

Résistance technique



- Sensible au procédé de déconstruction ?
- Raison de la perte de résistance ?
- Protocoles à définir.

Intérêt environnemental



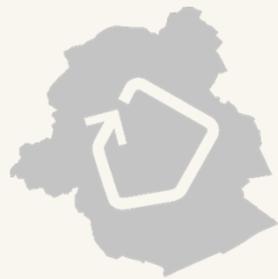
- Sensible au procédé de déconstruction ?
- Sensible au transport ?

Partie 2

Le potentiel de réemploi

De l'identification du potentiel...

... à la création d'un indicateur



→ Utilisé par des AMO réemploi ou diagnostiqueurs

→ Rapidement réalisable

→ Complète et synthétise l'expertise du diagnostiqueur

→ Indicateur unique → indicateur de « potentiel de réemploi » (P_R)

Fonctionnement de l'indicateur

Spécifique à l'élément d'étude

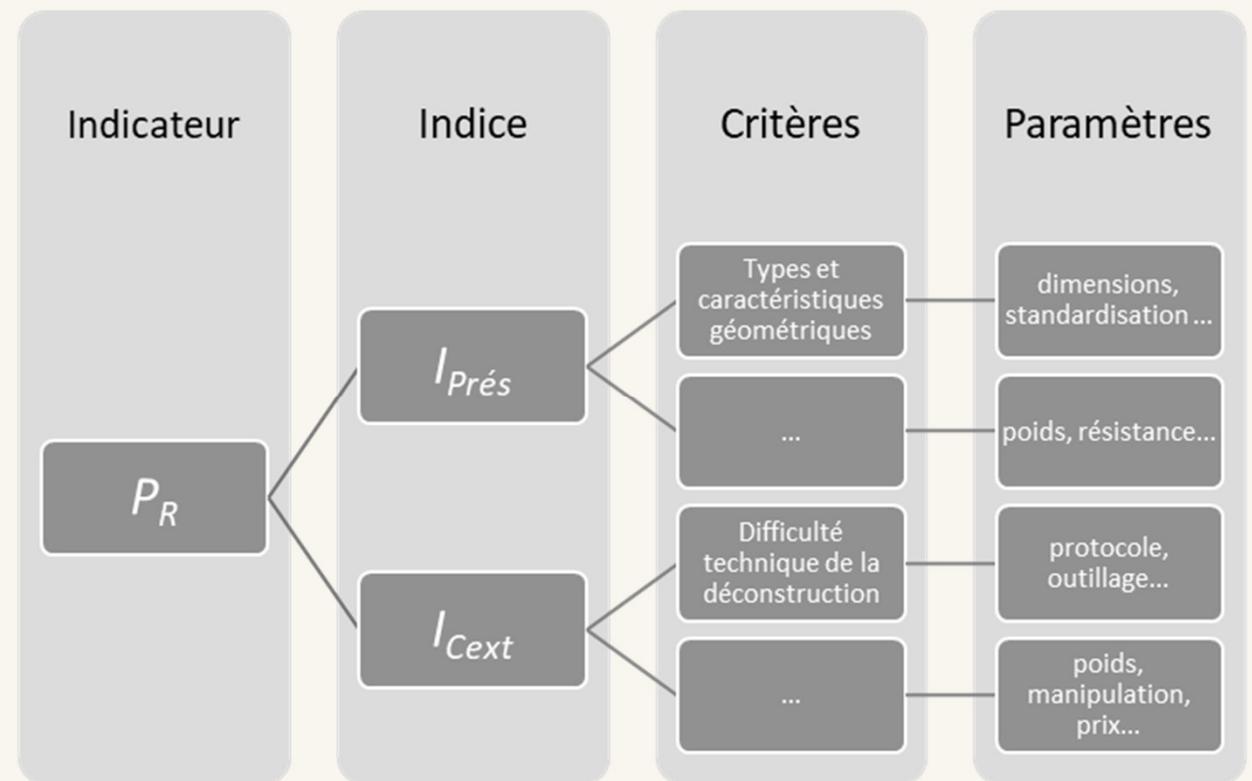
Détaillé pour tout type d'élément

$$P_R = I_{P_{rés}} \times (1 - I_{C_{ext}})$$

P_R : Indicateur de Potentiel de Réemploi

$I_{P_{rés}}$: Indice de Performance Résiduelle de l'élément

$I_{C_{ext}}$: Indice pour les Critères Externes à l'élément



Thèmes		Critères	
Technique	Facilité de déconstruction	T1	Difficulté technique de la déconstruction
		T2	Facilité d'accès à l'élément (avant et pendant la déconstruction)
	Logistique	T3	Manipulation (poids, volume, outils spécifiques)
		T4	Risque d'endommagement
		T5	Accessibilité des sites (chantier, stockage, nouveau chantier)
	Autres	T6	Quantité
		T7	Connexions/ assemblage avec les ouvrages attenants
		T8	Usage futur (devenir certain ou incertain)
Juridique		J1	Statut juridique (déchets)
		J2	Assurance et garantie
Economique		E1	Maturité du marché (adéquation offre/demande)
		E2	Prix (par rapport au produit équivalent ou alternatif)
Environnement et santé		ES1	Impact environnemental par rapport au produit équivalent
		ES2	Santé (substance dangereuse, qualité de l'air...)
		ES3	Sécurité (des travailleurs et des riverains)
Social et acteurs		SA1	Sensibilisation des acteurs (AMO, MOA, MOE, entreprise, compagnons)
		SA2	Authenticité, valeur et caractère obsolète ou démodé

ADEME, RDC Environment, éco BTP, I Care & Consult, Coppens, M., Jayr, E., Burre-Espagnou, M., Neveu, G., 2016. Identification des freins et des leviers au réemploi de produits et matériaux de construction - synthèse, ADEME. ed.

Cas poutrelle bois



Cas fictif de réemploi d'une poutrelle bois issue de la structure ci-dessous

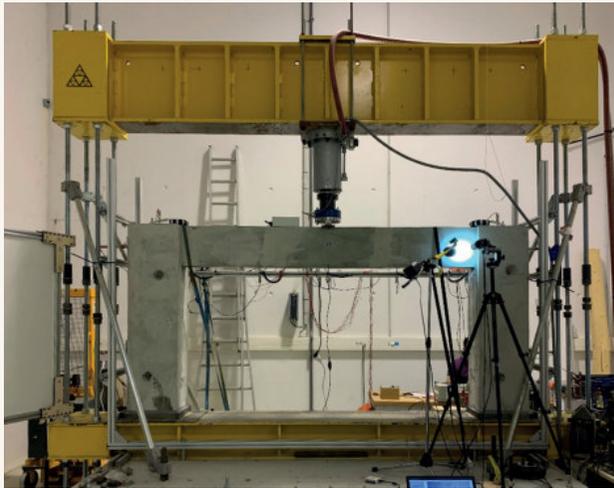
(Kuzmenko, 2021)

Cas porte

Cas fictif de réemploi d'une porte



Cas béton réemployable



Cas de réemploi d'une poutre en béton armé conçue pour être réemployée

(Bertin, 2020)

Cas réutilisation voile béton

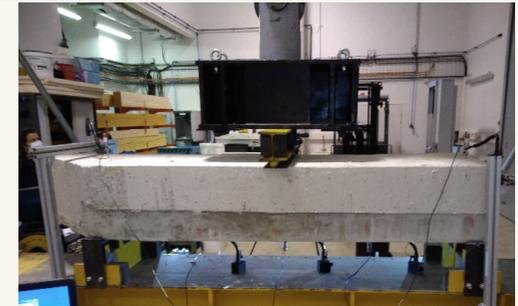
Réutilisation de voiles béton en cloison de local vélo. (ici non structurel).
Clos Saint-Lazare - Stains



(Bellastock, Repar #2))

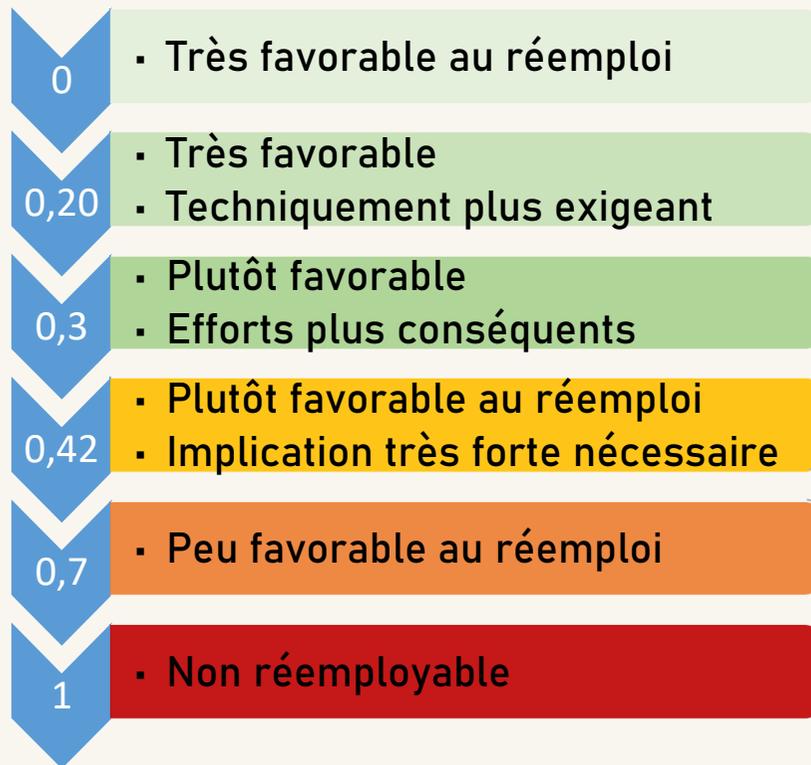
Cas béton

Cas fictif de réemploi d'une poutre en béton armée



Application ($I_{C_{ext}}$)

$$P_R = I_{P_{rés}} \times (1 - I_{C_{ext}})$$



0,19 : Cas poutrelle bois académique
0,19 : Cas porte



0,25 : Cas réutilisation voile béton
0,27 : Cas poutrelle bois industriel



0,49 : Cas béton réemployable



0,64 : Cas béton



Conclusion

Réemploi de poutre en béton armé

Résistance technique

- ✓ Procédé de démontage existant
- ✓ Procédé de diagnostic existant
- ✓ Perte de 8 % (Max 30 %)
- ✗ Faible quantité de test (absence de vision statistique)

ACV

- ✓ Gain de 30 % changement climatique
- ✗ Transfert de pollution
- ✓ Procédé améliorable

Perspectives

- Réalisation de plus de test pour conforter les résultats
- Détail des protocoles de déconstruction, transport, reconstruction
- Réflexion sur les assemblages
- Sensibilité aux méthodes de déconstruction
- Creuser les raisons de la perte de résistance

Merci pour votre attention

Merci pour vos questions



SERVICE
GÉOLOGIQUE
NATIONAL



Bibliographie

Réemploi de structure :

- Devènes, J., Bastien-Masse, M., Küpfer, C., Fivet, C., 2022a. Zürich Stadspital Triemli Personnhäuser – Resource assessment of structural elements. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6020923>
- Devènes, J., Brütting, J., Küpfer, C., Bastien-Masse, M., Fivet, C., 2022b. Re:Crete – Reuse of concrete blocks from cast-in-place building to arch footbridge. Structures 43, 1854–1867. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.07.012>
- Deweerdt M., Mertens M. *Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction*. Interreg North-West Europe, 2020. Disponible sur : < https://www.nweurope.eu/media/10130/fr-fcrbe_wpt2_d12_un_guide_pour_lidentification_du_potentiel_de_r%C3%A9emploi_des_produits_de_construction.pdf > (consulté le 16 novembre 2021)

Économie Circulaire :

- Zhang, N., Han, Q., de Vries, B., 2021. Building Circularity Assessment in the Architecture, Engineering, and Construction Industry: A New Framework. Sustainability 13, 12466. <https://doi.org/10.3390/su132212466>

Divers :

- Shift project, 2022, https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2022/01/PTEF-Decarboner-lindustrie_-Ciment_-Rapport-final.pdf
- Infociment, 2021, synthèse, https://www.infociments.fr/sites/default/files/articles/pdf/brochure_chiffres-cles_2020-21.pdf

Journée

“Les freins et les leviers de l'économie circulaire et de la construction décarbonée”

CIRC-BOOST: Boosting the uptake of circular integrated solutions in construction value chains

Julia Morawski
Cheffe de projet européen
Cap Digital
Circ-Boost WP2 connect leader
Julia.morawski@capdigital.com

Myriam Duc
Chargée de recherche
Université Gustave Eiffel- Laboratoire
GERS - SRO
myriam.duc@univ-eiffel.fr



Co-funded by
the European Union

26 novembre 2024 à Champs sur Marne



Horizon Europe Cluster 6

Durée du projet:

01.06.2023–31.05.2027

Le consortium

Universitat Politècnica de Catalunya
(Coord.)

27 Partners

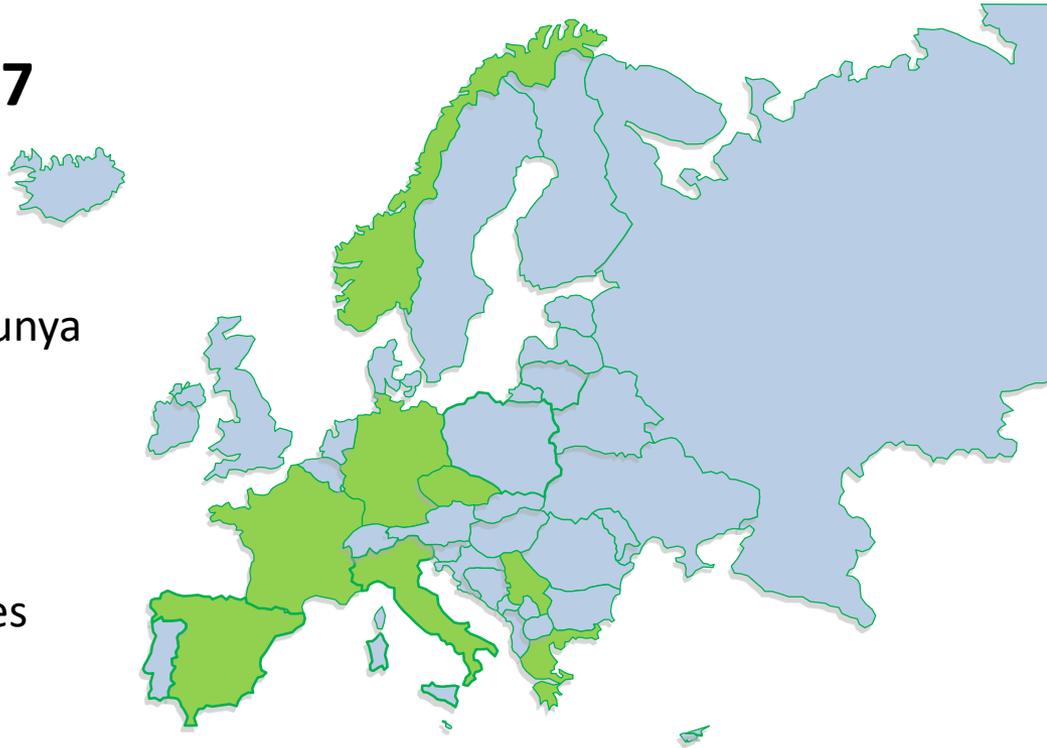
6 Universities

7 Private and 2 Public companies

1 Corporate

2 Public associations

2 Clusters



CCRI* & Sister-projects

 Circular Cities & Regions Initiative
Communities of Practice

Shape circular economy action

Join a focus group!

#CCRIEurope



 **CircBoost** GA 101091367
circboostproject.eu
in/company/circ-boost X @CircBoost

 **reconstruct** GA 101082265
reconstruct-project.eu
in/company/reconstruct-eu X @ReconstructEU

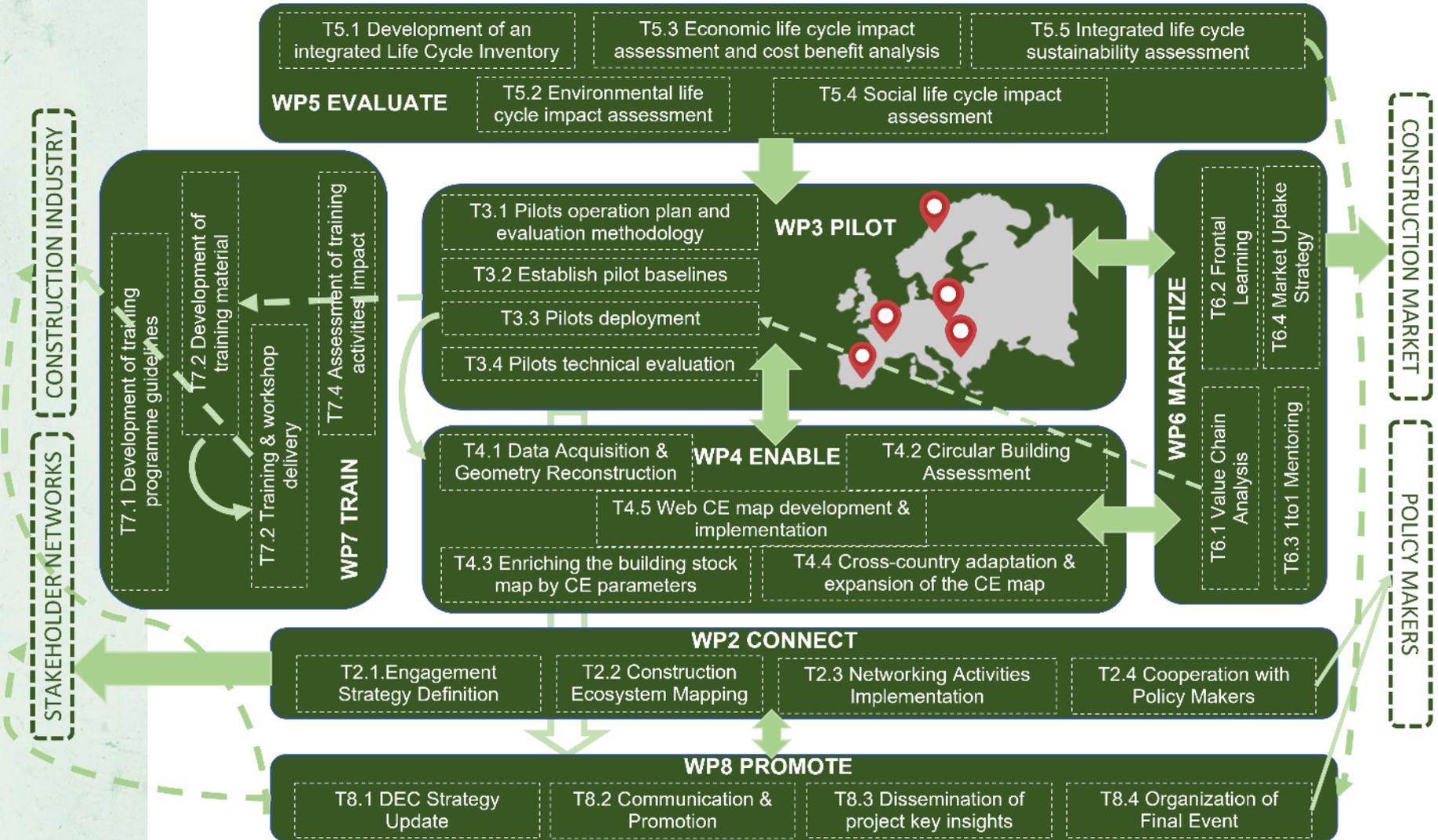
 **woodcircles** GA 101082184
woodcircles.eu
in/company/WOODCIRCLES X @woodcircles

**Advancing the Circular economy in the Construction Sector:
Blueprints for a Sustainable Future**

 **RESULTS** horizonresultsbooster.eu

The MRB - Horizon Result Booster is an initiative funded European Commission, Directorate General for Research and Innovation, Unit J5, Common Service for Horizon 2020 Information and Data.

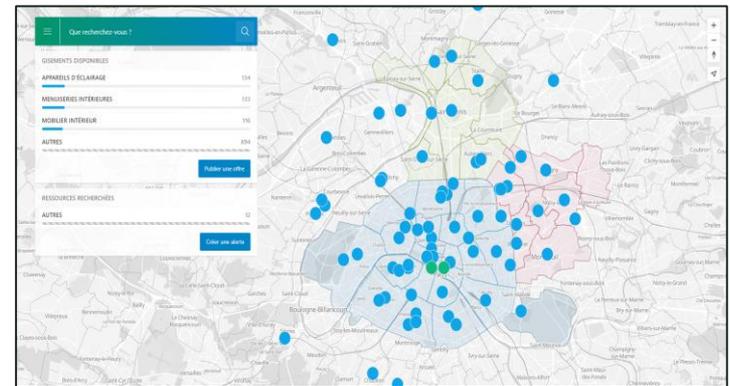


Une organisation en 5 pilotes dans 5 pays

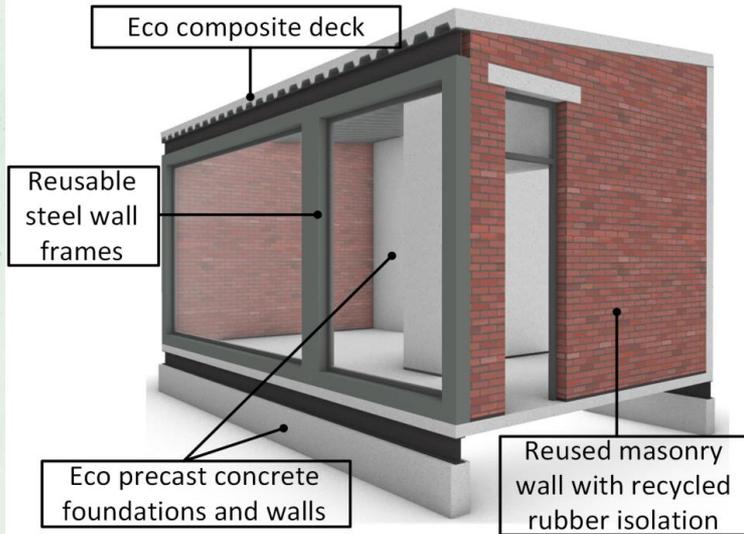
Pilot 1: Barcelona



Pilot 2: Paris



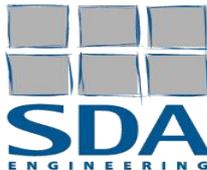
Pilot 3: Belgrade



Pilot 4: Vesteralen



EVROBROD
ZRENJANIN



PENTA/GE.CO.
CONSTRUCTION

SDA
ENGINEERING

MUSEUM NORD
21 VENUES - ENDLESS STORIES



UiT The Arctic
University of Norway

lundhagem

reno-vest



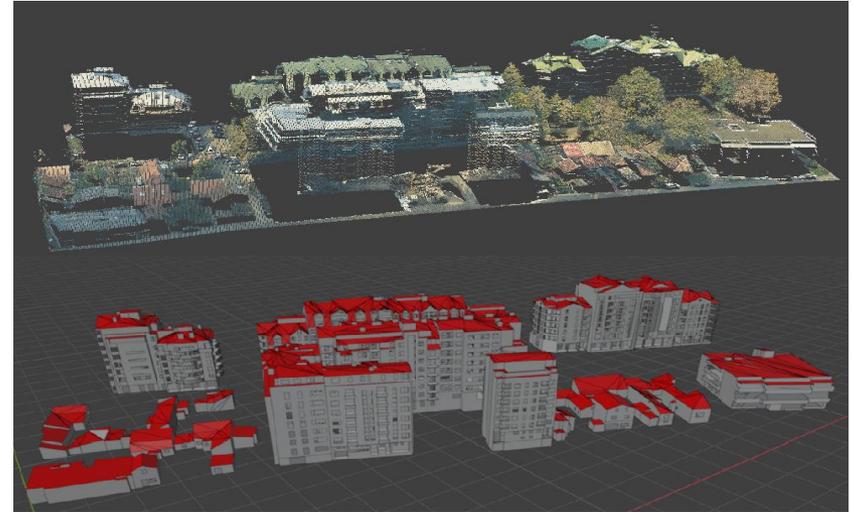
Co-funded by
the European Union

Pilot 5: Prague



Un wordpackage devenu
un 'pilote numérique'

WEB CE Map



SKANSKA



hcu HafenCity
Universität
Hamburg



Co-funded by
the European Union

Objectifs

Accroître le recyclage /réemploi des déchets de déconstruction dans la zone du Grand Paris

Comment

(1) Développer une plateforme digitale (outil BTP Match – MGP avec Plaine Co)

Outil ITMU d'inter-opérabilité entre plateformes de mise en relation offre-demande. Phase de POC, validation des tests puis phase de développement. Réflexion pour une connexion avec la plateforme réglementaire PEMD (gérée par le CSTB)

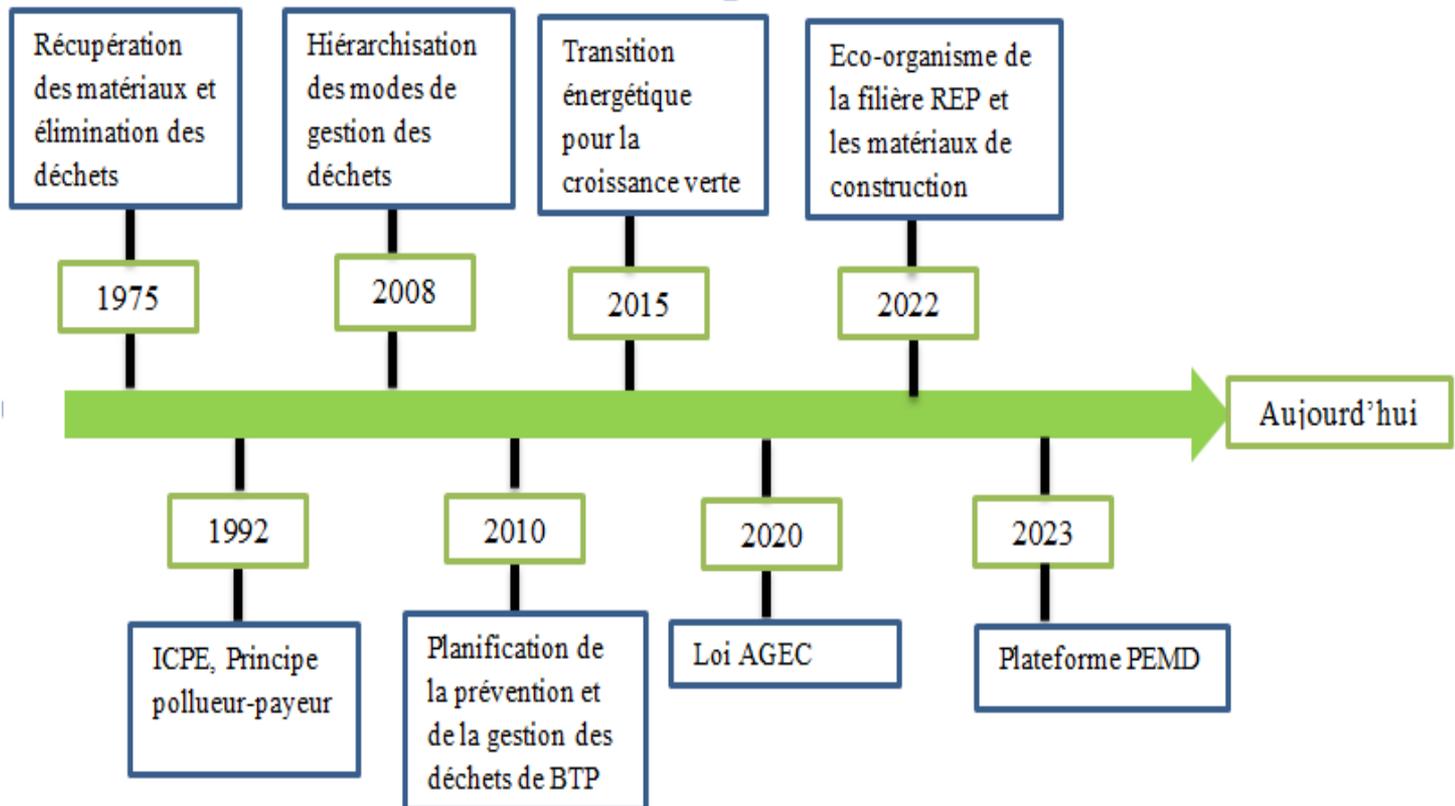
(2) Mettre en place une plateforme physique en zone urbaine dense et la connecter à la plateforme digitale : plateforme de recyclage (granulat) et plateforme de réemploi d'éléments de deconstruction (sous la direction d'Eiffage)

(3) Proposer des innovations

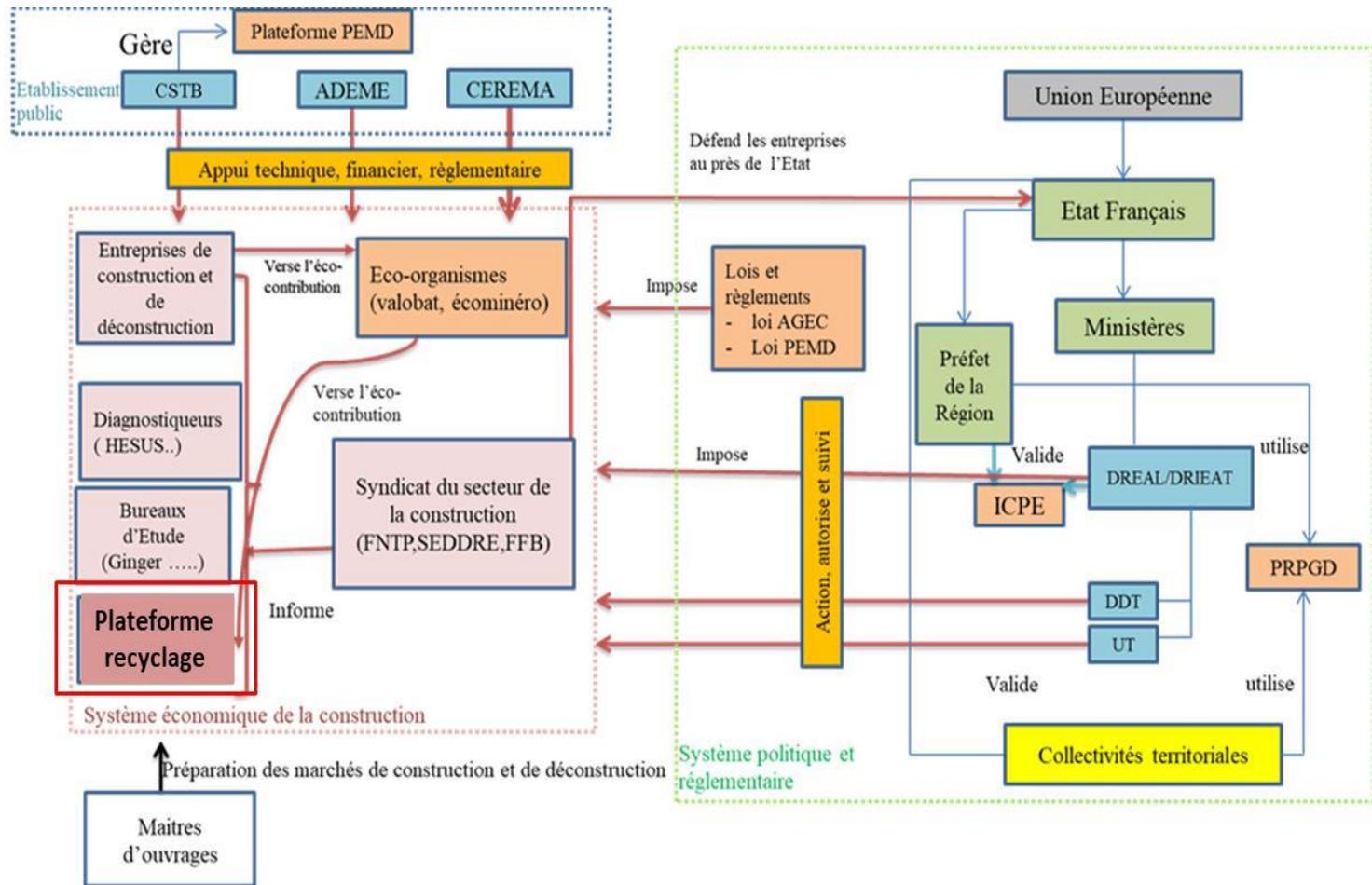
- Caractérisation des matériaux de déconstruction et nouvelles voies de valorisation (UGE MAST et GERS, NGE, Eiffage)
- Développement d'indicateurs environnementaux innovants (UGE COSYS, SITOWIE, CSTB)
- Prévision des flux de déchets, optimisation de la logistique et réflexion sur les aspects business model (Chaire ECMU de UGE, CSTB)

Une impulsion donnée par la réglementation en France concernant les déchets de déconstruction

Une réglementation en France qui évolue... avec une accélération ces dernières années.... un secteur en pleine expérimentation sur le terrain

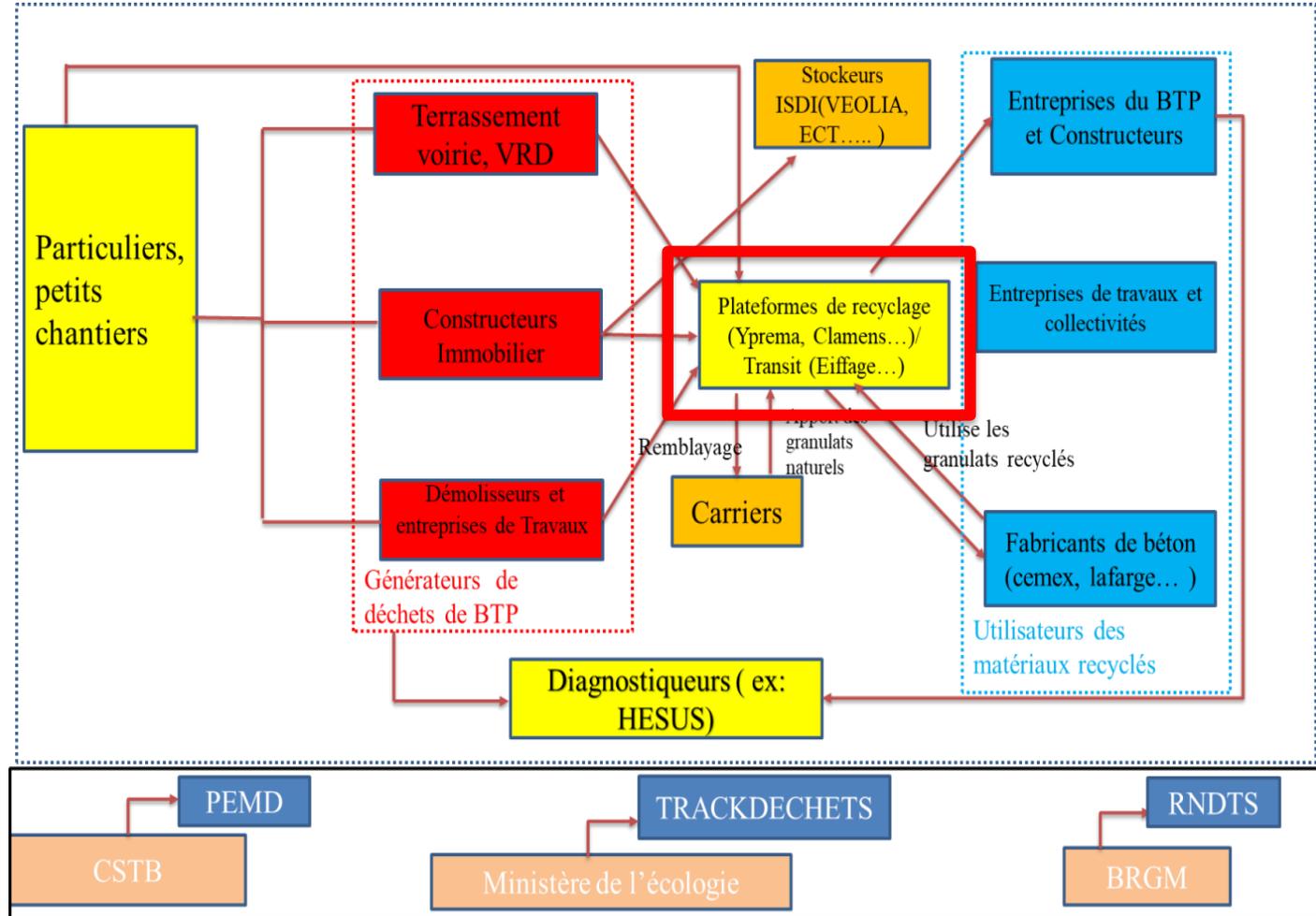


Cartographie des parties prenantes en France dans le domaine de la gestion des déchets de déconstruction



Une cartographie complexe avec beaucoup d'acteurs et des nouveaux métiers pour répondre aux besoins

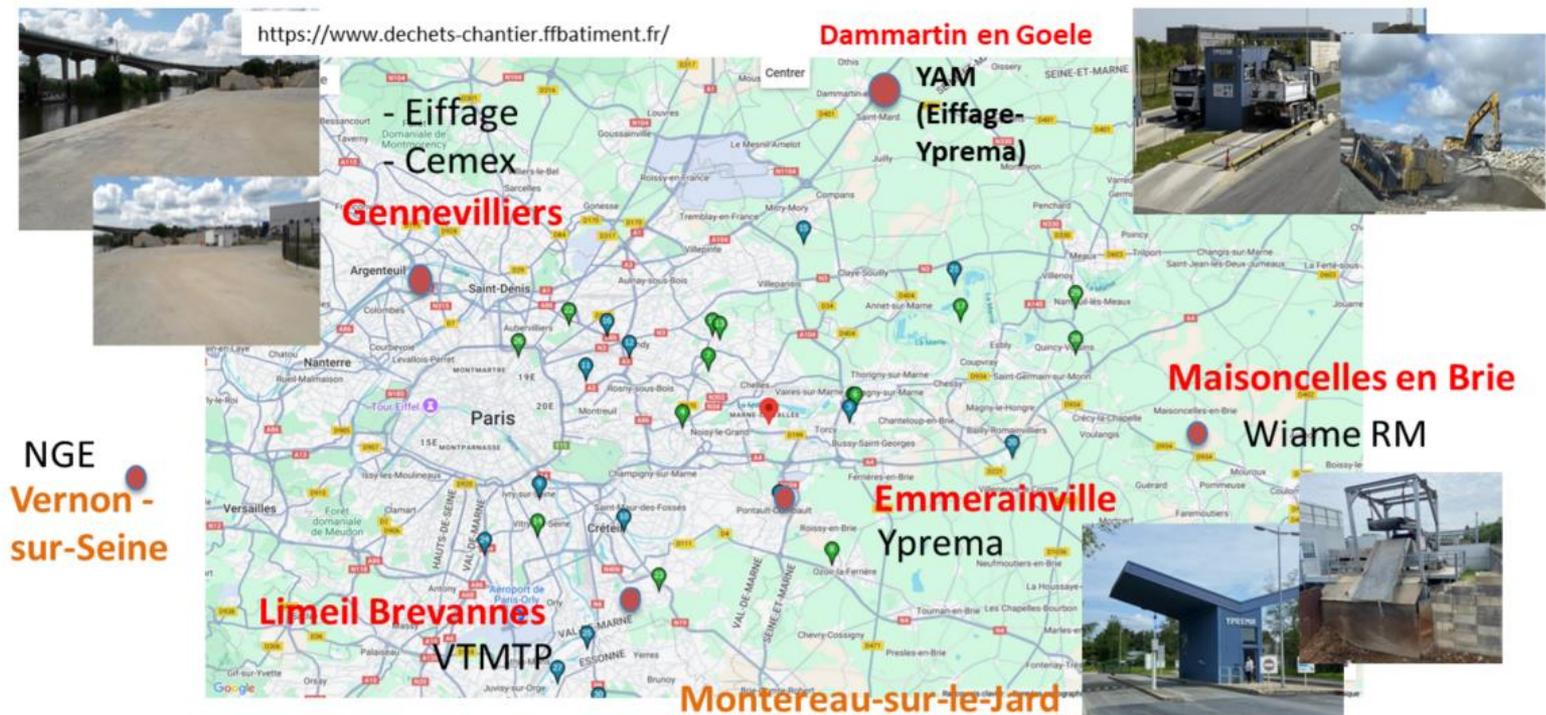
Gestion des déchets de déconstruction : rôle de plateformes ?



Des plateformes aux multiples visages

- **Questionnaire** pour analyser le fonctionnement de plates-formes : collecte de données
- **Visites** en région Ile-de-France, Dijon (Eqiom – avec la SIM) et Rennes (Ecoseselect à Vern-sur-Seiche - 35), visite virtuelle des installations CDE chez Spiess à Lingolsheim dans le Bas Rhin (67)

Conclusion : un modèle de plateforme qui marche à Paris n'est pas forcément viable ailleurs : des plateformes qui évoluent selon les contextes locaux - évolution gouvernée par la rentabilité économique pour assurer la pérennité des activités



Routes & Chantiers modernes

Le maillage des plateformes est-il suffisant ?

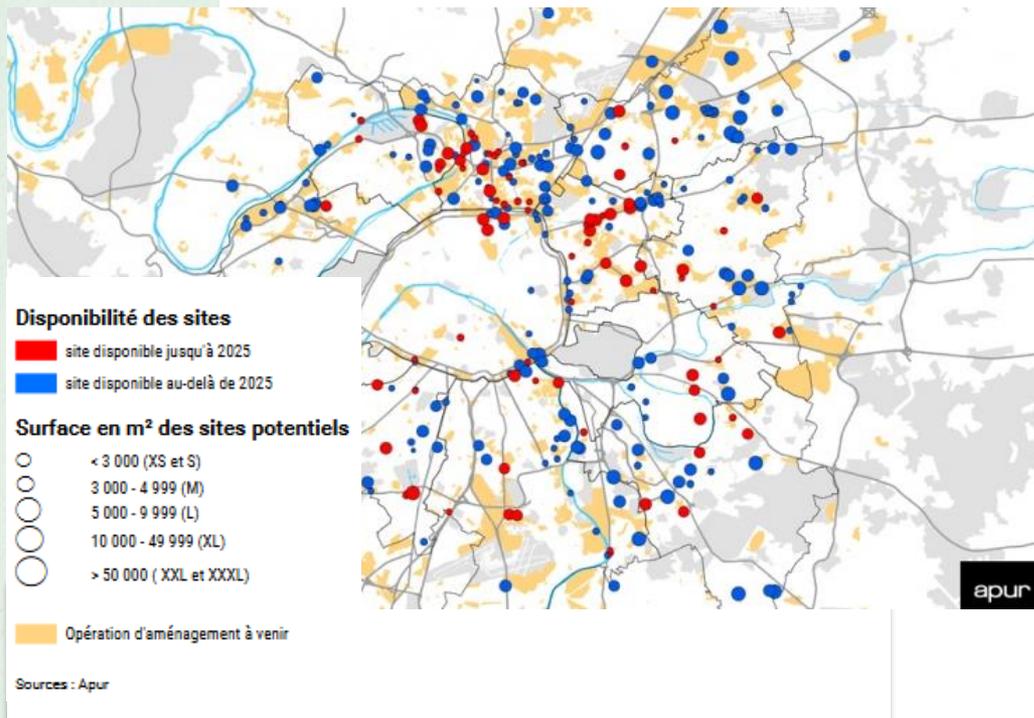
À partir de la **base de données des démolitions**, l'Apur a estimé un flux à venir de 15 Mt de déchets du BTP dans les op. d'aménagement de la métropole du Grand Paris d'ici 2030.

Nécessité d'un maillage performant de plateformes de recyclage et de réemploi au plus près des chantiers à venir : 200 sites existants et pérennes + **sites temporaires ?**

300 sites potentiels à l'échelle de la MGP (sites disponibles d'ici 2025 et au-delà de 2025) et suivant leur taille

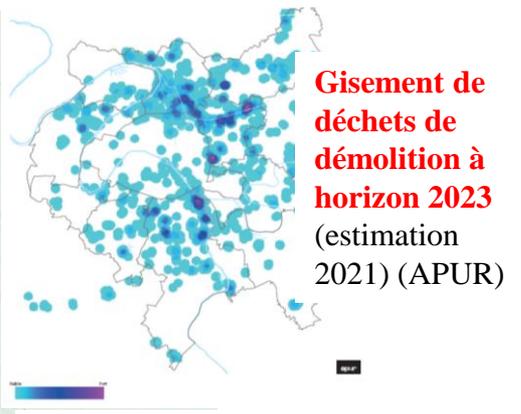
Installation d'une plate-forme limitée par la surface disponible en zone urbaine dense

Max distance plateforme/chantier = 10-30 km + nuisances pour le voisinage et impact sur l'environnement à gérer



Des outils cartographiques pour optimiser la gestion des déchets du BTP

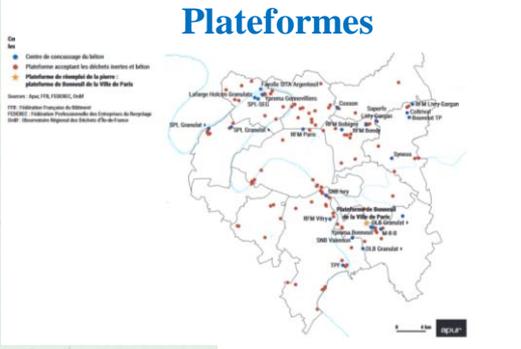
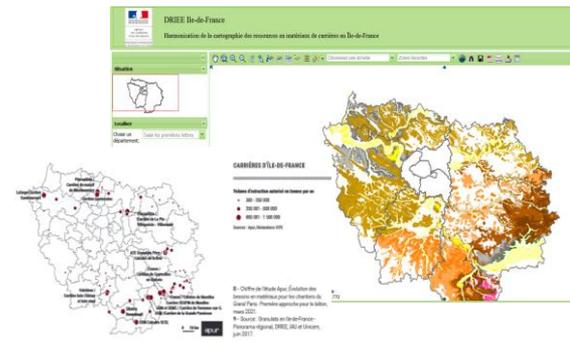
Une histoire de logistique qui contrôle le coût des chantiers



Projets d'aménagement en cours et à l'étude - Apur 2021

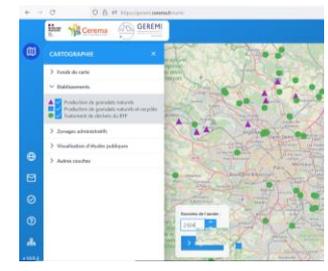
Inventaire des sites de travaux (MGP)

Inventaire des carrières
<https://carmen.developpement-durable.gouv.fr/18/HSDC.map>



Outil « dechet-chantier.ffbatime nt » (FFB) pour identifier un point de dépôt

NOM DU CENTRE	DISTANCE	VILLE	REP BÂTIMENT
1. ISOMALDES	6,94 km	MADONNELLES-EN-BRIE	✓
2. DECHETERIE BAILLY ROMAINVILLIERS	9,1 km	BAILLY-ROMAINVILLIERS	



Plateforme Matterio gérée par la FNTF

Quelques observations après nos visites...

Activités simples ou multiples : vers des plateformes multiactivité...

- recyclage (fabric. agrégats > alimentation de centrale d'enrobé, centrale à béton),
- terrassement (terre chaulée, imperméabilisation, terre fertile),
- centre de collecte de déchets (déchèterie),
- plateforme de transit, plateforme de réemploi....

Plateforme en relation avec l'expertise première du détenteur (terrassier, fabricant de béton prêt à l'emploi...)

Évolution des plateformes en fonction du contexte local : les carrières naturelles à proximité du site de construction sont un paramètre déterminant

Importance du tri des matériaux sur chantier (pour être accepté sur plateforme : problème récurrent du gypse). Pas de mélange traité sur plateforme.

Déchets de démolition de béton totalement absorbés par la construction routière. Peu d'utilisation dans du granulats de béton dans le béton!

Les terres excavées peu valorisées sur plateforme : gros volume, peu réemployées (manque d'exutoire au bon moment) – envoyer en remblayage de carrière / double flux pour le transport des matériaux entre plateformes et carrières (pas de transport à vide).

Des évolutions avec la mise en place du lavage des terres (à plus grande échelle) et de procédé d'attrition pour séparer pate cimentaire et granulats naturels