LA CONSTRUCTION MODULAIRE AU RENDEZ-VOUS DES ENJEUX DU 21E SIÈCLE?

ACIM
La construction modulaire et hors site,
PLUS QUE VOUS L'IMAGINEZ

Déjà 20 ans de construction hors site

6 juin 2024
Cité Universitaire
7 bd Jourdan
75014 Paris

PREALABLE

La décarbonation de la filière de la construction ouvre de nouveaux champs des possibles pour la construction hors-site.

Aujourd'hui, l'enjeu économique est étalonné au coût moyen de construction traditionnel béton comme l'essentiel du normatif constructif.

Hors le Hors-site et notamment le modulaire apporte des réponses sur le plan carbone, environnemental, délai, évolutivité, qui méritent d'être identifiées dans de manière globale (cout d'opération, carbone recyclabilité) parce que la RE 2020 c'est un enjeu pluriel !

A l'occasion de ces 20 ans, l'ACIM a retenu un projet type et confié à des BE indépendants le soin d'établir une étude comparative.

L'initiative marque le point de départ d'une démarche qui ne pourra qu'évoluer car les techniques progressent, les matériaux et process se développent.

Pour assurer cet exercice nous avons donc pris en compte les méthodes de calcul mais aussi leurs limites (Fiche FDES par défaut) pour une appréciation objective entre systèmes constructifs.

Et si dans la construction RE 2020 on calculait l'ECOnomique autant que l'ECO »logique… ? !

Etude comparative

Système constructif modulaire versus traditionnel

Objet :

Résidence sociale de 100 logements à Nantes

Avelis

Construction modulaire et hors site

CETEAM

Bureau d'études Techniques & Économie de la Construction

TRIBU ENERGIE

Toute notre énergie pour 4 fois moins de CO_2

Bureau d'études « Energie et Développement durable »

Méthode :

OBJECTIF:

Comparer deux bâtiments conformément au cahier des charges exprimé par la commande publique de manière objective et sans circonstances particulières

1 2 3

Création d'un jumeau 3D traditionnel:

- Surfaces et hauteurs utiles égales
- Performance selon programme projet (RE 2020 seuil 2022)
- Bâtiment architecturalement identique
- Recherche du meilleur prix

Consolidation des hypothèses:

- Remplacement des FDES irréalistes par des fiches équivalentes cohérentes
- Elimination des circonstances particulières non liées au processus constructif

Comparaison des performances :

- Economiques
- Environnementales
- Impact sur son environnement immédiat

Le projet

Lieu	Nantes
Maîtrise d'ouvrage	Atlantique Habitations
Architecte	Moon Architectures
Maitrise d'œuvre	LUN, AGEIS, L+A, SOBRETECT, NRGYS
AMO CSH	Hors Site Conseil

Le projet

Spécificités :

- Zone sismique 3
- Conforme RE 2020 seuil 2022

Programme :

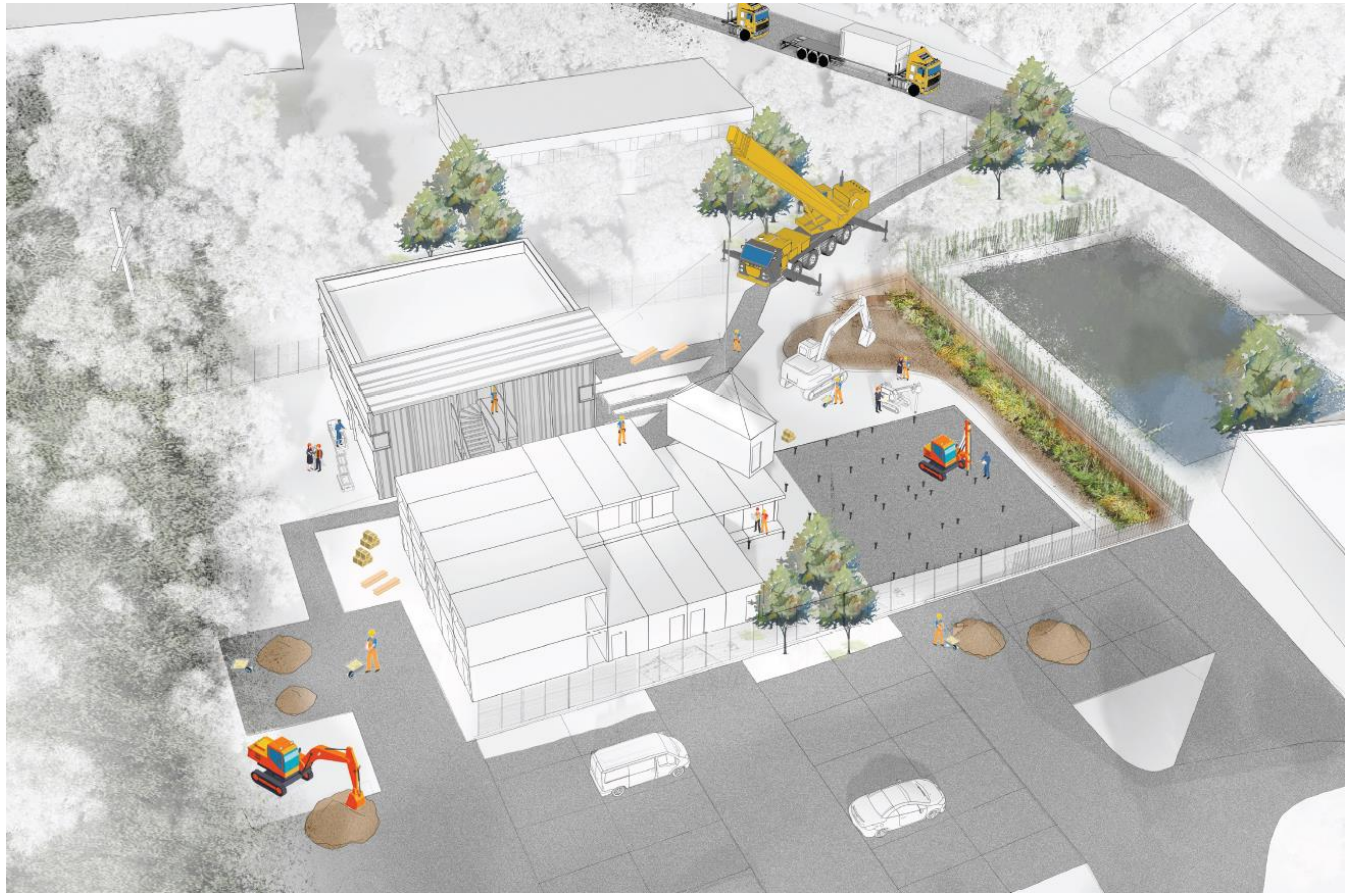
- 100 Logements de type T1 (14,5m², T1 PMR (17,6m²)
- Bureaux, locaux techniques et buanderie
- 5 salons de 30m²

Système constructif 3D bois/métal :

- Construction démontable
- Ossature primaire porteuse métallique
- Remplissages ossature bois

Calendrier :

- Chantier en cours



Le batiment dans son environnement urbain

La géométrie du bâtiment :

1. Le bâtiment 3D bois/métal est plus compact en plan (env -15cm sur les grandes dimensions)
2. Mais il est plus haut (+91cm)

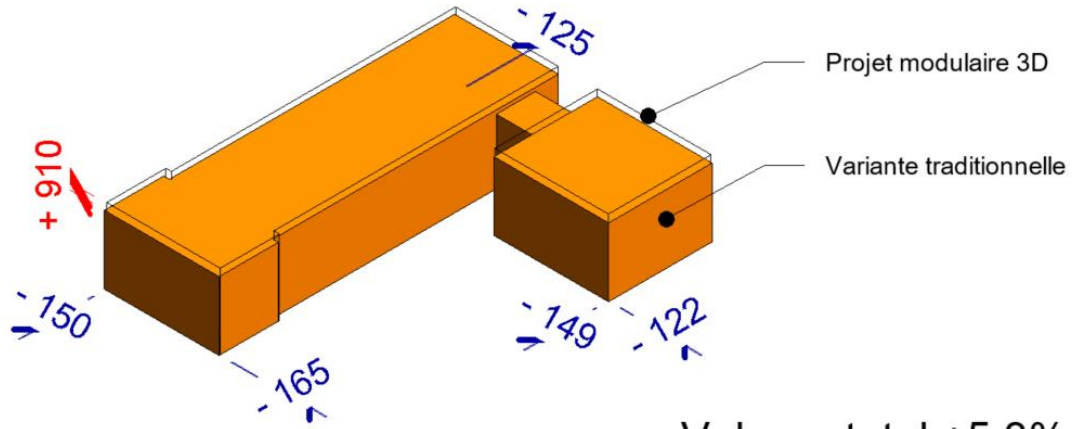
Le poids du bâtiment

1. L'impact le plus important est sur le poids du bâtiment (~-76%)

L'impact sur le site

- la solution traditionnelle est réalisée sur pieux d'une profondeur de 7m
- La différence de poids permet de construire la solution modulaire sur pieux vissés :
  - Réversibilité de la solution (impact site)
  - Impact important sur les déblais (de 420 m3 à 250 m3)

Impact du procédé constructif sur les dimensions du bâtiment, à **SHAB et HSP équivalentes** (unités : mm)

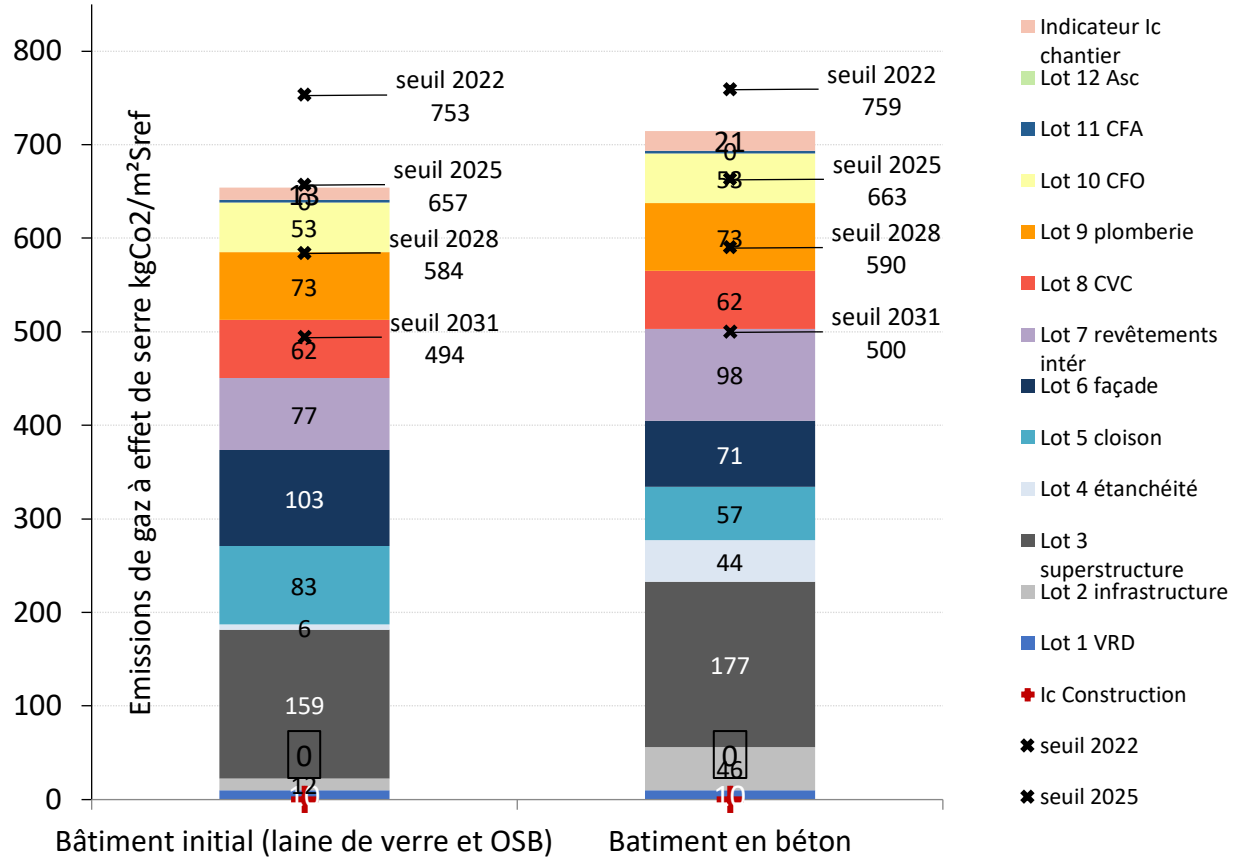


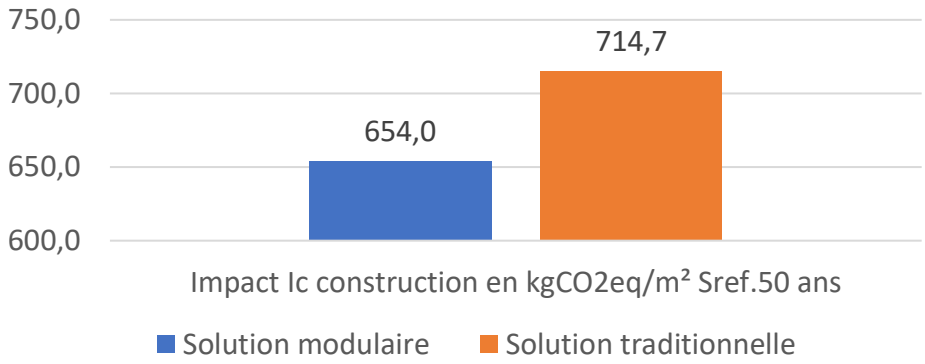
Volume total +5,3%

	Bâtiment modulaire	Batiment traditionnel
Poids du projet	828 t	3514 t

Comparaison de l’impact carbone

Impact Ic construction (A+B+C+D) en kgCO2$_{eq}$/m² Sref.50 ans

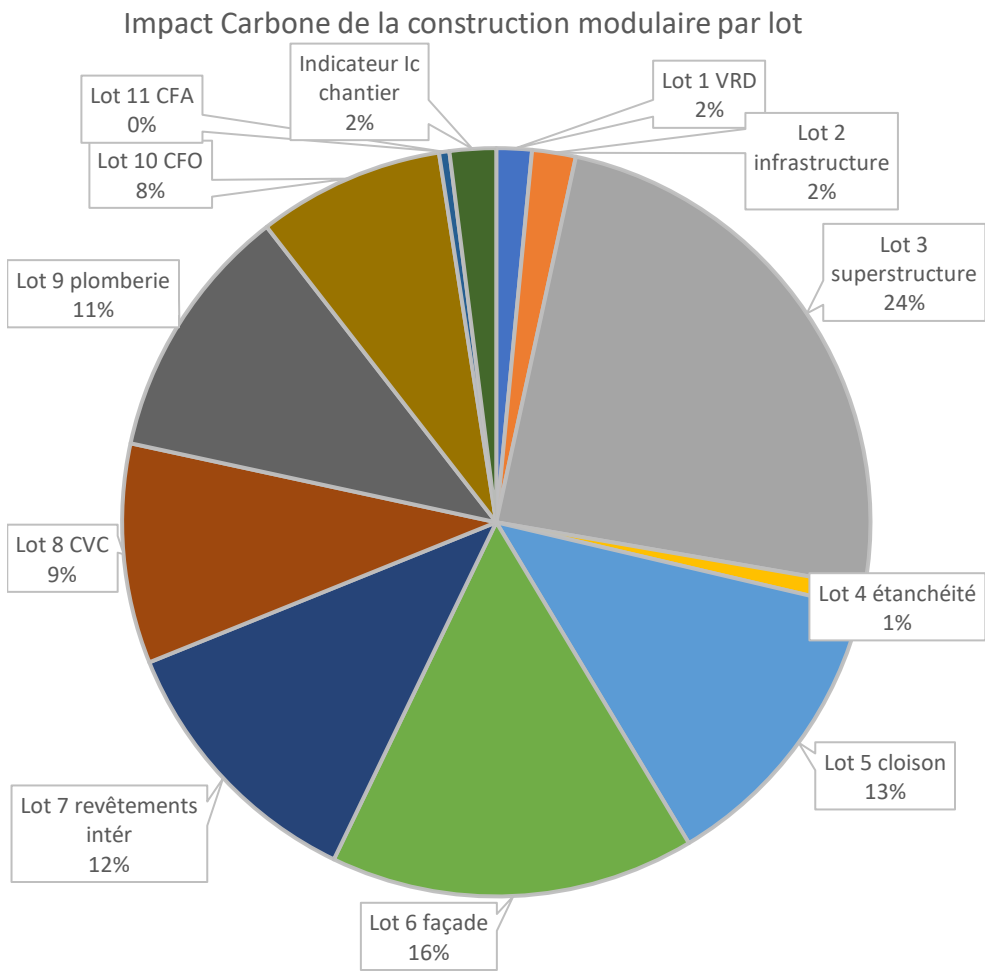




- Le bâtiment modulaire est plus performant de **8,5% en Ic construction**
- A cahier des charges équivalent, la solution modulaire permet d’atteindre le seuil 2025 (sous réserve de prise en compte des FDES fabricant)

Décomposition de l'impact carbone

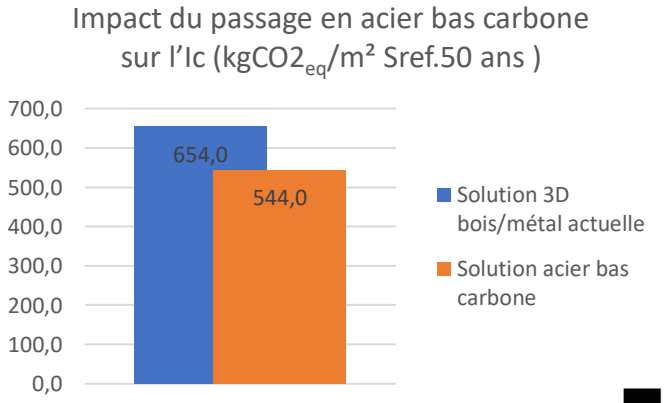
(solution 3D bois/metal)



Les grandes données

- La superstructure seule représente **24%** de l'impact carbone
- Les cloisons et la façade représentent **29%** de l'IC, un impact beaucoup plus important en construction modulaire qu'en traditionnelle (+45%)
- Les lots techniques, indépendants du mode constructif, représentent **27%** de l'Ic

Le 3D bois / métal prêt pour le seuil 2028



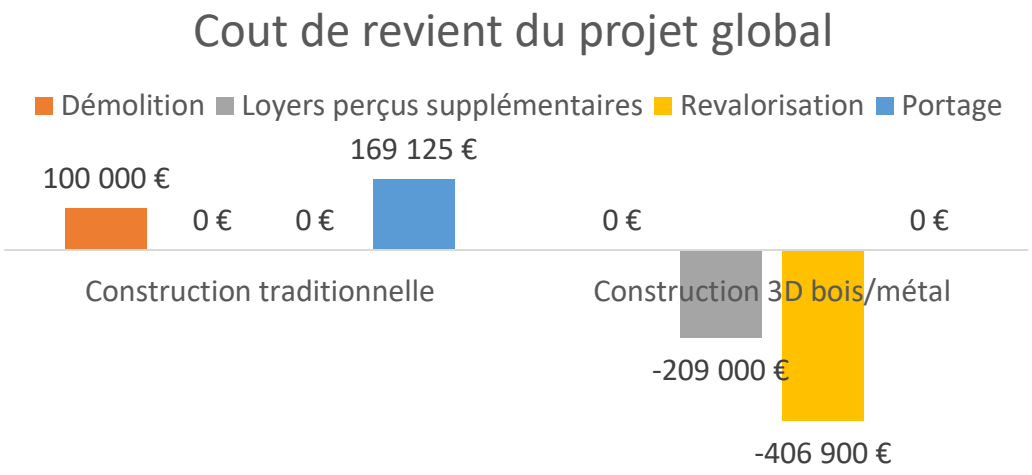
- Le recours à des aciers bas carbone suffirait à être conforme au seuil 2028

Modèle economique (global théorique)

Traditionnel	3D bois / métal
4 100 000€	4 069 000€

Sur cette opération, la modélisation montre un **cout de construction équivalent** au traditionnel

Et **-21% en cout global**, si prise en compte des couts de portage, la valorisation des loyers, la fin de vie du bâtiment.

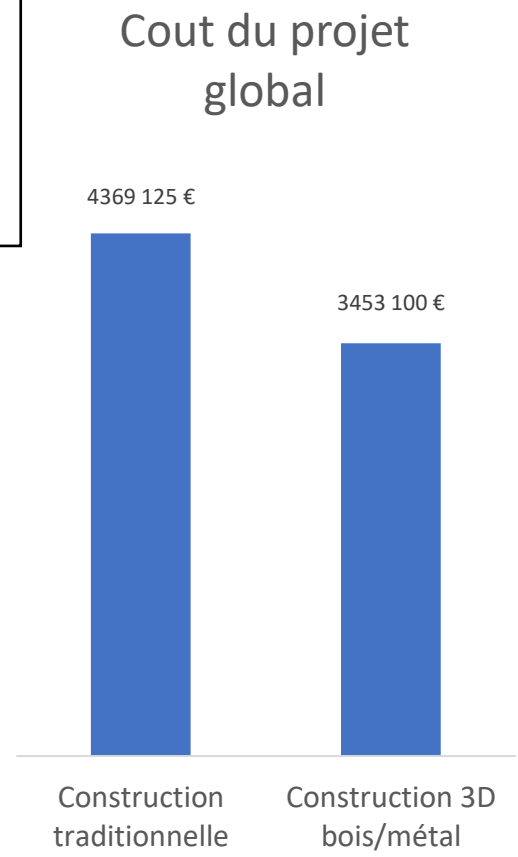


Hypothèses de modélisation:

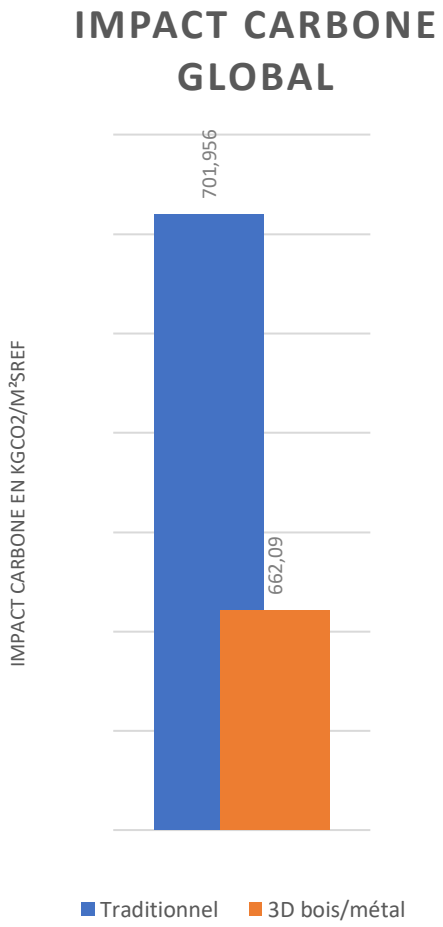
- Projet traditionnel réalisé au plus économe selon cahier des charges MOA

Hypothèses de couts globaux:

- Calcul réalisé sur planning prévisionnel initial (hors circonstances particulières)
- Cout de démolition « classique » de 100k€
- Rachat du bâtiment pour seconde vie, 10%
- Valorisation des loyers perçus, 380€ / mois, valorisés à 50%, sur une livraison anticipée de 11 mois
- Frais de portage sur 11 mois, 90% du cout de construction, 5% de taux annuel

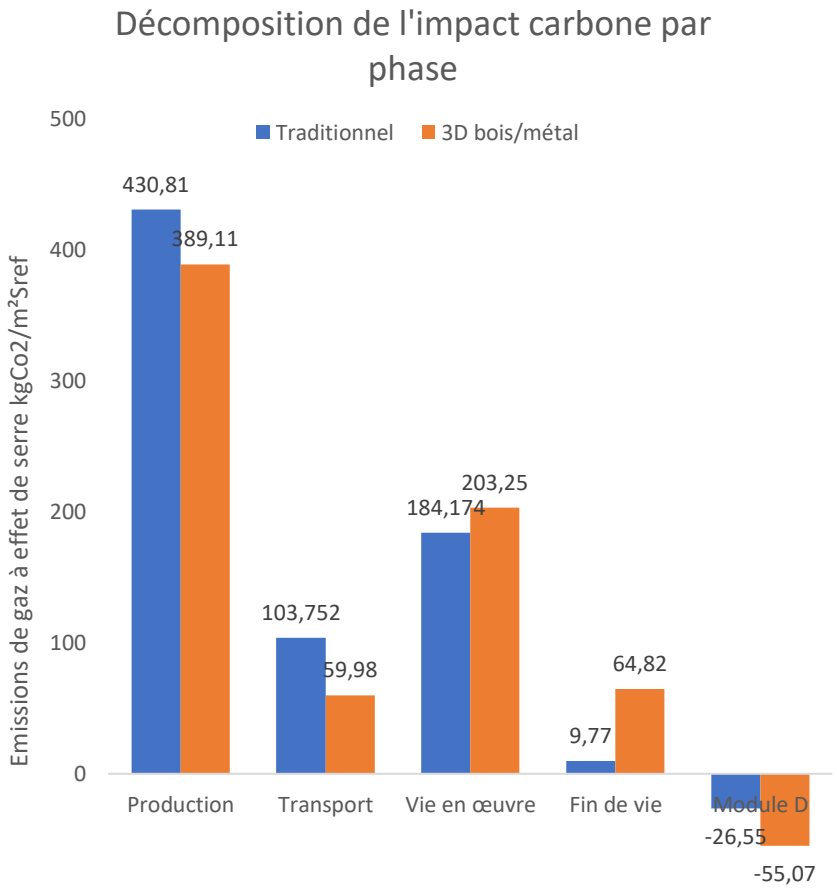


Impact carbone

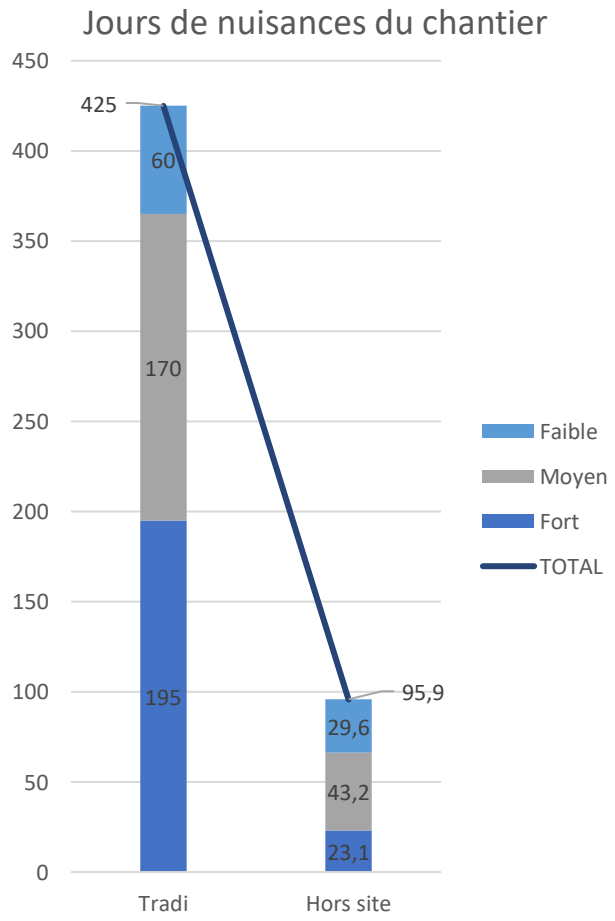


La solution modulaire est plus performante en **impact carbone global (-5,7%)**

La répartition des performances est différenciée selon les phases du cycle de vie, cela est principalement dû à la performance déclarative des matériaux structurels



Impact environmental sur site

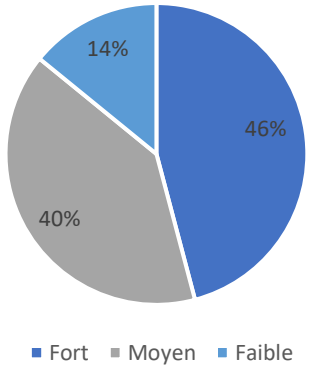


Dans le cas de la construction 3D bois/métal :

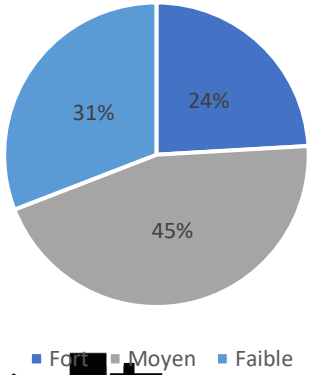
- Réduction du temps de nuisances de chantier de **77%**
- Réduction du temps de nuisances fortes (équipements lourds, vibrations) de **88%**

- Réduction de la **part de nuisances fortes** qui est compensée par les nuisances faibles (lots techniques / contrôles)

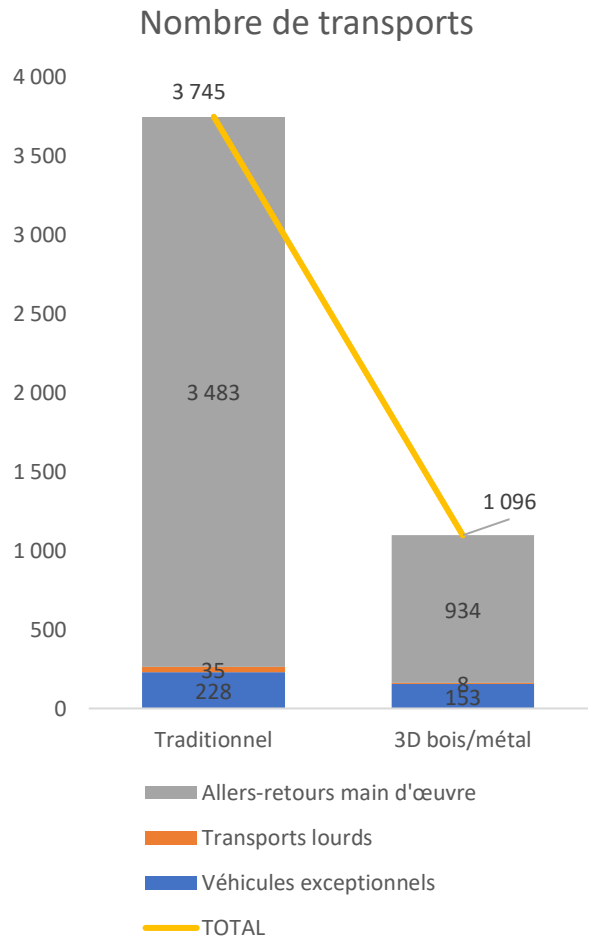
Répartition des jours de nuisances par intensité (traditionnel)



Répartition des jours de nuisances par intensité (3D bois/métal)



Flux et transports sur site

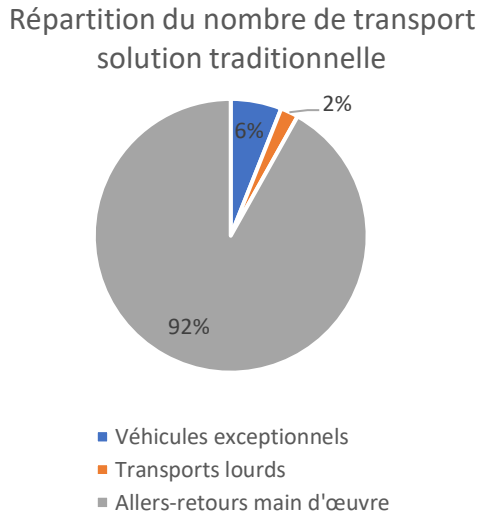


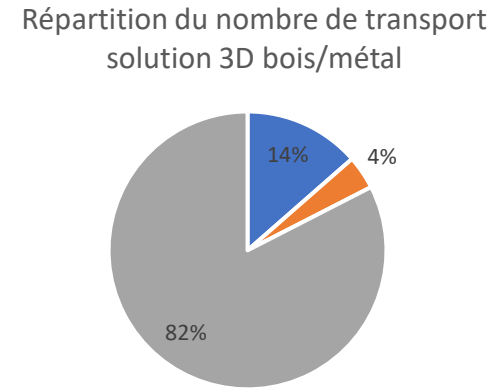
Les hypothèses de calcul du nombre de transports retenues sont très prudentes:

- 2 personnes par voiture
- Camions remplis à 100% de leur capacité

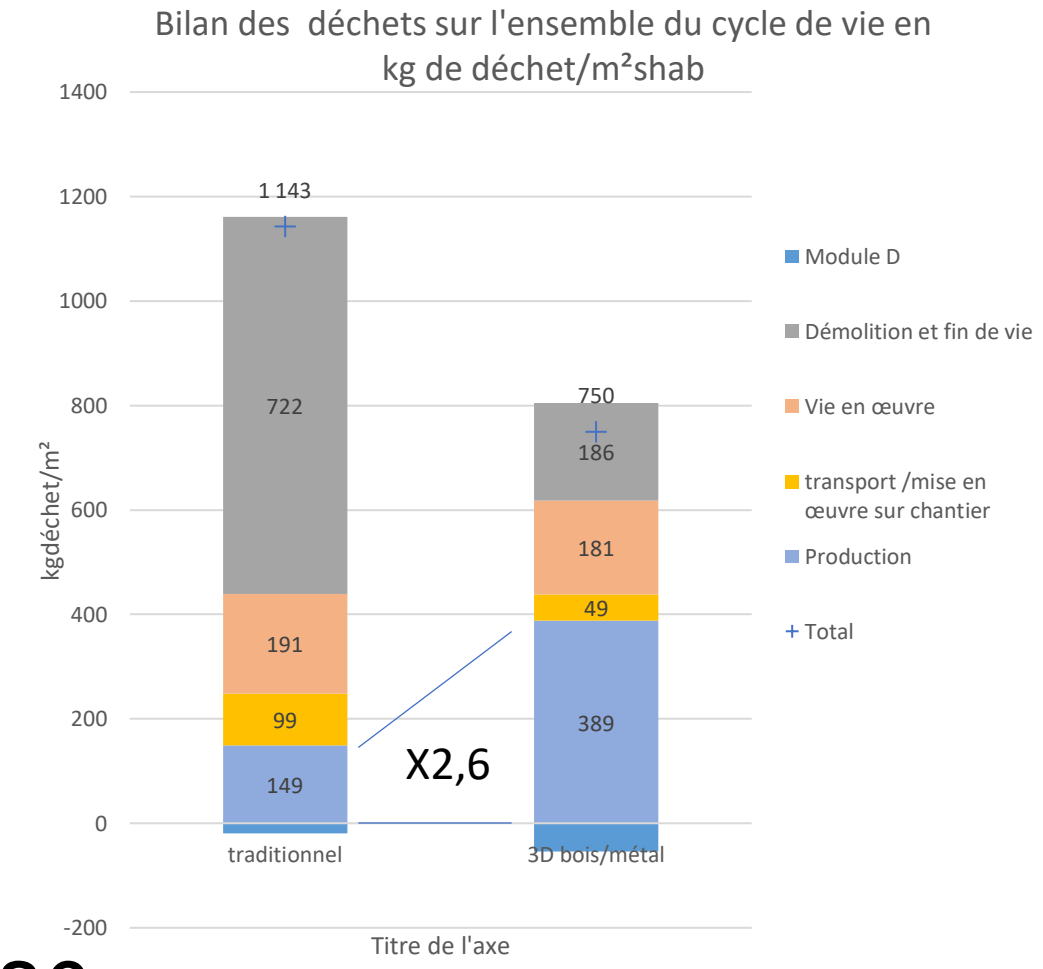
- **-70%** de nombre de transports au global
- **-33%** de transports exceptionnels (terrassement inclus)
- **-45%** de transports lourds (camions)

- Quelle que soit l'hypothèse, c'est le transport de la main d'œuvre qui représente une majorité écrasante du flux.





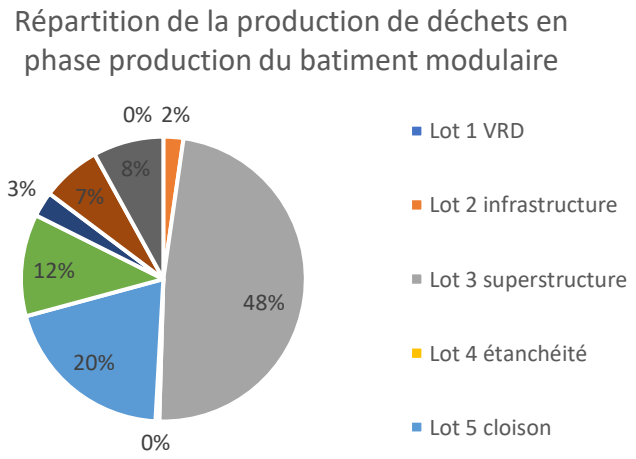
Déchets sur l'ensemble du cycle de vie



Les grandes données

- **-34%** de déchets sur l'ensemble du cycle de vie (déchet = ressources), malgré un impact important de l'acier
- **~2,6x** + de déchets en phase production du bâtiment en 3D bois/métal

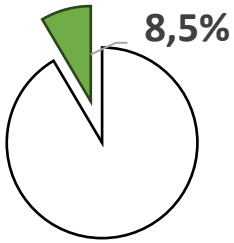
L'acier matériau stratégique



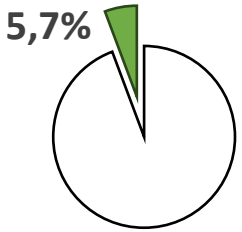
Les FDES actuelles ne prennent pas encore suffisamment en compte les spécificités de recyclabilité / réutilisation de l'acier

En synthèse

RE 2020



Réduction de l'IC construction à cahier des charges équivalent



Réduction de l'Ic cycle de vie, sans prise en compte du réemploi

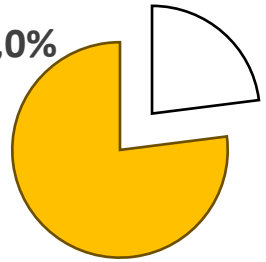
Ic RE 2020	Traditionnel	3D bois/métal
Seuil 2022	V	V
Seuil 2025	X	V
2028 ready	X	V

Conformité RE seuil 2025, et prêt pour 2028 (aciers bas carbone)

Nuisances sur site

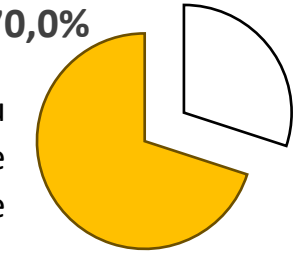
77,0%

Réduction du temps de nuisances sur site



70,0%

Réduction du nombre de transports sur site



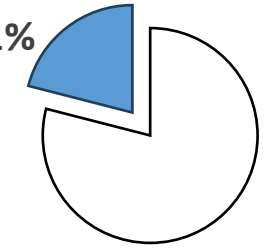
Economie de projet

Gain en cout de construction net

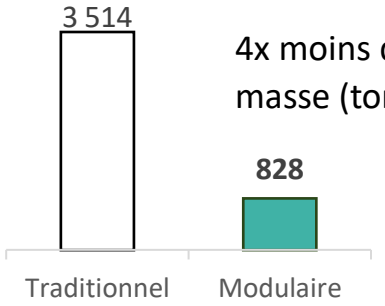
=

21%

Gain en cout de revient global



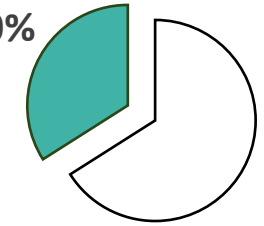
Matière et ressources



4x moins de masse (tonnes)

34,0%

Réduction des déchets sur le cycle de vie



Conclusions de l'étude :

Aujourd'hui

Le RE 2020 ne se valorise pas avec un coût de construction

- Cout global
- Performance thermique :
  - Impact carbone
  - Déchets
  - Réemploi…

Les méthodes/normes doivent évoluer au même rythme que l'innovation

- Travail prioritaire à effectuer sur les fiches FDES des matériaux principaux (grandes disparités)
- Importance capitale du choix des matériaux selon leurs fiches FDES

Demain

Poursuivre, comparer, partager, évoluer…

- Nécessité de décliner l'étude avec d'autres process.
- Open source : 1ere initiative pour encourager à partager et faire évoluer les techniques selon objectifs