

**SÉMINAIRE  
BÂTIMENT DURABLE**

**Gestion de  
chantier circulaire :  
Vers une optimisation des flux**

2 décembre 2022

**Retour d'expérience**

**Gestion des ressources matérielles**

Maximilien CROUFER & Maxime VINEL





# PRÉSENTATION DES ORATEURS

## **Retour d'expérience : Gestion des ressources matérielles**

Maxime VINEL et Maximilien CROUFER (CIT Blaton)

CIT Blaton est un entrepreneur général de construction de classe 8, basé à Bruxelles et actif sur l'ensemble du territoire belge.

Maxime VINEL est ingénieur civil de formation, spécialisé en techniques du bâtiment. Toujours en quête d'améliorations techniques, organisationnelles, ou environnementales, Maxime remplit la fonction de Quality Manager au sein de CIT Blaton. Il y est responsable du système qualité, en ce compris l'ensemble des outils et processus appliqués dans le cadre des activités de l'entreprise.

Maximilien CROUFER, quant à lui, est ingénieur civil, spécialisé en ingénierie environnementale. Maximilien remplit la fonction d'Ingénieur d'Etudes en Energie et Environnement au sein du service Etudes et Engineering de CIT Blaton. Il est notamment actif sur divers projets à long terme, visant à maîtriser l'impact environnemental des activités de l'entreprise.

La gestion des ressources, qu'elles soient matérielles, mais aussi humaines, spatiales ou temporelles, est l'un des défis majeurs auquel font face les entrepreneurs généraux. Chaque chantier amenant ses spécificités, de nombreux outils et réflexes sont développés en permanence pour améliorer cette gestion des ressources.

La présentation a pour but d'offrir un retour d'expérience sur ces différents outils et habitudes, ainsi que sur un cas spécifique de gestion des déchets sur le chantier iconique Belliard 40 à Bruxelles.

## **LEAN ET GASPILLAGES SUR CHANTIER**

- ▶ Les 7 types de gaspillage du LEAN
- ▶ Leviers d'action sur les gaspillages
- ▶ Quelques outils en détails
- ▶ En résumé

## **RETOUR D'EXPÉRIENCE - GESTION DES DÉCHETS DE CONSTRUCTION SUR BELLIARD 40**

- ▶ Evaluation
- ▶ Plan d'action
- ▶ Tri et revalorisation
- ▶ Bilan

## **LEAN ET GASPILLAGES SUR CHANTIER**

- ▶ Les 7 types de gaspillage du LEAN
- ▶ Leviers d'action sur les gaspillages
- ▶ Quelques outils en détails
- ▶ En résumé

## **RETOUR D'EXPÉRIENCE - GESTION DES DÉCHETS DE CONSTRUCTION SUR BELLIARD 40**

- ▶ Evaluation
- ▶ Plan d'action
- ▶ Tri et revalorisation
- ▶ Bilan

5 LES 7 TYPES DE GASPILLAGE DU LEAN

Non-Qualité / défauts



Surproduction



Attente



Transports



Stockage



Mouvements inutiles



Processus excessif / surqualité



Potentiel humain



### Non qualité – défauts

**Coût de la « non-qualité » : estimé à 10% du Chiffre d'Affaires (CA)**

- ▶ Gestion des défauts
  - Main d'œuvre
  - Matériaux
  - Déchets
  
- ▶ Impact planning
  
- ▶ Service Après Vente (SAV)



## Non qualité - Défauts

Préparation

Coordination

Communication

Suivi des travaux

Contrôle



## Surproduction

### Préparation

### Prévision

- ▶ Planning
- ▶ Non qualité - Défauts

### Communication



**Attente**

**Préparation**

**Coordination**

**Communication**

**Planning (planification temporelle)**



## 10 LEVIERS D'ACTION SUR LES GASPILLAGES

### Les Flux:

### Transports – stockage – mouvements inutiles

#### Logistique

- ▶ Gestion des grues
- ▶ Stockage nécessaire?



#### Préparation

### Aménagement du site – Planification de l'espace

- ▶ Zones de déchargement
- ▶ Stocks
- ▶ Points clés (zones fumeurs, sanitaires, ...)



# 11 LEVIERS D'ACTION SUR LES GASPILLAGES

## Processus excessifs – Surqualité

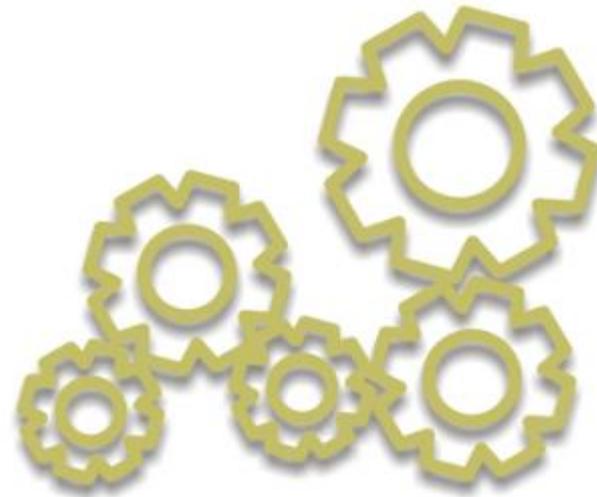
### Préparation

### Connaissance

- ▶ Tolérances
- ▶ Travaux

### Communication

### Tolérances



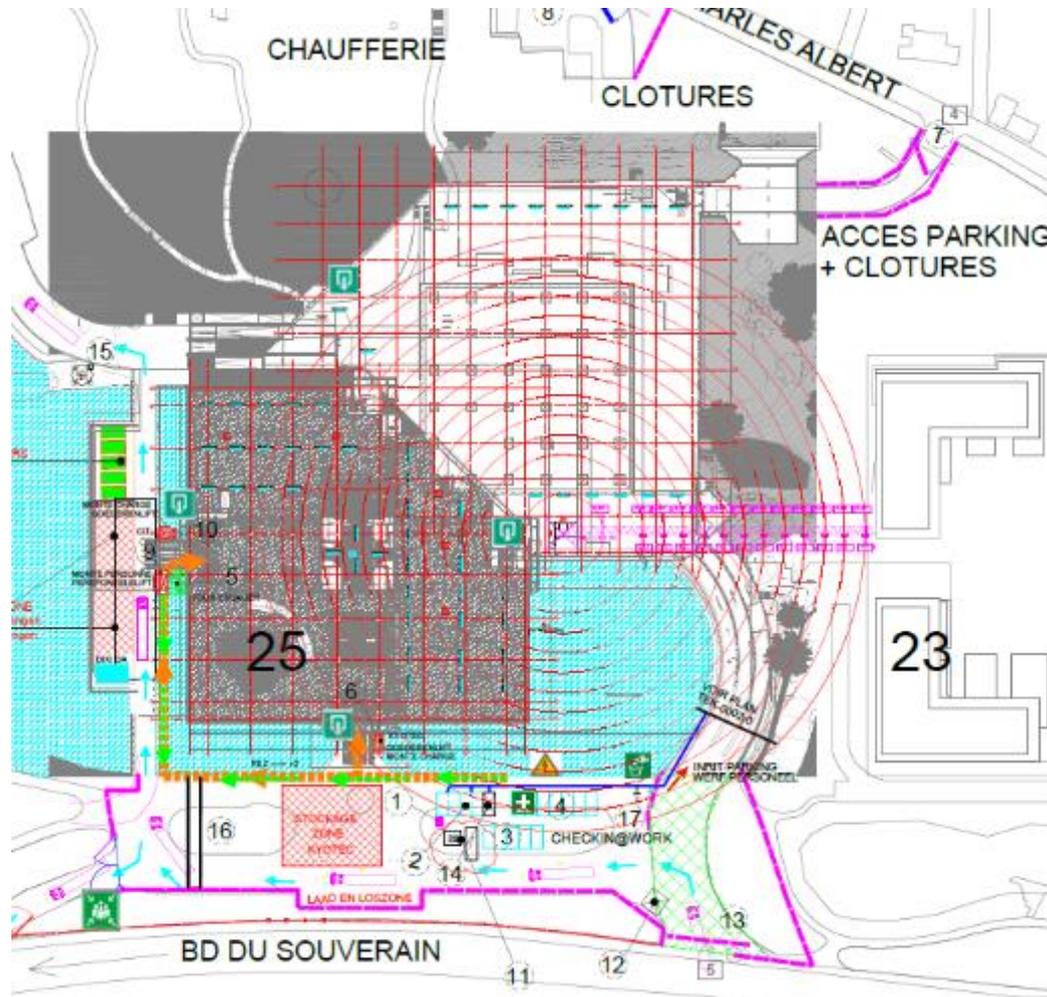
## 12 LEVIERS D'ACTION SUR LES GASPILLAGES

### Champs d'action communs



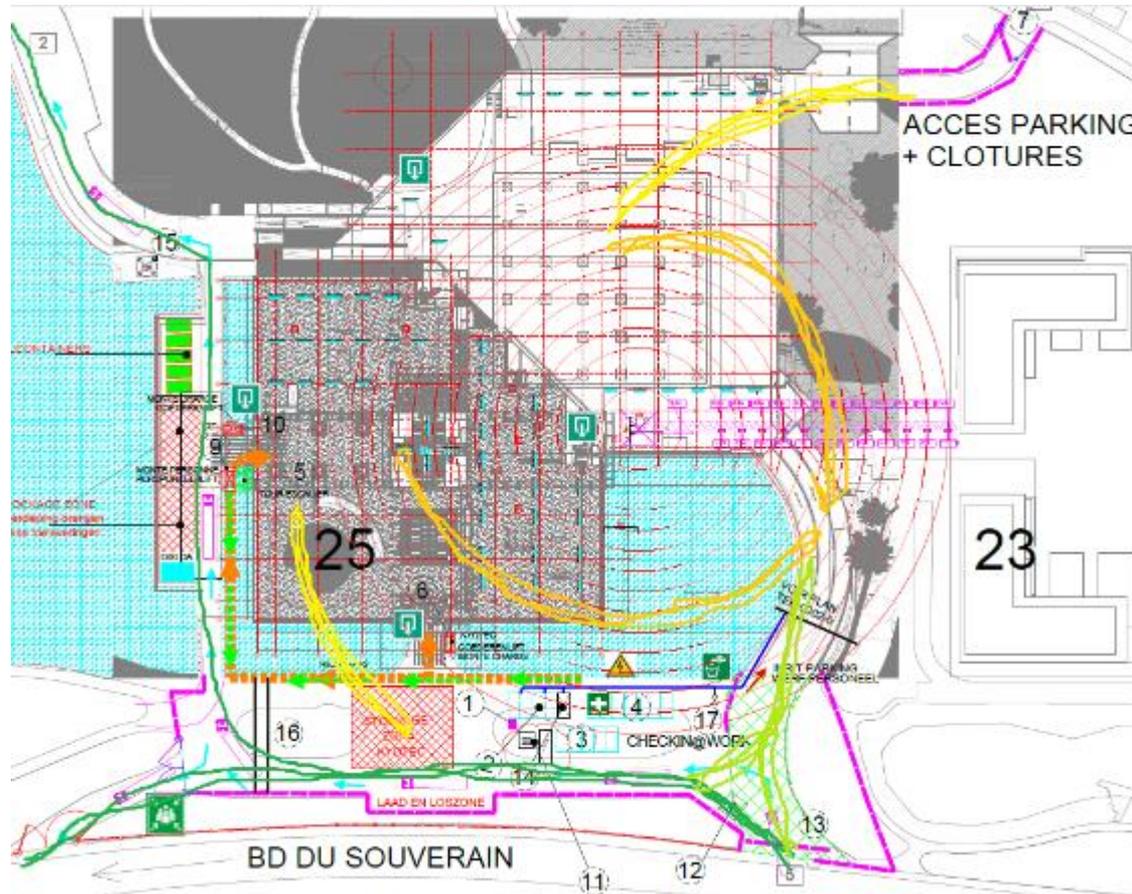


## Préparation : le plan d'installation de chantier



## Plan d'installation de chantier

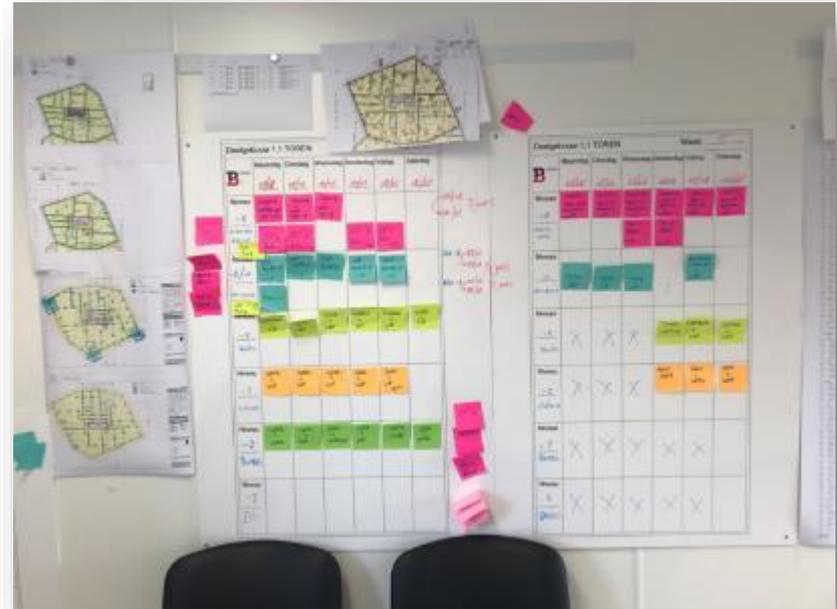
- Zoom sur les diagrammes Spaghetti





### Sur chantier : la planification LEAN

- ▶ Planification court terme
- ▶ Planification collaborative
- ▶ Outils simples
- ▶ Outils visuels



Sources : Cit Blaton

### Exemple : Last Planner System (LPS)

(Post-its)

## Sur chantier : la communication

- ▶ Réunion des chefs d'équipes
- ▶ Toolbox meetings

Sources : Cit Blaton



Suivi des travaux : les logiciels de check-list

BUILD FOR THE DIGITAL AGE



## Utilisation des logiciels de check-list

### ► Curatif

- Suivi de chantier
- Pré-réceptions
- Réceptions

Plan reprenant des remarques de suivi de chantier



## QUELQUES OUTILS EN DÉTAIL

### Utilisation des logiciels de check-list

#### ► Préventif

- Préparation
- Communication
- Planification de contrôles

#### Il y a deux semaines

BUR / BUR.13	QUAL2.1.16	Contrôle remplissage allege	Rémi Thirion	14-08-17	Vérfié par CIT
BUR / BUR-1	QUAL2.1.17	Fermeture pied de facade cour anglaise	Rémi Thirion	18-08-17	Vérfié par CIT

#### La semaine dernière

BUR / BUR.7	QUAL2.1.18	Contrôle fermeture acoustique		23-08-17	Vérfié par CIT
SAN / San.B5	QUAL2.1.19	Control baie de porte sanitaire		24-08-17	Vérfié par CIT

#### Aujourd'hui

BUR / BUR.10	QUAL2.1.20	Mousse acoustique		30-08-17	Refusé/Non conforme
--------------	------------	-------------------	--	----------	---------------------

#### Vendredi

	QUAL2.1.07	vérification exécution plafonds sanitaires	Laurent Hemstedt	01-09-17	En cours
--	------------	--	------------------	----------	----------

#### Le mois prochain

	QUAL2.1.09	Plafond extérieur: Vérification de la descente de l'isolant autour des colonnes rondes (jusqu'au niveau du FP)	Rémi Thirion	30-09-17	En cours
GO / P.13	QUAL2.1.21	Contrôle de la position des colonnes alignées sur les bandrasters	Cit Blaton	30-09-17	En cours

### Et après? Les retours d'expérience

Via des outils spécifiques, créer des canaux de retour d'expérience entre les collaborateurs concernant:

- ▶ Innovations
- ▶ Processus
- ▶ Bonnes pratiques
- ▶ Non-conformités / défauts / ...
- ▶ ...



Source : Cit Bleton

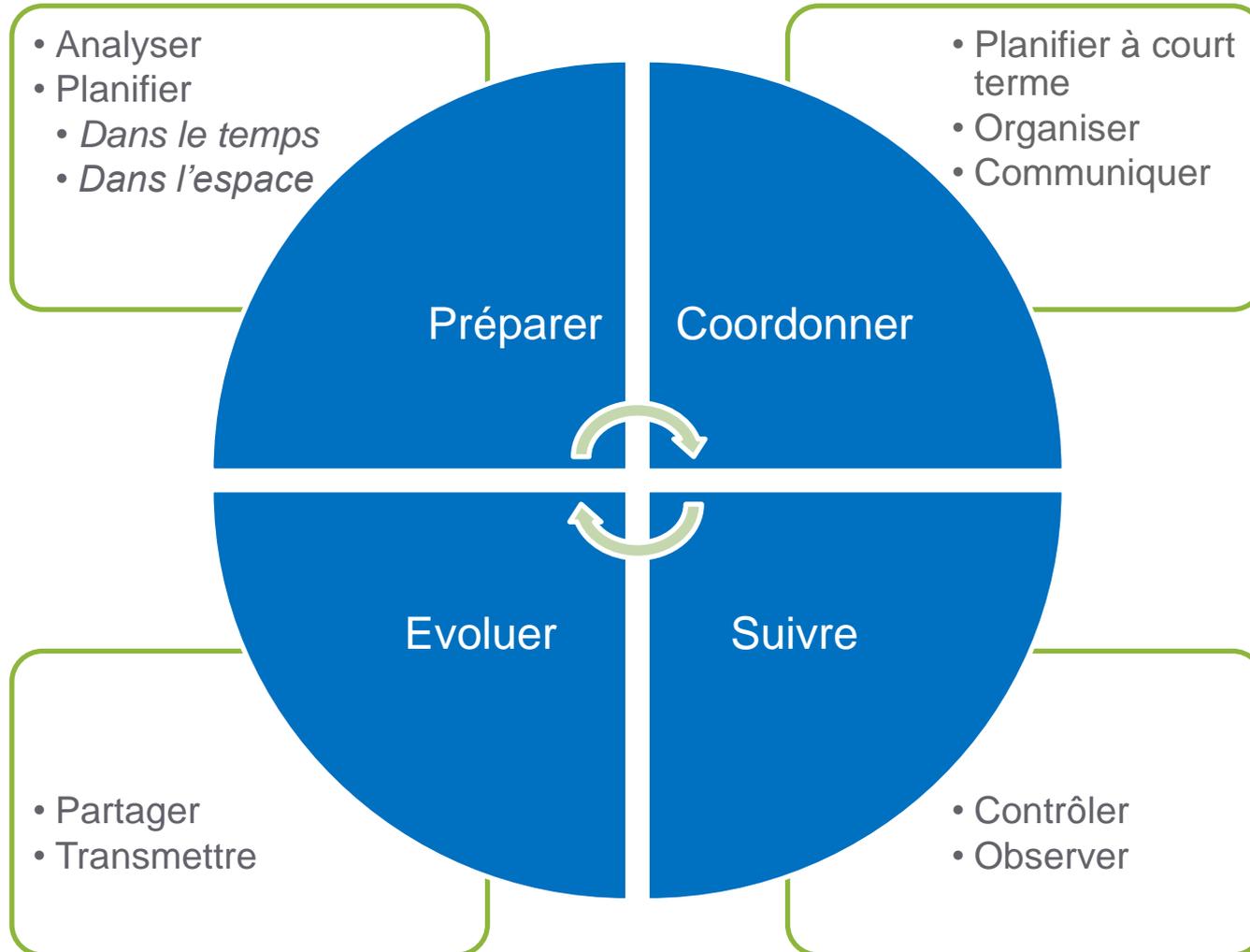
## Les retours d'expériences

### Quelques outils de transmission

- ▶ Réunions spécifiques
  - PM
  - Conducteurs
  - ...
  
- ▶ Fiches de non-conformités
  
- ▶ Fiches LEAN
  
- ▶ Groupes de travail sur des sujets clés
  
- ▶ Communications « Flash »  
Notes de service

Source : Cit Blaton





## LEAN ET GASPILLAGES SUR CHANTIER

- ▶ Les 7 types de gaspillage du LEAN
- ▶ Leviers d'action sur les gaspillages
- ▶ Quelques outils en détails
- ▶ En résumé

## RETOUR D'EXPÉRIENCE - GESTION DES DÉCHETS DE CONSTRUCTION SUR BELLIARD 40

- ▶ Evaluation
- ▶ Plan d'action
- ▶ Tri et revalorisation
- ▶ Bilan

## Description du Projet

### Belliard 40:

- ▶ Bâtiment de 20.000 m<sup>2</sup> (hors sol)
- ▶ 5.000 m<sup>2</sup> (sous-sol).
- ▶ Bureaux + logements + commerce
  
- ▶ Architect : Art&Build
- ▶ MO : Cofinimmo

### Construction Durable:

- ▶ Lauréat Bâtiment Exemple 2011
- ▶ Certifié passif
- ▶ BREEAM Excellent 2009
- ▶ Chantier pilote gestion des déchets (Bruxelles Environnement-CCB-C CSTC)

BREEAM<sup>®</sup>

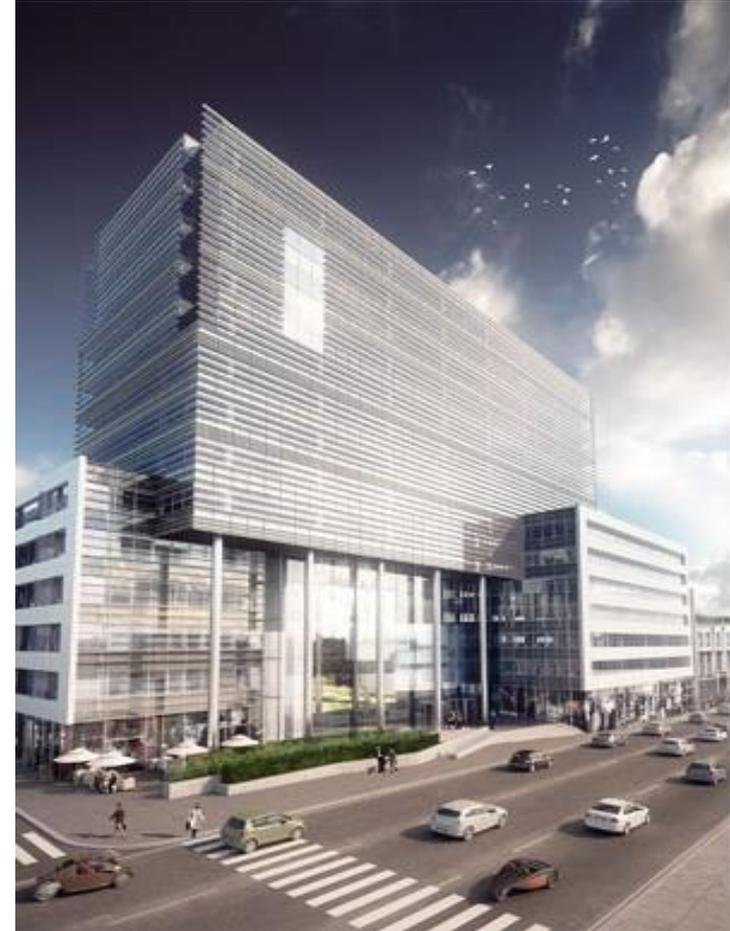


## Belliard 40 : Description du projet

- ▶ Démolition du bâtiment existant
- ▶ Construction d'un bâtiment neuf par CIT Blaton
- ▶ Champ d'action sur les déchets de construction uniquement



Source : Cofinimmo



Source : Art&Build

## Certification environnement BREEAM

### Niveau BREEAM visé sur Belliard 40 : Excellent

- ▶ Le maximum de crédits est visé sur la gestion de déchets de chantier
- ▶ Crédits 'innovation' visés

### BREEAM pour l'entrepreneur générale

- ▶ Gestion durable du chantier
- ▶ Suivi des consommations: énergie, transports, déchets
- ▶ Gestion des déchets

### Exigences BREEAM sur la gestion des déchets

- ▶ Plan de gestion des déchets
- ▶ Objectifs et monitoring de la quantité de déchets évacués
- ▶ Actions de réduction de déchets sur 5 groupes de déchets
- ▶ Tri de 5 groupes de déchets pour recyclage/revalorisation
- ▶ Min 60% des déchets sont détournés de sites d'enfouissement

## Plan de gestion des déchets

*Réalisé en début de chantier*

1. Identification des types de déchets présents
2. Évaluation des quantités
3. Prévention de production de déchets
4. Gestion des déchets sur chantier
5. Options de traitement des déchets

### *Hiérarchie gestion des déchets*



## Diminution de la quantité de déchets

### Emballages

- Utilisation de silo à mortier
- favoriser l'utilisation d'emballages consignés
- Utilisation de palettes normées et consignées
- favoriser des livraisons en gros volume

### Bois

- Utilisation de coffrages réutilisables générant moins (ou pas) de déchets de bois
- Nombreux éléments préfabriqués nécessitant moins de coffrage en bois

### Inertes

- Utilisation d'éléments préfabriqués (hourdis..) générant moins de déchets sur chantier
- Prévoir des réservations dans le béton, pour limiter les carottages (et déchets) par la suite

### Métaux

- Diminution des quantités de déchets de métaux par utilisation d'éléments préfabriqués

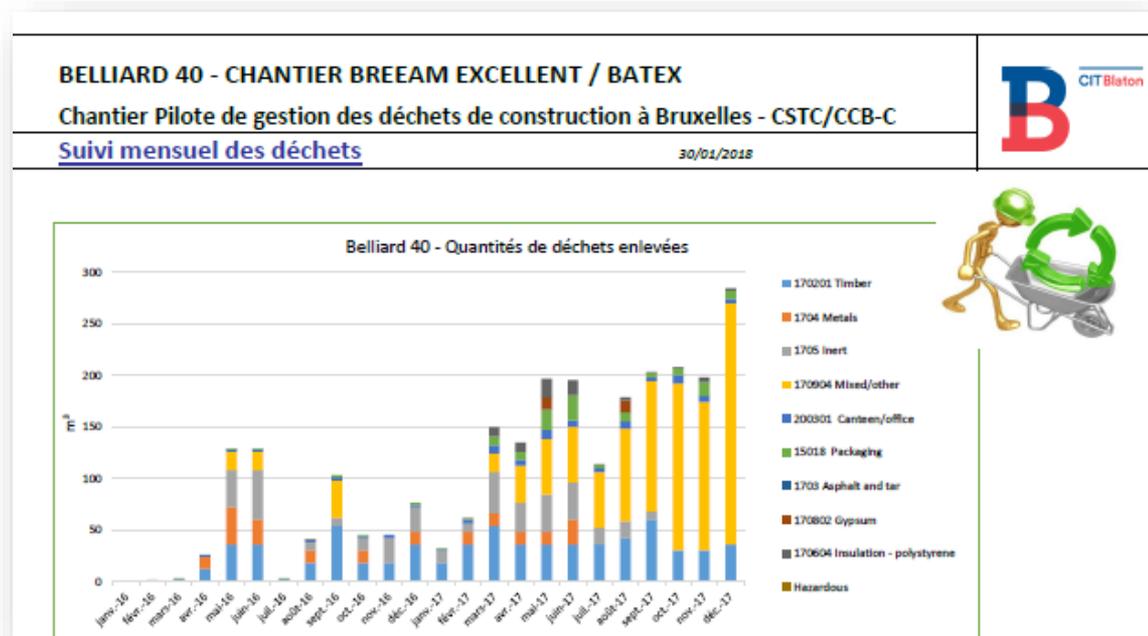
### Déchets « mixtes »

- Tri plus important des déchets, donc moins de déchets mixte
- Sensibilisation du personnel, sur chantier, afin de réduire la quantité de déchets
- Utilisation d'éléments préfabriqués (hourdis..) générant moins de déchets sur chantier



## Organisation chantier

- ▶ Implication et sensibilisation du personnel de chantier
- ▶ Monitoring des quantités de déchets enlevées
- ▶ Contrats : gestion des déchets inclus dans les clauses
- ▶ Affichage sur chantier
- ▶ Toolbox meeting
- ▶ Suivi et contrôle

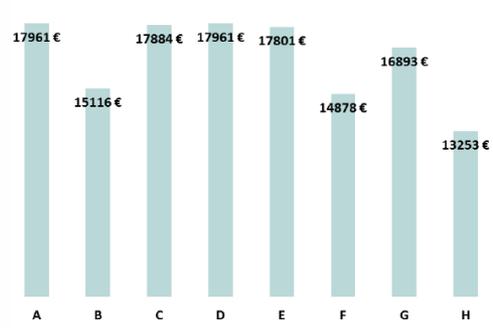


### Chantier pilote gestion des déchets - accompagnement

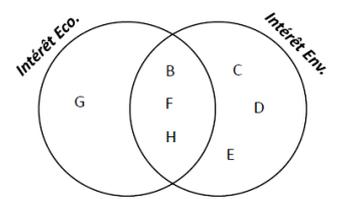
- ▶ Évaluation de la quantité de déchets produit par chantier
  - Réalisé par CSTC
  - Basé sur différentes méthodes d'évaluation
  - Analyse détaillée des métrés
- ▶ Étude de pratiques innovantes de gestion des déchets
- ▶ Analyse des tendances en fin de chantier

1710 m <sup>3</sup> foisonnés		Non-foisonné	Foisonné
Inertes	357 m <sup>3</sup>	238,0 m <sup>3</sup>	357,0 m <sup>3</sup>
Tout-venant	334 m <sup>3</sup>	86,6 m <sup>3</sup>	216,5 m <sup>3</sup>
Métaux	87 m <sup>3</sup>	113,8 m <sup>3</sup>	148,0 m <sup>3</sup>
Bois	290 m <sup>3</sup>	34,7 m <sup>3</sup>	86,8 m <sup>3</sup>
Dangereux	1 m <sup>3</sup>	28,5 m <sup>3</sup>	71,2 m <sup>3</sup>
Déchets ménagers	54 m <sup>3</sup>	54,0 m <sup>3</sup>	54,0 m <sup>3</sup>
		26,8 m <sup>3</sup>	53,6 m <sup>3</sup>
		33,8 m <sup>3</sup>	50,7 m <sup>3</sup>
		9,8 m <sup>3</sup>	17,7 m <sup>3</sup>
		7,3 m <sup>3</sup>	13,2 m <sup>3</sup>
		9,2 m <sup>3</sup>	12,0 m <sup>3</sup>
		5,1 m <sup>3</sup>	9,1 m <sup>3</sup>
		5,5 m <sup>3</sup>	8,3 m <sup>3</sup>
		3,9 m <sup>3</sup>	7,1 m <sup>3</sup>
		3,4 m <sup>3</sup>	6,2 m <sup>3</sup>
		1,5 m <sup>3</sup>	2,7 m <sup>3</sup>
		1,7 m <sup>3</sup>	2,2 m <sup>3</sup>
		1,0 m <sup>3</sup>	2,1 m <sup>3</sup>
		0,5 m <sup>3</sup>	1,1 m <sup>3</sup>
		0,2 m <sup>3</sup>	0,2 m <sup>3</sup>
		0,2 m <sup>3</sup>	0,2 m <sup>3</sup>

### Comparaison scénarios de tri



- A Tri traditionnel (bois, tout-venant, inertes, métaux, ménagers, dangereux)
- B Emballages plastiques
- C Laine de verre
- D Roofing
- E PIR
- F Emballages + Laine de verre + Roofing + PIR
- G Containers 18m<sup>3</sup> (bois + tout-venant)
- H Containers 18m<sup>3</sup> + Emballages + Laine de verre + Roofing + PIR

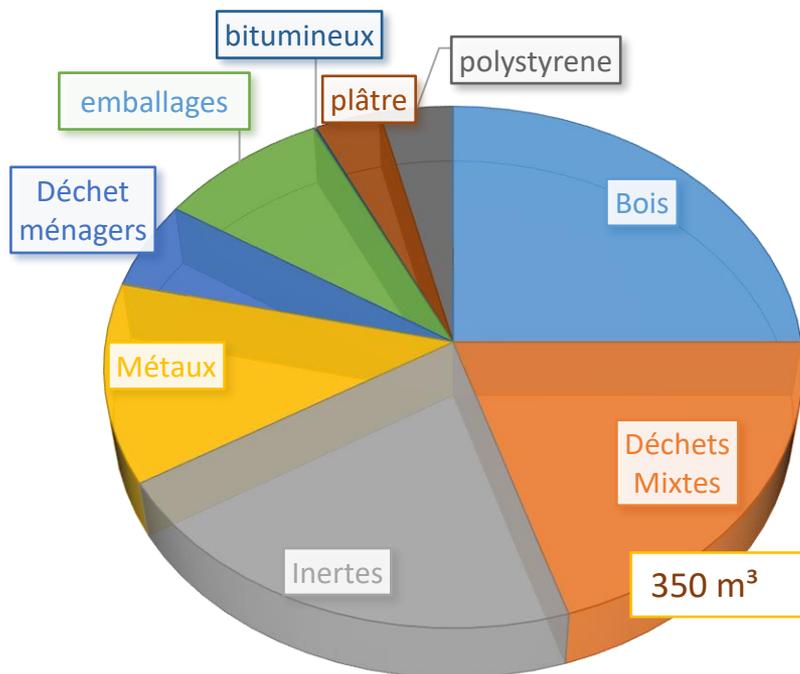


Source : CSTC

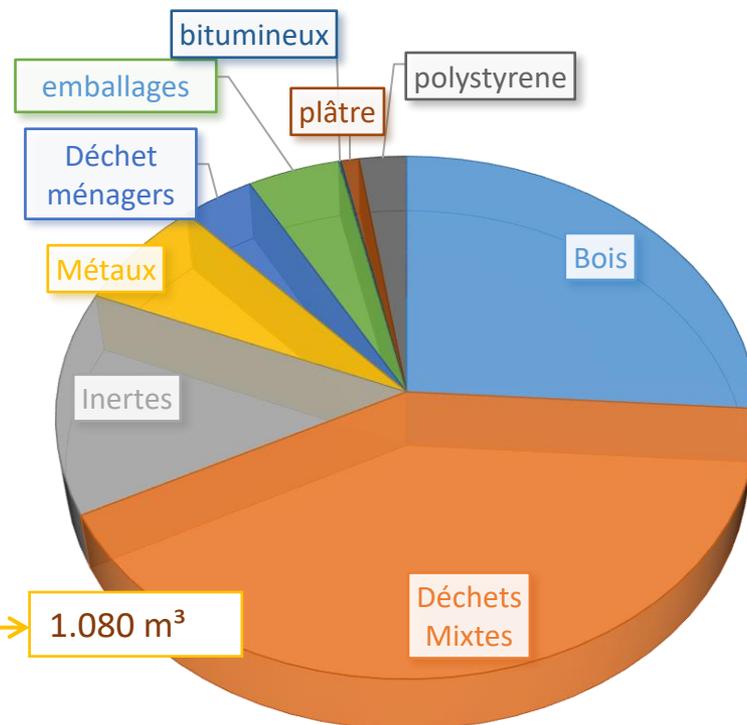
Source : CSTC

## Évaluation des quantités de déchets: difficultés rencontrées

DÉCHETS ÉVALUÉS - VOLUME TOTAL = 1.710 M<sup>3</sup>



FIN DE CHANTIER - VOLUME TOTAL = 2.605 M<sup>3</sup>



Note: emballages comprend carton et plastiques

## Évaluation des quantités de déchets – indicateurs types

- ▶ Évaluation basée sur la surface construite
- ▶ Indicateur types
  - $m^3 / 100 m^2$
  - $t / 100 m^2$
  - BREEAM
  
- ▶ Où se situe-t-on?
  - Typiquement on vise 14-15  $m^3 / 100m^2$
  
- ▶ En général 80% des déchets sur 3 fractions:
  - Bois
  - Inertes
  - Mixtes

## 12 fractions de déchets triés sur chantier

- **Fractions 'classique'**
  - ▶ Tout-venant
  - ▶ Inertes
  - ▶ Bois
  - ▶ Métaux
  - ▶ PMC
  - ▶ Ménager
  - ▶ Cartons
  - ▶ Dangereux
- **Fractions spécifiques:**
  - ▶ Déchets Bitumineux
  - ▶ Plâtre
  - ▶ Emballage plastiques
  - ▶ Frigolite (emballage)
  - ▶ Dangereux : cartouches Hilti



Source : Cit Blaton



Source : Cit Blaton

## Tri – Emballages

### Emballages plastiques : 60m<sup>3</sup>

- Sacs clean site
- Quantité importante
- Coût intéressant

### Frigolite : 62m<sup>3</sup>

- Seulement frigolite propre utilisée pour le conditionnement de matériaux
- Pas d'isolant EPS
- Évacué gratuitement

### Cartons : 68m<sup>3</sup>

- soit **190m<sup>3</sup> d'emballages** (plastique, frigolite + carton)
- Équivalent à **plus de 10 containers** 18m<sup>3</sup>
- **7%** du **volume total** de déchets



Source : Cit Blaton



Source : Cit Blaton



Source : Cit Blaton

## Tri - Bois

**Bois : 678 m<sup>3</sup>**

Quantités sous-estimées  
Beaucoup de conditionnement  
Palettes non-consignées  
Remplissage des containers difficile



Source : Cit Bleton



Source : Cit Bleton

## Tri – Plâtre

### Plaques de plâtre : 24m<sup>3</sup>

- ▶ Surfacturé – sur base du poids
- ▶ Enlèvement d'un container plâtre plus cher (40%) que le tout-venant !
- ▶ Suivi et contrôle nécessaire sinon utilisé comme container mixte
- ▶ Manque de place en fin de chantier
- ▶ Cradle-to-cradle? "Recyclable" à l'infini



Source : cradle to cradle



Source : Cit Blaton

## Tri – Membranes bitumineuses

### Membranes bitumineuse : 3m<sup>3</sup>

- ▶ Sur Belliard 40 : étanchéité bitumineuse
  - ▶ Reprise des chutes et recyclage à l'usine fait par le producteur de l'étanchéité
  - ▶ La plupart des marques proposent maintenant la démarche
- 
- ▶ Difficulté:
    - petites quantités souvent mélangées
    - rassemblées au dépôt du sous-traitant pour ensuite être collectée par le producteur



Source : Cit Blaton



Source : iko



## Actions étudiées en cours de chantier mais finalement non retenues

### Économie sociale « Gardien de chantier »

- ▶ En charge de faire le tri de containers
- ▶ Améliore le remplissage des containers
- ▶ Gains sur la quantité de containers évacués
- ▶ Ne peut pas réaliser d'autres tâches sur chantier

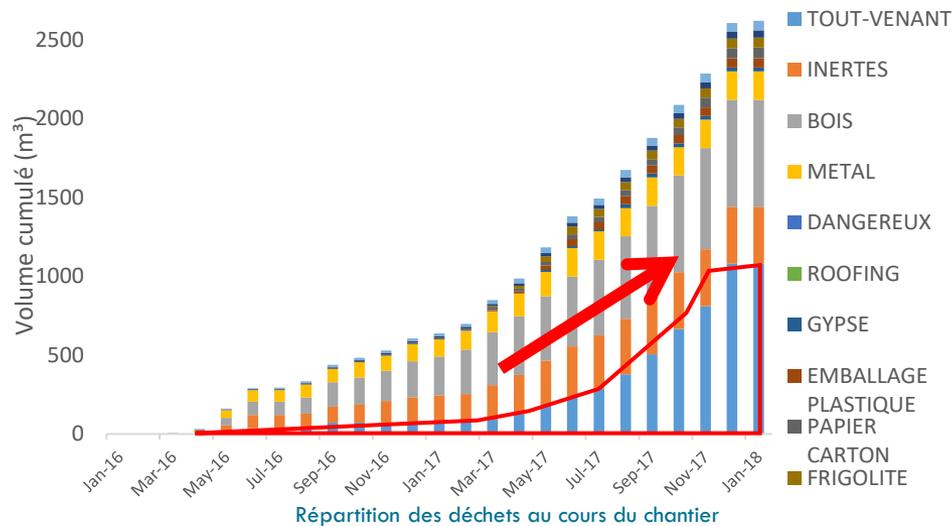
### Récupération des palettes non-consignées pour la création de meubles de jardin

- ▶ Lors des contacts, l'artisan avait déjà des réserves de bois en suffisance
- ▶ Question de timing
- ▶ Peu d'intérêt pour qualité bois de palettes

## Déchets tout-venant

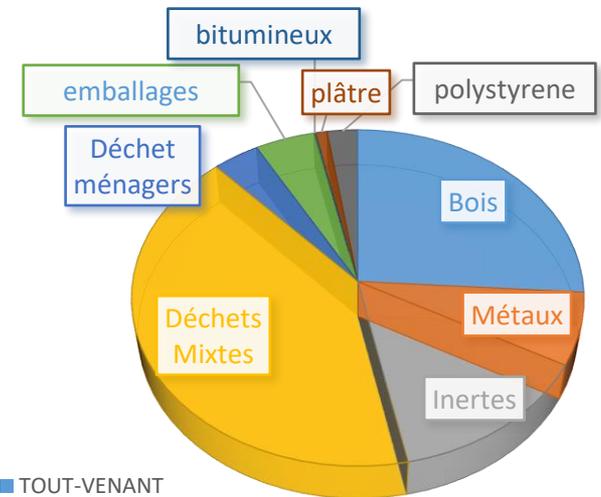
### Tout-venant : 1.080m<sup>3</sup>

- ▶ Quantités importantes malgré tri
- ▶ Fin de chantier : Espace pour tri n'est plus disponible
- ▶ 1 container mixte placé sur la voirie
- ▶ Parachèvements = grande quantité de déchets difficiles à trier



### Déchets évacués - fin de chantier

Volume total = 2.605 m<sup>3</sup>



## Gains

- Le BREEAM a été le point de départ de la démarche
- Meilleure évaluation et **connaissance** des déchets
- Essai de nouvelles pratiques et recyclage de **nouvelles fractions**
- Le volume de déchets mixtes coûteux réduite de **12% grâce aux actions spécifiques**
- Chantier plus **propre**, qui fonctionne mieux

## Difficultés rencontrées

- Le BREEAM ne valorise pas suffisamment les efforts de gestion/valorisation des déchets
- Contexte urbain: espace limité
- Suivi et implication des sous-traitants et ouvriers
- Difficultés de tri pr les petites fractions
- Manque de filières de revalorisation
- Coût des solutions de revalorisation



## À titre de comparaison :

### Ratios de déchets produits par 100m<sup>2</sup>



13 m<sup>3</sup>/100 m<sup>2</sup>

Source : Cit Blaton

#### Construction de bureaux:

Gros-œuvre / techniques /  
aménagement de base

Chantier pilote gestion de déchets



Source : Cit Blaton

10,5 m<sup>3</sup> / 100 m<sup>2</sup>

#### Construction de dépôt d'archive:

Gros-œuvre + partie rénovée / beaucoup de  
techniques

Chantier pilote BIM avec beaucoup de  
préfabrication



Source : Jaspers-Eyers Architects

20 m<sup>3</sup> / 100 m<sup>2</sup>

#### Construction de bureaux:

Gros-œuvre / techniques / aménagement  
de base

Changements en cours d'exécution  
Non-conformités dans gros-œuvre



### Les ressources matérielles : à considérer en amont pour limiter la quantité de déchets sur chantier

- ▶ Importance de standardiser les processus dans toute l'organisation et sur base des retours d'expériences
- ▶ Rester à la page des évolutions technologiques
  
- ▶ D'un chantier à un autre des différences importantes sur les ressources matérielles
- ▶ La quantité des déchets produits peut servir d'indicateur sur le bon fonctionnement d'un chantier
  
- ▶ Certaines sources de déchets peuvent et doivent être évités:
  - Changements en cours de chantier
  - Erreurs d'études
  - Erreurs d'exécution
  - Non-conformités
  
- ▶ Plus de réemploi du matériel de chantier / installation de chantier
  - Éviter matériel à usage unique
  
- ▶ Points d'attention :
  - L'étude
  - Contrôle
  - Formation



## Sites internet



**APROPLAN**

▶ Aproplan : <https://app.aproplan.com/>



**Finalcad**

▶ Finalcad : <https://www.finalcad.com/>



**PlanRadar**

▶ PlanRadar : <https://www.planradar.com/us/>



**kairnial**  
a thinkproject company

▶ Kairnial : <https://www.kairnial.com/>



**WIZZCAD**

▶ WizzCAD : <https://wizzcad.com/>

## Guide bâtiment durable

[www.guidebatimentdurable.brussels](http://www.guidebatimentdurable.brussels)

- ▶ [Thème | Gestion, chantier et participation](#)
  - [Solution | Lean construction](#)
  - [Solution | Communication relative au chantier](#)
  - [Solution | Plan de gestion des déchets de chantier](#)
  - [Dossier | Recycler les matériaux et déchets, si possible in situ](#)

**Maximilien Croufer**

Ingénieur d'Etudes Energie Environnement

**CIT Blaton**

☎ +32 2 240 22 11

✉ [mac@citblaton.be](mailto:mac@citblaton.be)

**Maxime Vinel**

Quality Manager

**CIT Blaton**

✉ [mvi@citblaton.be](mailto:mvi@citblaton.be)



MERCI POUR VOTRE ATTENTION