

Projet

Construction d'un écoquartier de 11 bâtiments.

Pratiques innovantes

- Estimation pré-chantier
- Plan de gestion
- LEAN management
- Valoriste
- Déconstruction et réemploi in situ de matériaux
- Symbiose industrielle – valorisation bois de coffrage
- Tri flux spécifiques
 - Bois de palette
 - Bois de coffrage
 - Frigolite
 - Emballages plastiques
 - Gypse / plâtre
 - Laine de roche
 - Revêtement bitumineux
- Monitoring des flux
- Signalétique et information

Entrepreneurs

Association momentanée
BAM contractors
(www.bamcontractors.be),
CFE Brabant (www.cfe.be),
Jacques Delens
(www.jacquedelens.be)

Action dans le cadre du Programme Régional en Economie Circulaire.



TIVOLI GREEN CITY

Chantier pilote de gestion des déchets de construction à Bruxelles

Description du projet

Le projet consiste en la construction d'un éco-quartier composé de onze nouveaux bâtiments et de la rénovation d'un bâtiment (Bâtiment Belgacom inscrit à la liste de sauvegarde des bâtiments bruxellois). Le projet prévoit la construction de 397 logements (271 logements conventionnés (CITYDEV) et 126 logements sociaux (SLRB)), pour une surface totale de 64.000 m² (surfaces intérieures : 43.222 m², surfaces circulation extérieures – coursives, terrasses – 9.498 m² et surfaces sous-sol : 11.280 m²). Le projet prévoit notamment également la construction de deux crèches de 62 places pour 1.908 m² et des surfaces commerciales pour 770 m² et environ 10.000 m² d'espace public. Le projet est scindé en 5 lots, simultanément construits.

Le projet est par ailleurs lauréat de l'appel à projets [Be.Circular 2016](#) pour les aspects de déconstruction et de réemploi in situ de briques et de carrelages. Le projet est également candidat à l'appel à projets [Be.Circular 2017](#) pour les aspects liés à la gestion des déchets par une entreprise d'économie sociale, la promotion du réemploi de matériaux dans l'aménagement des appartements et la gestion du chantier selon les principes du LEAN management.

Pour plus d'informations sur le projet : <http://www.tivoligreencity.be/>



Vue et plan d'ensemble du projet Tivoli (source : parbam)

Pratiques innovantes de gestion des déchets

De nombreuses thématiques liées à la gestion des déchets et plus largement à l'économie circulaire qui visent une utilisation rationnelle des ressources matérielles et une attention particulière aux ressources humaines, sont mises en pratiques sur le chantier :

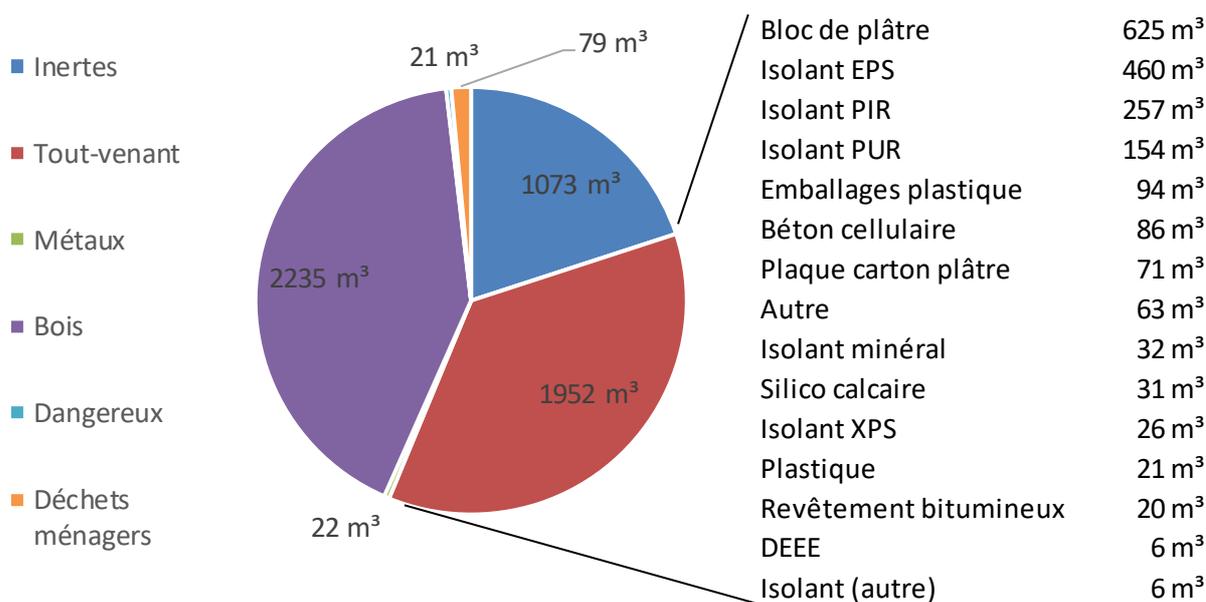
- Le projet a attaché une attention particulière à la gestion des déchets bien en amont du chantier puisqu'on retrouve dans le **cahier des charges** une clause spécifique à la gestion des déchets qui énumère les actions à mener par l'entrepreneur :

La gestion des déchets comporte tout ou partie des opérations suivantes :

- la prévention des déchets,
- le transport et la manutention interne sur le chantier,
- le tri sélectif sur chantier,
- le stockage provisoire sur le chantier,
- la gestion et l'entretien de la zone réservée au stockage et au traitement sur chantier,
- le conditionnement,
- le chargement et le transport,
- le déchargement au lieu de destination,
- la tenue des documents,
- les autorisations requises par la législation.

Extrait du cahier spécial des charges (source : ADRIANA architectes)

- Sur base du métré, des plans et du cahier des charges du projet, une **estimation** de la quantité de déchets attendue sur chantier a permis d'identifier les flux clefs et de mettre au point un **plan de gestion** des déchets : quantité attendue estimée, méthode de tri et de collecte, filières de traitement envisagées. Les quantités totales de déchets foisonnés seraient de 5382 m³ pour un équivalent de 2862 t de déchets produits durant le chantier.



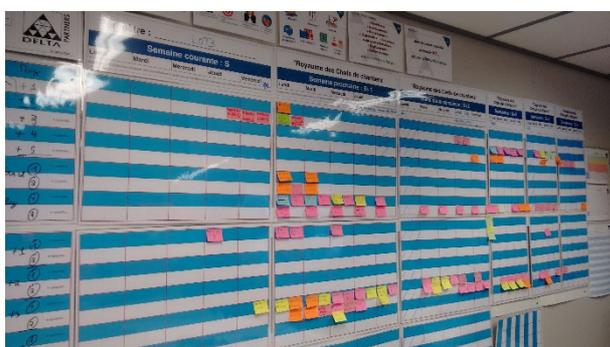
Estimation des fractions et flux de déchets (en volume foisonné) et détail du tout-venant (source : CSTC)

S'il n'est pas le plus important (bois – 42%), le flux de déchets tout-venant serait un des flux principaux du chantier. L'estimation permet de mettre en évidence les matériaux qui composent ce flux tout-venant. La mise en évidence de ces déchets a permis de construire un plan de gestion des déchets pour la collecte séparée de certaines fractions composant ce flux de tout-venant.

Ainsi, il a été décidé de trier et collecter séparément sur chantier les fractions suivantes : les emballages plastiques, la frigolite, les matériaux en plâtre, les isolants minéraux et les revêtements bitumineux.

Le choix de l'application d'un tel plan de gestion est gouverné par une triple optimisation environnementale (activation des meilleures filières de traitement), économique (minimisation du coût de collecte pour l'activation de la filière) et pratique (aisance à collecter les différentes fractions) dépendant de l'espace disponible sur chantier.

- Le chantier Tivoli optimise sa gestion de chantier en appliquant le modèle **LEAN**. Ce modèle de gestion et d'opérationnalisation efficaces de la construction vise notamment à augmenter la qualité des chantiers en impliquant la participation de tous les intervenants de chantier. Le modèle LEAN tend à favoriser une plus grande polyvalence dans le chef des entrepreneurs et ouvriers en créant des espaces et des moments de collaboration entre tous les acteurs du chantier (entrepreneur, sous-traitant, ouvriers, etc.) en se basant sur des méthodes participatives. Le principe de travail du LEAN est de créer de la valeur pour le client de manière durable, par l'élimination des frais liés aux gaspillages dans les processus de l'entreprise en contournant tout ce qui ne crée pas de valeur ajoutée pour le client (réduire les coûts et optimiser les flux). Ces frais ne visent pas uniquement les vices de construction, mais aussi les stocks déraisonnables, les déplacements excessifs, les capacités sous-exploitées, etc. Le LEAN management permet donc d'envisager une meilleure efficacité du chantier en réduisant les erreurs et donc la production de déchets tout en augmentant la qualité du planning au travers de la responsabilisation de tous les acteurs.



Modèle participatif de planification de chantier selon le modèle LEAN. (photo : CSTC)



Marquage des zones de circulation, stockage et déchet selon le modèle LEAN. (photo : CSTC)

- Le chantier Tivoli collabore avec un « **gardien de déchets de chantier** » ou « **valoriste** » pour la collecte et le tri de ses déchets. Les gardiens de chantiers sont des employés d'entreprises d'économie sociale qui peuvent rendre des services relatifs, d'une part, à la mise en place d'un plan de gestion des déchets pour le maintien d'un chantier propre (collecte au poste de travail, tri, monitoring, rangement des containers, etc.), et d'autre part, pour veiller à une meilleure sécurité sur chantier (bâchage des containers, ouverture et fermeture de la déchetterie de chantier, affichage et signalisation, nettoyage du chantier, etc.). Sur le chantier, le gardien de déchets de chantier (société Levanto¹) est principalement chargé de ranger les containers rempli lot par lot afin d'en augmenter le taux de remplissage. Le valoriste est entré en fonction au mois d'avril 2017 (début du chantier 09/2016) et les résultats de son travail permettent globalement de pouvoir remplir deux fois plus les containers par rapport à un remplissage « en vrac » habituel. La seconde tâche principale du gardien de chantier est d'augmenter le nombre de fractions

¹ LEVANTO, <https://www.levanto.be/werfwachters>

triées et la qualité de ce tri. Ainsi, le gardien de chantier trie systématiquement les bois de coffrage², les emballages plastiques, la frigolite, les isolants synthétiques, les papiers et cartons. Le gardien de chantier veille également à ce que la signalétique des déchets soit toujours présente et respectée.

AVANT intervention du gardien de chantier

APRES intervention du gardien de chantier



(photos : CCB-C & CSTC & CFE Brabant)

Cependant, malgré la plus-value environnementale (meilleur tri et plus de fractions triées) non négligeable, la collaboration avec un gardien de déchets de chantier ne permet pas de dégager une rentabilité économique puisque le coût de main d'œuvre ne peut pas être pallié par l'unique fonction de meilleurs tri et remplissage des containers, tels qu'expérimentés sur ce chantier.

² Voir infra « Symbiose industrielle – Valorisation des bois de coffrage ».



Versage des déchets dans container



Rangement du container



Container bois rangé



Signalétique des fractions



Installation zone de tri
(photos : CCB-C & CSTC)



Collecte séparée bois de coffrage

- En plus des 11 bâtiments qui sont construits sur le site, le bâtiment Belgacom fait l'objet d'une rénovation lourde. Cette rénovation consiste en un changement d'affectation (des bureaux en logements) et en l'ajout de deux étages au-dessus du corps principal du bâtiment.

Pour la partie démolition de la rénovation, le chantier a privilégié l'expérimentation de l'urban mining au profit de la **déconstruction sélective et du réemploi** de certains matériaux, en lieu et place d'une démolition classique.

La première étape du processus de déconstruction consiste à réaliser un inventaire de pré-démolition afin d'identifier et de quantifier les éléments existants qui représentent un potentiel de réutilisation sur ou hors site. L'inventaire a été complété par un test de déconstruction afin de confirmer et de donner la priorité aux éléments facilement démontables et donc récupérables et de distinguer les éléments qui pourraient entraîner des difficultés et la perte de matériaux. Un tableau récapitulatif est alors fourni à l'entrepreneur et comprend un rapport photographique, le type d'élément et son emplacement, la quantité à récupérer et la masse totale estimée. Sur le site, environ 6 tonnes de carreaux de revêtement de sol en céramique, 3 tonnes de carreaux muraux émaillés, 1 tonne d'étagères en métal et un corps de cheminée en marbre de 0,5 tonne étaient assurément déconstruits.

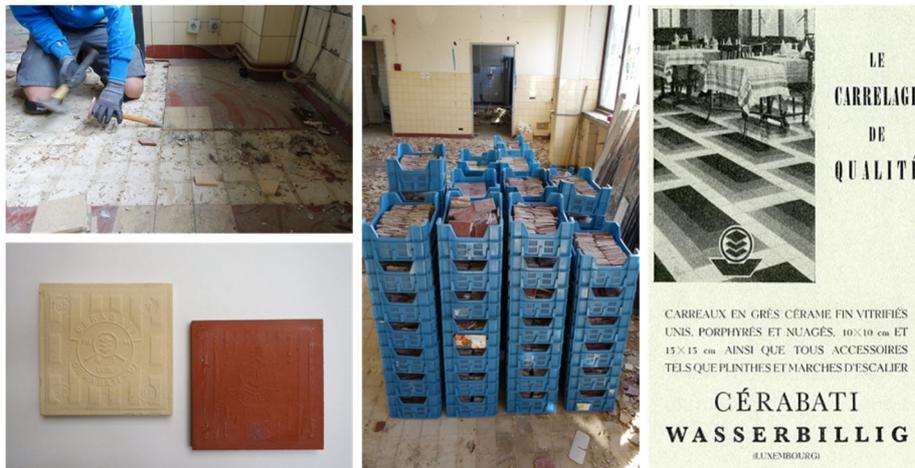
La deuxième étape du processus consiste en la déconstruction elle-même. Tout d'abord, les matériaux doivent être soigneusement démantelés de leur support par l'utilisation d'outils et de techniques spécifiques de déconstruction. Malheureusement, cette étape conduit à la production de déchets, étant donné que tous les matériaux ne sont pas techniquement récupérables : bris, écaillage, difficulté de déconstruction, etc. Sur le site, environ 50% de la quantité estimée de carrelages de sol a été perdue lors de la déconstruction. Deuxièmement, les matériaux récupérés en bon état doivent être emballés dans des boîtes adaptées à leurs dimensions et à leur transport. La troisième étape est la préparation au réemploi. Cette étape est divisée en plusieurs étapes, y compris le transport du site vers l'entrepôt du déconstructeur. Arrivés chez le déconstructeur, les éléments doivent être nettoyés, inventoriés et étudiés au niveau historique en vue de les caractériser le plus précisément pour la revente en réutilisation. L'étude historique des carreaux a révélé que certains ont été produits en Belgique dans les années soixante.

| | Type d'élément | Quantité à récupérer | Masse (éval.) |
|---|---|---|---------------|
|  | Carrelage céramique 10x10 cm, damier rouge / beige moucheté | 200 m ² (>400 m ² en tout dans le bâtiment, ~50 % de perte au démontage) | 5600 kg |
|  | Carrelage mural émaillé jaune | 140 m ² (~190 m ² en tout dans le bâtiment) | 3100 kg |
|  | Tablettes de fenêtre en marbre, épaisseur 2 cm | Min. 60 m courants (tout) | 850 kg |

Extrait de l'inventaire pré-démolition, identifiant les réutilisables (source : Rotor)

Toutes les parties impliquées dans le projet ont bénéficié de cette expérience :

- La déconstruction a été accomplie pendant 16 jours/hommes (avec 5 travailleurs peu diplômés mais très qualifiés dans les travaux de déconstruction) et 5 jours/hommes de travaux de supervision. Tout le monde a été payé par la revente des matériaux récupérés.
- Certains carreaux de revêtement de sol ont été vendus au propriétaire du site en accord avec ses architectes (de sorte que le réemploi a été appliqué sur le site). Le prix était plus élevé que le prix conventionnel des carreaux initialement prévu, mais le propriétaire y a trouvé une valeur ajoutée (principalement esthétique et patrimoniale) suffisante pour les réutiliser. En outre, la qualité des carrelages récupérés est plus élevée que les nouveaux carrelages bas de gamme.
- L'entrepreneur a trouvé un avantage économique par rapport à une démolition conventionnelle puisque plus ou moins 5 tonnes de déchets ne devaient plus être évacués par le démolisseur.



Préparation au réemploi : déconstruction, transport et nettoyage, documentation et vente (photos : CSTC & Rotor)

Finalement, 125 m² de carrelage ont été réutilisés sur site, dans le bâtiment Belgacom (184 m² avaient été extraits).



Les carrelages déconstruits puis préparés au réemploi sont finalement réutilisés sur site
(photos : Rotor)

- Les déchets de mise en œuvre liés aux procédés constructifs sont difficilement estimables étant donné leur absence dans les documents de chantiers. Parmi ces déchets, les bois de coffrage peuvent représenter un flux important. Il s'agit donc d'un flux problématique pour le chantier qui a trouvé une solution dans la mise en œuvre d'une **ymbiose industrielle** pour leur valorisation.

Une symbiose industrielle consiste principalement à léguer par vente ou donation des matières considérées comme déchet par une entreprise à une autre entreprise qui les considère comme ressource et qui rentrent dans un processus de production. Cette symbiose est d'autant plus intéressante à mettre en place que les deux entreprises collaborantes se trouvent sur des secteurs d'activité non concurrentiels. La symbiose industrielle établie sur le chantier Tivoli s'est organisée entre l'entrepreneur du chantier et un groupement d'entreprises voisines du chantier autour de la valorisation des bois de coffrage dans la production de serres agricoles, le projet « Tomato Chili », candidat à l'appel à projet Be.Circular 2017.

Sur le chantier, le gardien de chantier³ soustrait systématiquement du container bois, les bois de coffrage identifiés comme potentiellement intéressants⁴ par « Tomato Chili ». Un cahier des charges des bois potentiellement récupérables a donc préalablement été donné à l'entrepreneur (madriers, bois d'emballage, etc.). Les bois collectés séparément sont ensuite récupérés sur le chantier par « Tomato Chili » avec un transport réduit à zéro vu que leur atelier est limitrophe du chantier.

Les bois sont alors nettoyés en enlevant les restes de béton et les clous (travail réalisé par des ouvriers en réinsertion sociale). Ils sont ensuite calibrés et usinés en atelier pour leur donner le profil nécessaire à leur assemblage au sein de la future serre. Les assemblages sont entièrement réversibles ; la serre est ainsi modulable, réutilisable et démontable. L'assemblage est aisé car toutes les pièces ont une longueur maximum de 1m60 et sont facilement maniables et transportables.



Bois de coffrage valorisables



Usinage des pièces

³ Voir supra « Gardien de déchets chantier »

⁴ On pourrait préférer ici le terme d'upcycling (certains auteurs préfèrent le terme « superuse ») au lieu de réemploi puisque les matériaux considérés comme déchets par leur producteur sont détournés, par leur second utilisateur, de leur utilisation première en leur donnant une valeur ajoutée supérieure à celle de leur première application.



Calibrage des pièces



Bois nettoyés et rabotés



Types de bois collectés



Déchets ultimes valorisables



Serre en pièces détachées



Production des pièces de la serre



Montage d'une serre



(photos : « Tomato Chili » & CSTC)



Serre installée

Le soutien de cette filière d'upcycling du bois de coffrage permet au chantier de soustraire 1,14 m³ par serre de ses containers bois. C'est autant de bois qui sont valorisés par le réemploi à la place du recyclage. Il s'agit donc d'une action avec un double bénéfice économique (moins de déchets pour l'entrepreneur et ressource à bas prix pour le constructeur de serre) ainsi qu'un bénéfice environnemental (meilleure filière de traitement des « déchets »).

La quantité totale de bois issue du chantier et valorisée dans la construction de serres est de 4,2 m³. Le bois provenant du chantier a surtout été utilisé pour des pièces de moins de 90 cm car les morceaux de plus de 120 cm sont réutilisés sur le chantier. La construction d'une serre de 9 m² nécessite 1,14 m³ de bois. 43% du bois récupéré devient un déchet issu de la fabrication de la serre (mauvaises pièces, rabotage, etc.). Toutefois, tous les déchets produits sont valorisés en compostage ou en incinération (petits bois).

Toutes les parties impliquées dans le projet ont bénéficié de cette expérience :

- L'entrepreneur y a trouvé une opportunité de soustraire une partie des bois de ses containers bois, diminuant par autant le coût de collecte de ces matières.
- Cette action rencontre également le souhait de l'entrepreneur de soutenir des entreprises innovantes dans des projets soutenables en économie circulaire.
- Le projet « Tomato Chili » a trouvé une filière fiable d'approvisionnement en matière première l'encourageant à déposer une candidature à l'appel à projets Be.Circular 2017 pour la mise au point d'un business model circulaire lié à l'économie de la fonctionnalité.

- Le chantier met en place un **tri de plusieurs fractions**, notamment grâce à la collaboration avec l'entreprise Levanto et la mise à disposition d'un gardien de chantier. L'obligation légale de tri ne porte que sur 3 classifications (inertes, non dangereux et non inertes, dangereux). Pour des raisons économiques, l'entrepreneur trie également les déchets en plusieurs fractions : inertes, dangereux, bois, métaux, ménagers et tout-venant. Le tri plus spécifique des déchets habituellement jetés dans le container tout-venant fait l'objet d'une recherche d'un optimum économique et environnemental tel que présenté ci-dessus dans les aspects d'estimation des déchets. C'est ainsi que les fractions suivantes sont triées sur chantier :

| Fraction | Description de la filière |
|---|---|
| Emballage plastique et plastiques souples | Le système « Clean Site » met à disposition des sacs de 400 litres qui sont remplis uniquement par des films d'emballage plastique. L'entrepreneur n'utilise pas les sacs clean site mais un équivalent proposé par son collecteur. L'entrepreneur remplit les sacs sur chantier et les évacue vers son dépôt où ils sont finalement repris par son collecteur. |
| Emballage frigolite | L'entrepreneur utilise les sacs similaires à ceux utilisés pour les emballages plastiques pour la collecte des emballages en frigolite (recyclage). Ceux-ci sont collectés directement sur chantier par le collecteur de déchets. |
| Isolant laine minérale | L'entrepreneur a conclu un accord avec un producteur de laine minérale pour que ce dernier reprenne les chutes de mise en œuvre de ses produits. Ceux-ci réintégreront le cycle de production de l'isolant. |
| Roofing bitumineux | L'entrepreneur a collecté séparément les chutes de mise en œuvre des revêtements bitumineux afin qu'elles soient réintroduites dans un cycle de production de roofing. |

Par ailleurs, l'entrepreneur envisage l'utilisation d'une presse à compresser pour réduire le volume des papiers et cartons générés sur le chantier. Ce n'était pas rentable.

- Durant toute la durée du chantier, un **monitoring des flux** de déchets est réalisé. Ce monitoring permet de mesurer l'impact de la production de déchets sur le budget du projet mais également de prendre conscience des méthodes constructives sur la production de déchets. Seuls les déchets évacués pour lesquels l'entrepreneur reçoit un bordereau d'évacuation de la part de son collecteur sont introduits dans le fichier de monitoring.

Ainsi, les différentes fractions qui apparaissent dans le tableau de monitoring sont les inertes, les métaux, les tout-venant, les bois, les dangereux, frigolite, papier-carton et les ménagers ; pour un volume totale de 10335 m³, soit 17.3 m³/100m².

Le monitoring des déchets est réalisé lot par lot, ce qui permet au directeur de chantier de pouvoir comparer la production de déchets à l'avancement de chacun des lots. Seuls les emballages en plastique et les emballages en frigolite sont collectés et encodés pour l'ensemble du chantier.

Les déchets ménagers n'apparaissent pas non plus dans le monitoring car ils sont pris en charge directement par Bruxelles-Propreté.

Par ailleurs, grâce aux filières d'up-cycling et de réemploi soutenues par le chantier, ce n'est pas moins de 4,2 m³ de bois et 5 tonnes de revêtements de sols qui ont pu être soustraits des déchets et des filières habituelles d'incinération et de recyclage.

Bien que ces chiffres soient relativement faibles comparés aux volumes de déchets produits sur le chantier, ils démontrent tout le potentiel de création de valeur économique locale puisque des entreprises se saisissent déjà de ces quelques matières.

- Finalement, une **signalétique** spécifique et systématique est affichée sur les containers et dans les lieux de collecte et maintenue en place sur le chantier pour informer les ouvriers et maintenir un tri optimal des déchets.

En outre, l'entrepreneur, assisté du gardien de chantier, signale les erreurs de tri et les met en évidence dans les lieux de passage des ouvriers.



Explication du tri



Déchets ménagers



Déchets tout-venant



Déchets de bureaux
(photos : CSTC & CCB-C)



Zone de tri