FORMATION BÂTIMENT DURABLE

ECONOMIE CIRCULAIRE : CONCEPTION RÉVERSIBLE

AUTOMNE 2023

Le Projet Usquare













- Présenter la dynamique d'économie circulaire sur un projet urbain d'envergure (+- 50 000m² plancher)
- Présenter la méthodologie mise en œuvre et l'organisation de travail
- Réflexion de l'urbanisme à l'exécution d'un projet urbain circulaire
- Présenter les leviers et freins rencontrés à travers certains cas pratiques (+ indicateurs)
 - ⇒ Présentation d'une expérimentation à grande échelle sur un projet public

! Attention : cette présentation reprend un projet expérimental encore en cours !



CONTEXTE DU PROJET

CADRE DE DÉVELOPPEMENT

PROJET URBAIN

PHASE I: PROJET FEDER

DYNAMIQUE POUR LES PHASES II ET III



CONTEXTE DU PROJET

- Présentation du site
- Programme et étapes de développement
- Acteurs

CADRE DE DÉVELOPPEMENT

PROJET URBAIN

PHASE I: PROJET FEDER

DYNAMIQUE POUR LES PHASES II ET III



Site stratégique : cité internationale étudiante

- Inscrit dans les outils de planification régionaux
 - PRDD 2017
 - PAD finalisé (débat projet >< PAD)
- ► Enjeux régionaux : +- 50 000m² à transformer de 2018 à 2027
 - Equipements universitaires (I)
 - Logements étudiants : 400 600 log. (II)
 - Logements subventionnés : 200 log. (III)

Participation de nombreux acteurs régionaux, ambition élevée et planning serré

| Heysel | Campus Lizerbeek | Ancien site OTAN |
| Gaire de l'Ouest | Gaire de l'Oues



... -> 2018 : Ancienne Caserne de police

- Site fermé au public
- Usage monofonctionnel : police
- ► Superficie du terrain : +- 40 000 m²
- ► Surface plancher : +- 40 000 m² de bâti avec une emprise de 17 500 m²
- État du bâti variable et non conforme (PEB, sécurité incendie,...)



Source : étude de définition pour la reconversion de l'ancienne école de gendarmerie d'Ixelles de MSA, IDEA, Origin



PROGRAMME ET ETAPES DE DÉVELOPPEMENT

2018-...

- ▶ PHASE 0 Occupation temporaire
- ► PHASE I Phase FEDER (2018 2023)
 - . MOA: ULB et VUB; MOE: EVR, BC, VK, Callebaut
 - Bâtiments universitaires A / B / C bleu)
 - Bâtiment M (SAU) halle d'alimentation durable (jaune)
- ► PHASE II Logements étudiants en DBFM(O) (2020 2026) : rose
- ► PHASE III Logements riverains (2020-2026) : rouge
 - Lots S, T U & V : MOA : SLRB; MOE : atelier Keempe thill, Kaderstudio, Latitude, Ney & partners, O.Graeven and Studie 10
 - Zone 1
 - Zone 2
 - Zone 3
- ► Phase IV Fablab et incubateur d'entreprise : violet
 - MOA: ULB et VUB
- ► PHASE transversale Espace public (2020-2024)
 - MOA: SAU



Source : présentation de la SAU du phasage



Acteurs

- Vision urbaine
 - Perspective
 - · L'équipe du bMa
 - CRMS
 - Bruxelles environnement
 - · Bruxelles mobilité

Porteurs de projet

- · Société d'aménagement urbain
- Beliris
- · City.dev & SLRB
- ULB & VUB

Auteur de projet

- Espace public : Ayoji Beltrando, Landscape Morphology, Jouret BVBA, MK Engineering & Agence ON
- Phase I: EVR, BC, VK, Callebaut
- Lots S T U V : atelier Keempe thill, Kaderstudio, Latitude, Ney & partners, O.Graeven and Studie
 10
- AMO Economie circulaire phase II et III : Rotor, 3DCM et SECO

Autre

- Chercheurs ULB (& VUB)
- SECO, comme chercheur indépendant



CONTEXTE DU PROJET

CADRE DE DÉVELOPPEMENT

- Vision
- Méthodologie
- Outils

PROJET URBAIN

PHASE I: PROJET FEDER

DYNAMIQUE POUR LES PHASES II ET III



Base

- Etude de flux des matériaux pour les développement
 - Moyenne des scénarios de l'étude préliminaire (masterplan) : OUT: 40 000 t ; IN : 55 000 ;
 - Si vision linéaire : 53% des matériaux sont jetés, 61% de matériaux sont neufs
- Hiérarchie des valeurs -> Hiérarchie des actions
 - Eviter le plus d'étape de manipulation
- Site comme source de matériau
 - · Ambition d'étudier l'EC à l'échelle méso (quartier)
- Offrir une vision long terme sur les interventions
 - La fonction et les aménagements sont-ils pérennes ou faut-il intégrer un maximum de réversibilité ?
- → Le projet vise à diminuer les flux entrants et sortants du site (1) en utilisant une hiérarchie des valeurs simple (2) et essayant d'instaurer une collaboration entre les projets (3) pour atteindre un projet avec une vision long terme (4)

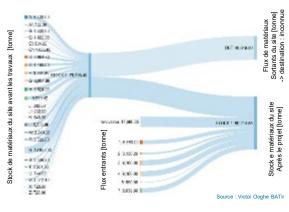






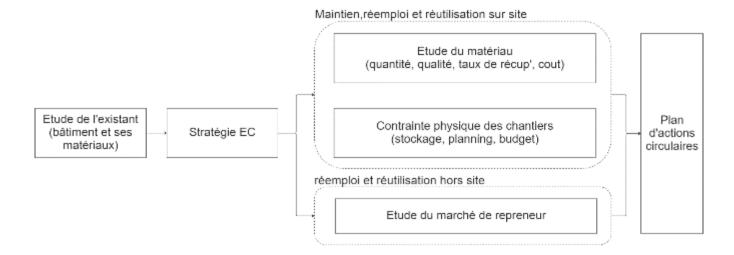
Figure : Illustration des flux entrants et sortants que généreront les différents projets sur le site

Source : Réemploi, réutilisation des matériaux de construction - guide pratique, J-M Guillemeau et al., 2013



Suite chronologique

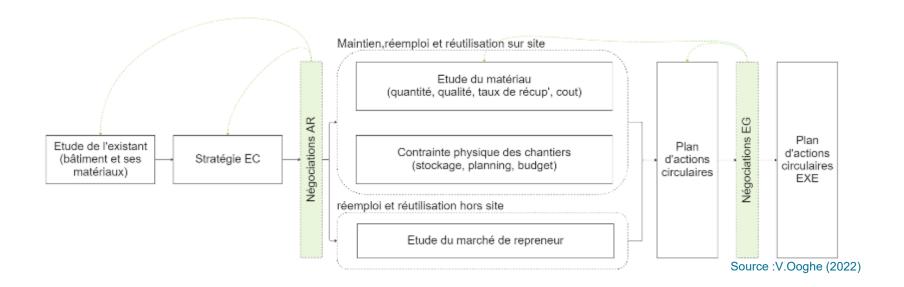
- 1. Etude de l'existant
- 2. Développement de stratégie d'économie circulaire
- 3. Développement et validation des actions circulaires
- 4. Retranscription dans un plan d'actions





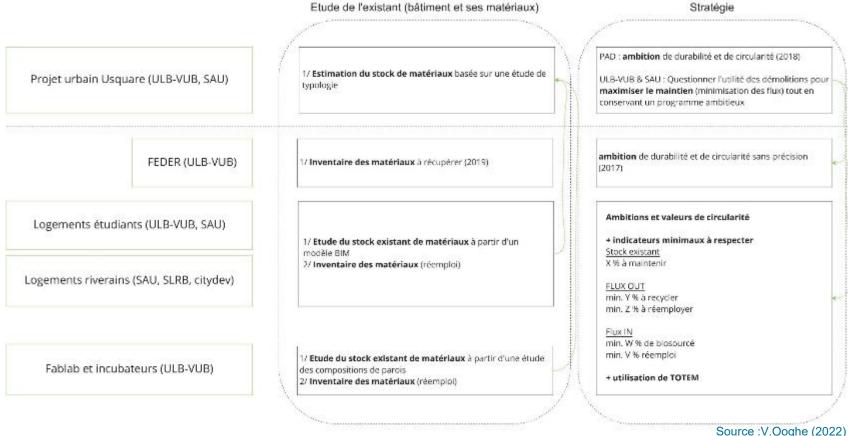
Suite chronologique + négociations

- Etude de l'existant
- 2. Développement de stratégie d'économie circulaire
- 3. Négociations avec l'équipe de conception
- 4. Développement et validation des actions circulaires
- 5. Retranscription dans un plan d'actions
- 6. Négociations avec l'entreprise générale





Double dynamique : projet urbain & projet de bâtiments







CONTEXTE DU PROJET
CADRE DE DÉVELOPPEMENT

PROJET URBAIN

- Actions
- ► Etude de l'existant
- Stratégie globale

PHASE I : PROJET FEDER

DYNAMIQUE POUR LES PHASES ULTÉRIEURES

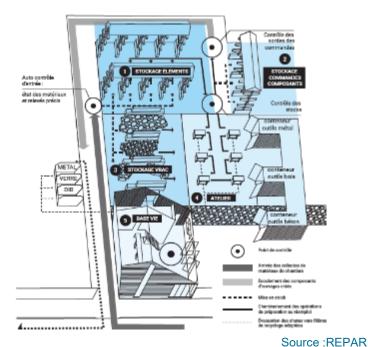


Etude de l'existant (bâti et programme du PAD)

Poser un diagnostic global (étude de flux)

Facilitation de l'EC

- Collaboration entre les projets sur site et ailleurs
 - Faciliter le stockage de matériaux sur site
 - Echange d'information sur les matériaux
 - Coordination des plannings des projets



Actlab développé par Bellastock à Paris

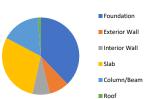


Aperçu des typologies du site

- ▶ Bâtiment historique début XXème siècle, étude des composition de parois (excel)
 - 1,8 tonne/m²
- Bâtiment des années 70-80', modélisation BIM
 - 1,75tonne/m²
 - Mégastructure, 83% poids : fondation (38%), dalle (29%) et columns/beams(16%)
 - Matériaux: 98% d'inertes: béton (73%), briques (9%), sable (15%), autre (3%)



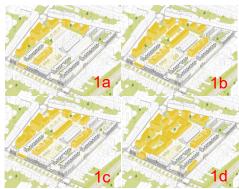




Source: V.Ooghe (2020)

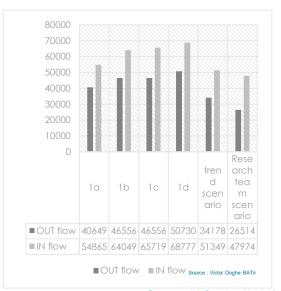
Simulation des flux des scénarii de transformation

- 3 niveaux d'intervention:
 - Light renovation (25%),
 - Heavy renovation (50%)
 - Demolition (100%)
- Ton per m²
 - Existing 1,6 ton/m²
 - New: 1,8 ton/m²



Source : étude de définition 2016

- Flux OUT du PAD = [40 650t, 50 730t]
- Flux IN du PAD = [54 865t, 65719t]



Source :V.Ooghe (2020)



Building I

- 5990 tonnes
- 7,8% du stock existant
- Démoli dans ¾ scenarii



Building H

- 5800 tonnes
- 7,7% du stock existant
- Démoli dans ¾ scenarii

Building R

- 12 600 tonnes
- 16,5% du stock existant
- Démoli dans tous les scenarii



Raison de la démolition

- Ne respecte pas la trame historique
- Le bâtiment de 7500m² fait plus d'ombre que 3 de 3700m²

Position finale

- Si on maintient même en partie, on peut réaliser le programmer. Sinon, non
- Maintenir nécessite 1-2 ans de procédure de modification du PAD

Raison de la démolition

- Peut-être plus cher de maintenir
- 0 valeur patrimonial
- Renforcement structurel pour l'agriculture urbaine

Position finale

- Maintien de la mégastructure
- Enlèvement des façades (amiante)
- Ambitions énergétiques élevées

→ Des améliorations importantes sont possibles



CONTEXTE DU PROJET CADRE DE DÉVELOPPEMENT

PHASE I: PROJET FEDER

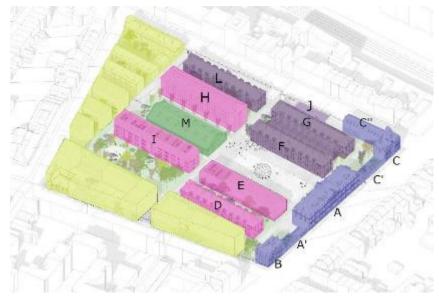
- Implantation et bâtiments existants
- Méthodologie
- Vision circulaire
- Actions circulaires
- Apprentissage

DYNAMIQUE POUR LES PHASES ULTÉRIEURES

8000 m² dédiés aux équipements universitaires (bleu)

- ▶ Bâtiments A, A', B, C,C' et C"
- Espace de travail
 - Centre de recherche international
 - Atelier des transitions
 - Institut de recherche avancée (BrIAS)
- ► Espace accueil et logement
 - Maison d'accueil international avec logement





Légende
PHASE I (ULB/VUB) – bleu
PHASE I (halle alimentaire) – vert
PHASE II – rose
PHASE III – jaune
Incubateur + fablab – violet

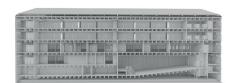
Source : présentation de l'ULB du développement du site (juin 2020)



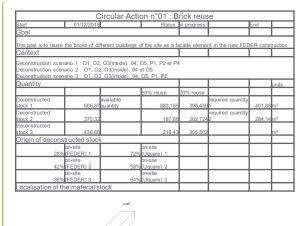
Etude de l'existant : inventaire (excel, aproplan, BIM)

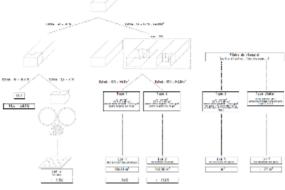






Fiche action par action

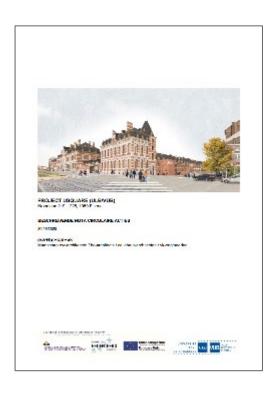




Source: Victor Ooghe, BATir, ULB

→ L'action circulaire est possible si le couple matériau-application est validé

Cahier des charges





Projet sobre et respectueux de l'existant

- Dialogue entre
 - le programme
 - l'économie circulaire
 - le patrimoine
- Proposition patrimoniale claire
- Propositions de réemploi et de réutilisation coconstruites à partir de matériaux cohérents avec l'existant







Source: les architectes EVR, BC et Callebaut

ACTIONS CIRCULAIRES (CONCEPTION)

Bilan

- Prévenir
 - Vision long terme sur le programme et adaptabilité de certains espaces
- Préservation
 - 75 80 % de maintien
- ► Réemploi sur site (+-5%)
 - Briques
 - Pierres naturelles
 - Carrelages
 - · Appareils sanitaire
 - Radiateur
 - · Échelles incendies
 - Portes
 - Enduit biosourcé
- Réutilisation sur site
 - Granito
 - Vitrage
- Tri des déchets
- Matériaux à faible impact
 - Matériaux biosourcés



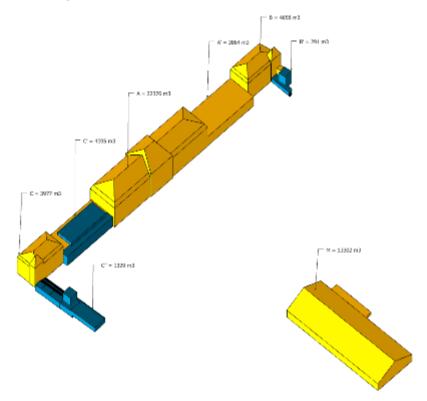






Action transversale n° 0: Maintien

- Les modifications extérieures de volume sont limitées
 - Maintien des volumes A' et C' p/r au PAD
 - Maintenu: +- 51 200 m³ en jaune
 - Nouveau volume: 2 715 m³ en bleu



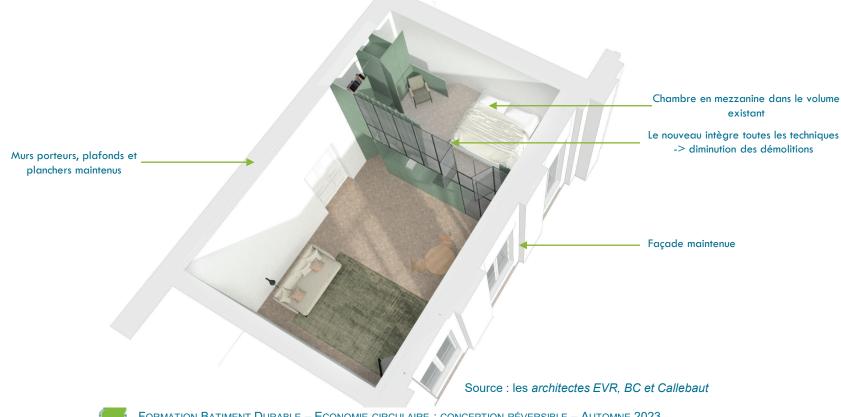
Source : les architectes EVR, BC et Callebaut



ACTIONS CIRCULAIRES (CONCEPTION)

Action transversal n° 0: Maintien

- Les modifications extérieures de volume sont limitées
- Le programme a été adapté à l'existant (quand c'était possible)
- → Au moins 75% des matériaux sont maintenus grâce au choix de conception et d'adaptation du programme quand c'était nécessaire





Action spécifique n° 1 : réemploi des briques du site (et hors site)

Objectif et contexte

Réemploi des briques des bâtiments déconstruits du site pour créer les nouveaux volumes en tant que brique pour 6 applications différentes :

1-A: structurel intérieur (REI60; 19cm)

1-B: non structurel, intérieur 9-14 cm

1-C : parement extérieur 9cm

1-D : parement + structurel (29cm)

1-E: horizontal extérieur

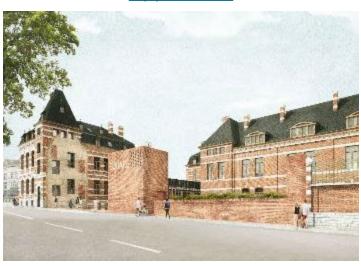
1-F: mur de jardin

Volume déconstruit



Source: les architectes EVR. BC et Callebaut

Application



Source: les architectes EVR. BC et Callebaut

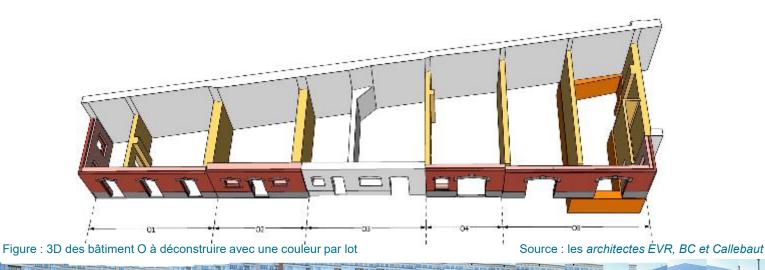
FORMATION BATIMENT DURABLE - ECONOMIE CIRCULAIRE: CONCEPTION RÉVERSIBLE - AUTOMNE 2023

ACTIONS CIRCULAIRES (CONCEPTION)

Action spécifique n° 1 : réemploi des briques du site (et hors site)

- Matériau de base
 - Localisation : bâtiments Phase I + bâtiments O voisins
 - Quantité récupérée : 230m³ (50 60% de taux récup') avec 13 15 lots*
 - Qualité par lot : tests menés pour la gélivité, la résistance à la compression et l'absorption de l'eau
 - Précaution de démontage : précautions nécessaires pour une récup' de 50-60%

(*) les lots (différentes couleurs) ont été définis par la date de construction, l'application existante (intérieur/extérieur; structurel ou non; dégradation due au feu, l'humidité ou au gel), les dimensions et le mortier



Action spécifique n° 1 : Briques

- 6 Applications
 - Quantité nécessaire : 404m³ au total -> une partie devra venir de l'extérieur venir de filière de réemploi
 - Normes à respecter : 6 applications -> évaluation de de chaque lot (13) en fonction de l'application attribuée.

-> test de gélivité non satisfaisant -> utilisation de 230m³ de récup' du site pour les applications intérieurs (structurelles ou non; 246m³ nécessaires)

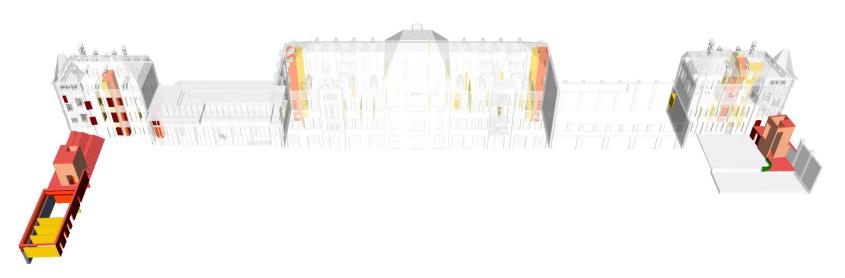


Figure: 3D du projet définitif avec une coloration des différents types d'applications pour les briques de réemploi. (Source: les architectes EVR, BC et Callebaut)



Action spécifique 2 : Vitrage

Objectif et contexte

Réemploi des vitrages dans des cloisons intérieures vitrées

- Matériau de base
 - Localisation : façade des bâtiments
 - Quantité récupérée par lot* : 1273m² de double vitrage
 - Qualité par lot : ancien double vitrage, qualité variable
 - Précaution de démontage : pas encore précisé
- Application
 - Quantité nécessaire : 327m² MAIS nécessite un calepinage précis
 - Normes/règle à respecter : normes acoustiques + calepinage



Source: les architectes EVR, BC et Callebaut

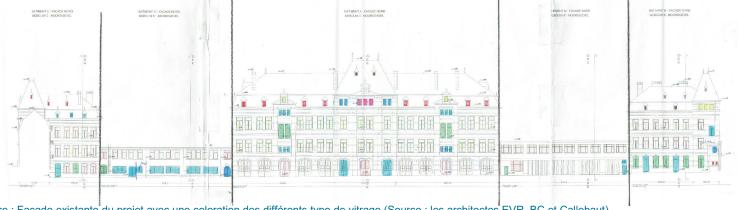


Figure : Façade existante du projet avec une coloration des différents type de vitrage (Source : les architectes EVR, BC et Callebaut)



Actions : conception >< offre des entreprises

- Action spécifique n° 1 : Briques
- Action spécifique 2 : Vitrage
- Action spécifique n° 3 : Pierres naturelles
 - 3.1. ardoises naturelles -> trop cher, prix x 2 à 5 p/r au neuf selon les offres
 - 3.2. tablettes de fenêtre en marbre -> prix x 1,2 2,5 p/r terrazzo
 - 3.3. plinthes en pierre bleue
- Action spécifique n° 4 : carrelages
- Action spécifique n° 5: appareils sanitaires
- Action spécifique n° 6: radiateurs
- Action spécifique n° 7: granito
- Action spécifique n° 8: échelles incendies
- Action spécifique n° 9: portes
- Action spécifique n° 10: enduit biosourcé -> quantité diminuée



+ proposition de l'EG pour du réemploi hors site

- Dauphins
- Portes
- Vitrage
- radiateur

→ Certaines actions circulaires ont été réduites pour rentrer dans le budget. L'EG a proposé quelques débouchés de réemploi hors site.



Action spécifique n° 1 : Briques

Mur d'enceinte B'

- ► Taux de récup' : 0-10%
- ► Technique: disqueuse, marteau piqueur
- Tps démontage :
 - 1-2h/m³ démonté
 - 20 h/m³ récupéré
- Temps de nettoyage : 75 pc/h
- Main d'œuvre : un ouvrier

Bâtiment O

- ► Taux de récup': 30%
- ► Technique : grapin + barre à mine
- Tps démontage :
 - 4h/m³ démonté
 - 17 h/m³ récupéré
- ► Temps de nettoyage : 75 pc/h
- Main-d'œuvre: 1 grutier, 2 ouvriers
- ► Travail créé : 15 h de travail/m³

Mur d'enceinte A' et C'

- ► Taux de récup': 90%
- Technique: disqueuse, marteau piqueur
- Tps démontage:
 - 50h/m³ démonté
 - 44h/m³ récupéré
- Temps de nettoyage : 75 pc/h
- Main d'œuvre : un ouvrier
- ► Travail créé : 50 h de travail/m³







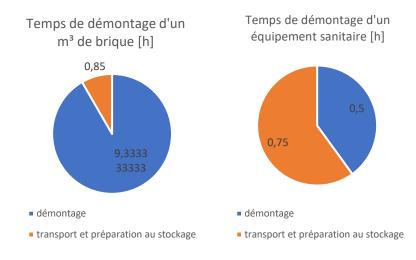


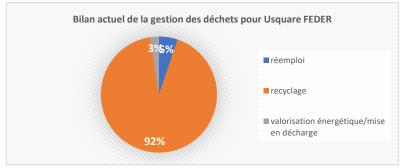




Autres observations

- Logistique intrachantier a un impact important sur certaines opérations
- kgCO2 évité (source : inies) varie selon le taux de recup' et les prix du projet
 - Radiateur : 0,24 0,25 kg/€
 - Equipement sanitaire : 1 2,95 kg/€
 - Brique: 0,54 1,50kg/€
- Bilan positif de la gestion du flux des déchets
- La sous-traitance réduit les marges de manœuvre nécessaire pour maximiser le réemploi







Réussite

- +- 80% des matériaux ont été maintenus (75%) ou réemployés (3-4%) sur site
- Le maintien a pu être validé assez vite et ne nécessite pas toujours d'inventaire
- Le volet financier n'est pas le premier/seul élément dans les discussions et les appels d'offre mais un équilibre durable entre :
 - Le patrimoine
 - Les ambitions circulaires
 - Le programme
 - Le financier
- Le réemploi crée de l'emploi









À améliorer

- ► Parler sur une base commune : vision métabolique >< projet
- Architectes et ingénieurs pensent surtout au projet final, peu aux déchets générés ou la deconstruction
- L'absence d'inventaire avant la conception a créé un écart entre le concept et les quantités réelles disponibles.
- Difficile d'évaluer le coût de ces actions innovantes (conception)
- Incertitude sur les flux entrants en terme de quantité et de qualité des matériaux -> réemploi sur site apporte une traçabilité des lots et donc une facilité dans l'engagement d'une qualité minimale
- ► Face à l'incertitude du réemploi (taux de récup', temps de travail), un travail est encore à faire sur la confiance et la collaboration entre la conception et l'exécution
- ► A l'heure actuelle, il manque une 'jurisprudence' pour réemploi pour valider la qualité des matériaux par des règles de "bon sens"
- La procédure de négociation avec EG n'a pas permis d'améliorer le bilan



CONTEXTE DU PROJET CADRE DE DÉVELOPPEMENT PROJET URBAIN

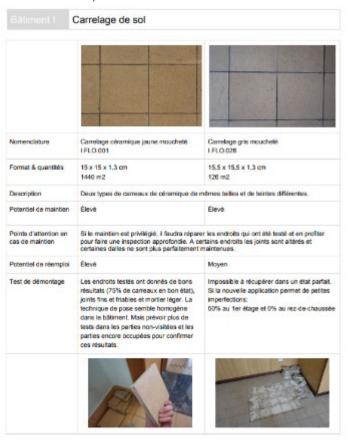
PHASE I: PROJET FEDER

DYNAMIQUE POUR LES PHASES II ET III

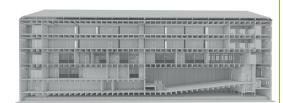
- Etude de l'existant
- Stratégie
- Clos des mariés : actions circulaires



Inventaire des matériaux (Réemploi et maintien)



Ftude du stock avec le BIM et des flux potentiels (-> indicateurs)



Connaissance

- Stock existant
- Flux probables (avec le programme)
- · % des matériaux réemployables dans les flux

Il est possible d'identifier des valeurs pour certains indicateurs à atteindre:

Deconstruction

Min. 60% maintien

Flux OUT

- Min. 80% recyclage
- · Min. 10% réemploi

Flux IN

- 20% biosourcé
- 4% de réemploi

+ TOTEM





Liberta Francisco Francisco (Alexandro (Alexandro))
 Liberta Roberta (Alexandro)
 Liberta (Alex

Autre regard

Ex: Maintien enduit plâtre < enduit argile

- · Impact peinture renouvelée tous les 10 ans > argile
- ! Attention aux hypothèses de calcul incompatible avec la vision sur le bâti (durée de vie, impact de fin de vie ou du renouvellement



Monitoring des flux

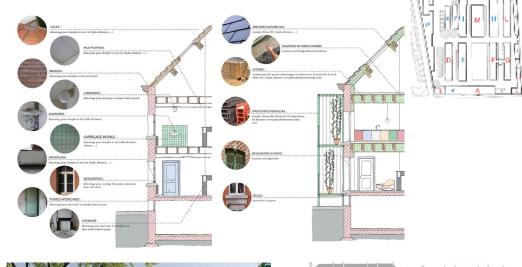
- 1. Gérer de façon exemplaire les ressources matérielles au sein du projet
 - a. Faire avec l'existant
 - b. Déconstruction: maximiser réemploi et recyclage
 - c. Choix des matériaux: recours maximal à des produits de réemploi ou durables/circulaires
 - d. Conception future-proof
- 2. Impacter positivement le développement de la construction circulaire en général
 - a. Challenger l'offre, susciter des expérimentations et vocations
 - b. Devenir un exemple inspirant pour d'autres projets, livrer des enseignements
 - c. Anticiper la future législation marchés publics circulaires



CLOS DES MARIÉS: ACTIONS CIRCULAIRES (CONCEPTION)

Bilan

- Prévenir
 - Vision long terme sur le programme et adaptabilité de certains espaces
- Préservation
 - 88% de maintien (min. 60%)
- Réemploi (min. 4-5%)
 - · Carrelages, sanitaires
 - Portes
 - Luminaires
 - ...
- Réutilisation
 - cheminée
- Tri des déchets
- Matériaux à faible impact
 - Matériaux biosourcés (min. 20%)







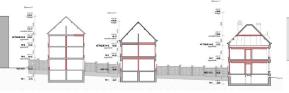




Figure: atelier Keempe thill, Kaderstudio, Latitude, Ney & partners, O.Graeven and Studie 10



CE QU'IL FAUT RETENIR DE L'EXPOSÉ



- Ambition Economie circulaire
 - Diminuer les flux de matériaux = la base
 - Créer des emplois >< coût de la main d'oeuvre
- Pour 'faire' de l'économie circulaire, le gros des enjeux se passent dans la programmation et la conception. Un MO intéressé est donc primordial.
- Prévenir = avoir une vision long terme du bâti par une programmation pérenne et/ou une réversibilité
- Le maintien = l'action circulaire la plus importante à arbitrer au début du projet avec une possible adaptation du programme à l'existant
- Réemploi sur site = maximisation du réemploi avec une incertitude supérieure
 - · Les quantités déconstruites (!perte)
 - La qualité des matériaux
 - · La traçabilité des matériaux
- Réemploi hors site = réemploi basé sur un marché en développement avec minimisation des risques
- L'économie circulaire est une expérimentation qui peut impacter le secteur si on y intègre ses contraintes : augmentation du travail, incertitude augmentée
- Pour cela, des outils belges existent
 - sur le site de Bruxelles-Environnement.
 - Des outils pertinents en France par les projets REPAR ou BAZED.



Victor OOGHE

ir architecte & urbaniste

Doctorant

Service Building Architecture and Town planning

Université Libre de Bruxelles

Service VUB architectural engineering

Vrije Universiteit Brussel



MERCI POUR VOTRE ATTENTION