

## **ETUDE PREFABRICATION & CONSTRUCTION HORS SITE DANS LA GRANDE REGION**

---

**Interreg**



Cofinancé par  
l'Union Européenne  
Kofinanziert von  
der Europäischen Union



**GREATER  
GREEN+**

**Grande Région | Großregion**



**LUXINNOVATION**

**#MakingInnovationHappen**

*Avec la participation de*

---



**Février 2026**

# Sommaire

1. Résumé exécutif - Construction hors-site dans la Grande Région : cadre réglementaire, leviers opérationnels et trajectoires transfrontalières .....	4
1.1. Un contexte de transformation structurelle .....	4
1.2. Une convergence européenne favorable au hors-site .....	4
1.3. Messages clés pour les décideurs .....	5
1.4. Leviers prioritaires par territoire .....	5
1.5. Risques identifiés .....	6
1.6. Pistes de démonstrateurs transfrontaliers .....	6
1.7. Conclusion stratégique .....	6
2. Référentiel hors-site .....	7
2.1. Définition de la construction hors-site .....	7
2.2. Les catégories de solutions hors-site .....	8
2.3. Composants, modules et produits .....	11
2.4. Standardisation et DfMA dans la conception hors-site .....	14
2.5. Implications juridiques et assurantielles .....	15
2.6. Domaines d'emploi .....	17
3. État de l'art dans la Grande Région .....	19
3.1. Objectifs nationaux de construction de logements neufs .....	19
3.2. Part du hors-site dans le logement neuf .....	22
3.3. Stratégies publiques en faveur de la construction hors-site dans le logement .....	25
3.4. Acteurs du hors-site .....	28
3.5. Exemples d'opération hors-site dans la Grande Région .....	33
4. Comparatif réglementaire et normalisation .....	36
4.1. Portée environnementale .....	36
4.2. Cadre UE .....	39
4.3. France .....	42
4.4. Allemagne (Länder de Sarre et de Rhénanie-Palatinat) .....	46
4.5. Belgique (Région wallonne) .....	49
4.6. Luxembourg .....	53
5. Identification des freins et des leviers .....	58
5.1. Freins .....	58
5.2. Leviers .....	64
5.3. Synthèse par pays .....	66
5.4. L'enjeu de la structuration d'une filière pour développer le hors-site .....	67

5.5. Déconstruire les a priori sur la construction hors-site .....	67
6. Commande et contractualisation hors-site.....	69
6.1. Organiser la commande .....	69
6.2. Montages et procédures : .....	70
6.3. Exigences de performance.....	71
6.4. Gabarits de lots et stratégie d’achat sériel .....	73
6.5. Données & BIM .....	76
7. Montage et conduite d’opération hors-site.....	79
7.1. Décision d’opportunité et cadrage des objectifs hors-site .....	79
7.2. Faisabilité hors-site .....	79
7.3. Sourcing industriel et organisation projet équipe intégrée .....	79
7.4. Montage contractuel et stratégie d’achat.....	79
7.5. Conception intégrée et design freeze .....	80
7.6. Plan qualité, commissioning et préparation logistique chantier .....	80
7.7. Industrialisation, production usine et contrôles FAT.....	80
7.8. Travaux sur site, pose et logistique d’approche .....	80
7.9. Transport, levage, assemblage et contrôles SAT .....	80
7.10. OPR, réception, DOE et mise en service .....	80
7.11. Exploitation, retour d’expérience et passage à l’échelle.....	81
8. Économie, logistique & impacts .....	82
8.1. Économie de série : effets d’apprentissage & massification .....	82
8.2. Indicateurs de coûts .....	83
8.3. REX économiques – hors-site vs traditionnel .....	84
8.4. Gains opérationnels visés.....	87
8.5. Logistique et transport.....	91
9. Recommandations opérationnelles.....	93
9.1. Complémentarité entre neuf et réhabilitation .....	93
9.2. Autres pistes proposées .....	95
10. Annexes techniques.....	97
10.1. Cartographie .kmz .....	97
10.2. Glossaire .....	98
10.3. Liste de références .....	109



# 1. Résumé exécutif - Construction hors-site dans la Grande Région : cadre réglementaire, leviers opérationnels et trajectoires transfrontalières

## 1.1. Un contexte de transformation structurelle

La Grande Région (Grand Est, Wallonie, Luxembourg, Sarre et Rhénanie-Palatinat) est confrontée à une triple pression : crise du logement, exigences climatiques croissantes et pénuries structurelles de main-d'œuvre dans la construction.

Dans ce contexte, la construction hors-site ne relève plus d'une innovation marginale, mais d'un levier stratégique permettant de concilier volume, qualité, performance environnementale et maîtrise des délais.

L'étude vise à analyser les conditions réglementaires, contractuelles et opérationnelles du déploiement du hors-site à l'échelle transfrontalière. Elle s'adresse prioritairement aux décideurs publics, aux opérateurs de logement, aux structures d'ingénierie territoriale et aux acteurs industriels souhaitant structurer une trajectoire commune.

La démarche s'inscrit dans la dynamique GG+ et dans la logique des programmes européens qui encouragent la convergence des pratiques, la coopération industrielle et la massification bas carbone.

Le choix d'un axe réglementaire et opérationnel repose sur un constat simple : la transition ne dépend pas uniquement des technologies disponibles, mais de la capacité des cadres juridiques, des marchés publics et des filières à évoluer conjointement.

## 1.2. Une convergence européenne favorable au hors-site

Le cadre réglementaire européen évolue vers une harmonisation progressive :

- Green Deal et Loi européenne sur le climat (neutralité 2050)
- Directive EPBD 2024
- Généralisation de l'analyse du cycle de vie
- Règlement (UE) 2024/3110 sur les produits de construction

Ces textes renforcent les exigences en matière de performance, de traçabilité et de durabilité.

Or, la logique industrielle du hors-site (production contrôlée en usine, répétabilité, maîtrise des interfaces, traçabilité des composants) est intrinsèquement compatible avec ces orientations.

L'entrée en application du nouveau règlement Produits de construction en janvier 2026 constitue une opportunité majeure. Il introduit la notion de « zone harmonisée », couvrant les produits soumis à des spécifications techniques harmonisées, y compris dans les marchés publics et dispositifs de soutien.

La structuration d'une zone harmonisée spécifique aux modules 2D/3D et composants industrialisés pourrait devenir un accélérateur déterminant pour la circulation transfrontalière des solutions hors-site.

### 1.3. Messages clés pour les décideurs

#### 1.3.1. La massification est la condition de viabilité économique

Le hors-site n'est compétitif que si les volumes sont suffisants.

La commande publique, notamment en logement social, en équipements publics et en programmes multi-opérations, constitue le principal levier de sécurisation des investissements industriels.

Sans visibilité pluriannuelle, la courbe d'apprentissage et les économies d'échelle ne peuvent produire leurs effets.

#### 1.3.2. Le coût global doit remplacer la logique du prix immédiat

L'approche strictement fondée sur le prix travaux masque une partie des bénéfices :

- réduction des délais (20 à 50 % observés dans certaines études),
- baisse des aléas chantier,
- amélioration des performances énergétiques,
- potentiel de démontabilité et de valeur résiduelle.

Le recours explicite au coût global, prévu par la directive 2014/24/UE, constitue un levier stratégique sous-utilisé.

#### 1.3.3. L'intégration contractuelle est indispensable

Les modèles fragmentés freinent l'industrialisation.

Les marchés globaux (France), Design & Build (expérience MMC en Irlande), procédures concurrentielles avec négociation (Allemagne, Belgique, Luxembourg) offrent des cadres plus adaptés à la logique hors-site.

#### 1.3.4. La convergence réglementaire doit être activement construite

Le règlement 2024/3110 ouvre la voie à des spécifications techniques harmonisées dédiées aux produits hors-site.

Une initiative coordonnée entre États, organismes de normalisation et filières industrielles permettrait de réduire la fragmentation actuelle.

#### 1.3.5. 5. Le hors-site nécessite un réseau inter-filières

La construction industrialisée est multi-matériaux : bois, béton bas carbone, métal, biosourcé. La coopération entre filières est indispensable pour éviter les logiques concurrentielles cloisonnées et construire des solutions hybrides optimisées.

### 1.4. Leviers prioritaires par territoire

#### France

- Mobiliser les marchés globaux et la logique programme.
- Adapter les documents contractuels aux spécificités hors-site.

- Valoriser le coût global dans la commande publique.

### Allemagne (Sarre / Rhénanie-Palatinat)

- Exploiter les marges offertes par le GWB, VgV et VOB/B.
- Structurer l'intégration via les DIN et le MVV TB.
- Encourager l'usage du BIM comme outil d'interface industrielle.

### Wallonie

- Capitaliser sur la flexibilité du CoDT.
- Intégrer pleinement la logique macro-lots dans le CCTB.
- S'appuyer sur Buildwise pour structurer les référentiels techniques numériques.

### Luxembourg

- Mobiliser les outils CRTI-B pour harmoniser les spécifications.
- Anticiper l'intégration des produits hors-site dans la zone harmonisée européenne.
- Sécuriser les régimes de réception et d'assurance adaptés à l'industrialisation.

## 1.5. Risques identifiés

1. Maintien d'une fragmentation réglementaire transfrontalière.
2. Insuffisance de volumes pour rentabiliser les investissements industriels.
3. Lecture court-termiste des coûts et absence d'indicateurs communs.

## 1.6. Pistes de démonstrateurs transfrontaliers

Plusieurs trajectoires concrètes peuvent être envisagées :

- Prototype modulaire 3D conforme à des spécifications harmonisées, testé dans deux pays.
- Programme coordonné de logement social mobilisant un critère coût global.
- Démonstrateur béton bas carbone hors-site avec comparaison ACV multi-pays.
- Plateforme BIM inter-filières intégrant données environnementales et passeport produit.
- Observatoire économique partagé mesurant délais, coûts et performances d'exploitation.

## 1.7. Conclusion stratégique

La construction hors-site n'est pas seulement une évolution technique.

Elle constitue un levier d'alignement entre politiques climatiques européennes, structuration industrielle régionale et modernisation de la commande publique. La Grande Région dispose des conditions pour devenir un territoire pilote d'industrialisation bas carbone transfrontalière.

La réussite dépendra toutefois de trois facteurs :

- sécurisation de la massification,
- activation des leviers réglementaires européens,
- coordination inter-filières et interterritoriale.

La fenêtre d'opportunité est ouverte avec l'entrée en vigueur du règlement Produits de construction en 2026.

L'enjeu est désormais d'en faire un catalyseur industriel plutôt qu'un simple texte supplémentaire.

## 2. Référentiel hors-site

### 2.1. Définition de la construction hors-site

La construction hors-site désigne un mode de construction fondé sur la fabrication en usine ou en atelier d'éléments du bâtiment, suivie de leur assemblage sur le chantier. Elle repose sur deux piliers indissociables : la préfabrication et l'industrialisation des processus. Il s'agit d'anticiper et de déplacer en amont, dans un environnement contrôlé, une part majeure du travail traditionnellement réalisé in situ.

Ce déplacement apporte des gains mesurables de productivité, de qualité, de délais et de maîtrise des impacts environnementaux, tout en améliorant les conditions de travail des opérateurs.

Selon l'ADEME<sup>1</sup>, la construction hors-site est définie comme un processus de construction ou de rénovation intégrant la conception, la préfabrication, la logistique, le contrôle qualité, la mise en œuvre sur le chantier et la démontabilité en fin de vie, de sous-ensembles de bâtiments produits en dehors du chantier.

Cette approche globale et systémique implique une transformation profonde de la chaîne de valeur du bâtiment, depuis les phases amont de conception collaborative (DFMA, BIM) jusqu'à l'exploitation et la fin de vie des ouvrages.

La construction hors-site ne se limite pas à la construction modulaire volumétrique, souvent citée comme son expression la plus aboutie, mais englobe un éventail de degrés d'industrialisation et de préfabrication.

Dans le monde anglophone, elle s'inscrit dans la mouvance des *Modern Methods of Construction* (MMC), qui regroupent l'ensemble des techniques innovantes visant à rationaliser la construction, notamment pour accélérer la réalisation de logements et d'équipements publics. Le référentiel français de la construction hors-site, adopté en octobre 2023 et porté par neuf donneurs d'ordre publics et privés engagés à produire 50% de leurs constructions en hors-site d'ici 2031, propose une classification partagée en quatre grandes catégories de solutions<sup>2</sup> :

- Ossatures « 1D » (éléments linéaires : poutres, poteaux, menuiseries),
- Panneaux « 2D » (éléments plans : murs, dalles, façades préfabriquées),
- Modules « 3D » volumétriques (unités complètes équipées et transportées de l'usine au chantier),
- Composants préfabriqués non structurels (pods de salles de bains, sous-ensembles techniques).

Ces typologies permettent de doter l'ensemble des acteurs d'un vocabulaire commun et de lever les ambiguïtés sur les termes techniques employés.

<sup>1</sup> Ministère de la Transition écologique & ADEME (2023), AAP « Construction et rénovation hors-site (CRHOS) », France 2030

<sup>2</sup> Filière Hors-Site France (2023), Référentiel de la construction hors-site, Charte des donneurs d'ordre

## 2.2. Les catégories de solutions hors-site

### 2.2.1. Catégorie 1 : les ossatures 1D



Figure 1 Exemple de composants de la catégorie 1D

Les ossatures 1D correspondent principalement à des systèmes de poteau/poutre ou de charpente. Ces éléments préfabriqués sont dans l'immense majorité des cas mono-matériaux, et très peu complexes, n'intégrant au maximum que deux corps d'états.

Cette catégorie, déjà largement utilisée dans la construction, se situe à la limite entre composant hors-site et construction traditionnelle. La préfabrication de ces éléments est plus adaptative mais maîtrisée, et n'impose pas de contrainte de répétitivité ou de standardisation aussi forte que les autres catégories.

En ce qui concerne les composants béton spécifiquement, ce sont bien des éléments standards pour la construction qui sont disponibles en grande quantité.

### 2.2.2. Catégorie 2 : les panneaux 2D

Cette catégorie se différencie de la première en augmentant la valeur ajoutée en atelier.

Ainsi, ces panneaux peuvent intégrer plusieurs corps d'état :

- La structure,
- L'isolation,
- Les menuiseries et les occultations,
- L'étanchéité à l'air et à l'eau,
- Le revêtement extérieur,
- Les équipements techniques de façade...

Ces éléments sont considérés complexes lorsqu'ils intègrent trois corps d'état ou plus dans la phase de production en atelier.

Les panneaux 2D s'adaptent à de nombreuses typologies de projets. Les matériaux utilisés peuvent être biosourcés ou non, l'ossature métallique légère tout comme le prémur béton pouvant être utilisé.

Ce type de solution peut être utilisé pour répondre aux enjeux environnementaux et décarboner significativement l'enveloppe du bâtiment quand des matériaux biosourcés sont utilisés (structure bois ou métal léger, isolation en matériaux biosourcés, intégration de photovoltaïque en façade, etc.).

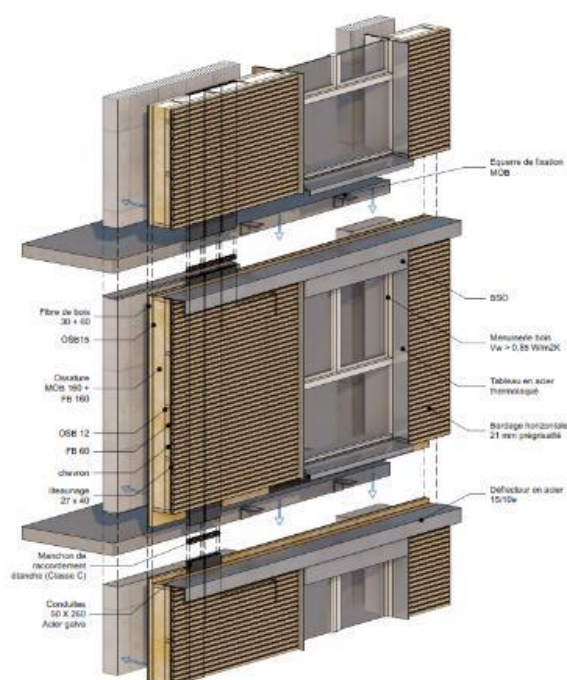


Figure 2 Exemple de composants de la catégorie 2D

### 2.2.3. Catégorie 3 : le modulaire structurel 3D

La catégorie 3, souvent désignée par le terme « modulaire 3D », est constituée des systèmes structurels volumétriques pouvant intégrer l'ensemble des corps d'état du bâtiment pour fournir des composants clés en main.

Ces éléments permettent de maximiser la valeur ajoutée dans le cadre d'un projet hors-site. Les modules sont généralement finalisés en usine à 95%, ne restant à réaliser sur place que leurs connexions extérieures. Ainsi, les corps d'état suivant peuvent être intégrés en usine :

- Structure, isolation et étanchéité à l'air et à l'eau,
- Menuiseries extérieures,
- Finitions intérieures (revêtements de sol, de mur, de plafond, menuiseries intérieures, agencement, etc.),
- Lots techniques (électricité, chauffage, ventilation, climatisation, plomberie sanitaire, etc.).

La structure de ces éléments peut faire appel au bois, au métal et au béton. La mixité des matériaux est aussi une grande force de cette catégorie, pour bénéficier des avantages de chaque matériau : structure métallique avec parois en ossature bois ou encore structure métallique et plancher béton.

Ces types de composants sont utilisés principalement dans le cadre de la réalisation de résidences gérées (résidences étudiantes, foyers pour jeunes travailleurs) pour lesquels il y a une répétitivité des logements. C'est également la catégorie de hors-site la plus complexe à mettre en œuvre.

Les phases de conception se doivent d'être extrêmement précises et de prendre en compte ce système constructif au plus tôt dans le projet.



Figure 3 Exemple de composants de la catégorie 3D

#### 2.2.4. Catégorie 4 : les composants non structurels

La catégorie 4 rassemble l'ensemble des composants dits rapportés et ne participant pas à la stabilité du bâti :

- Salles d'eau,
- Gaines techniques,
- Transformateur avec mur dit « poste en immeuble », escaliers & balcons préfabriqués...

Ces composants non structurels, généralement très techniques, sont pour la plupart déjà considérés comme des standards. Par la variété de composants présents dans cette catégorie, leur utilisation est très large, en termes de typologies de programme, de bâtiments ou de performances visées.



Figure 4 Catégorie 4

Les éléments de la catégorie 4 comme les salles de bains préfabriquées peuvent devenir de véritables produits « sur catalogue » et intégrés dès le début à la conception. Ceci permet une véritable approche industrielle et donc une amélioration nette de délais, de coûts et de qualité<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Socotec (2021), Livre blanc – LE H O R S - S I T E : C O N S T R U I R E A U T R E M E N T M A I N T E N A N T

## 2.3. Composants, modules et produits

Parmi les termes clés du hors-site, on distingue notamment composants, modules et produits, qui recouvrent des réalités techniques et contractuelles différentes.

### 2.3.1. Composant

Un composant préfabriqué désigne un élément d'ouvrage manufacturé de façon standardisée, généralement de taille ou de fonction limitée, qui viendra s'intégrer dans la construction finale. Il peut s'agir par exemple de salles de bains préfabriquées (pods sanitaires), de gaines techniques prêtes à poser, d'escaliers, de murs ou de planchers...

Ces composants sont fabriqués en usine avec un haut niveau de finition et regroupent souvent plusieurs sous-ensembles techniques, sans constituer à eux seuls une structure autoporteuse.

Un composant peut être manufacturé via un processus industriel (fabrication mécanisée, contrôle qualité en usine, répétabilité) sans pour autant être un produit au sens strict : la distinction repose sur la standardisation.



Figure 5 Composants de façade Pailletech pour les bureaux Dellizzotti à Bettembourg (Luxembourg)

### 2.3.2. Module

Un module hors-site, en revanche, renvoie à un volume tridimensionnel préfabriqué formant une unité spatiale structurante.

On parle de construction modulaire 3D lorsqu'une partie du bâtiment est constituée de volumes autoportants fabriqués et équipés en usine, puis assemblés entre eux sur site.

Ces modules volumétriques comprennent leurs planchers, murs et plafonds formant une « boîte » complète, intégrant en atelier les réseaux (électricité, plomberie, CVC), les finitions intérieures, les menuiseries, etc. Ils peuvent correspondre à des pièces entières (par exemple une chambre, une salle de classe, un bureau) et leur juxtaposition permet de réaliser soit un bâtiment modulaire complet, soit une partie d'ouvrage en structure hybride combinée à d'autres modes constructifs.



Figure 6 Un des modules pour le programme de 42 logements à Wiltz (Luxembourg) emmené par le groupement Oikos-concept, Polygone Luxembourg, Banice Architectes, Ossaboïs, Luxplan et BSC – Financé par le Fonds du Logement et par la Commune de Wiltz

### 2.3.3. Produit

La notion de produit dans le contexte du hors-site revêt deux dimensions.

#### *Dimension réglementaire*

D'une part, en termes de régulation et de normalisation, un produit de construction désigne un élément fabriqué en série, conforme à des normes ou faisant l'objet d'une évaluation technique (Avis Technique, Agrément Technique Européen) garantissant sa performance pour un usage donné.

Au niveau européen, le Règlement Produits de Construction (CPR) UE 305/2011, révisé en 2025, harmonise les conditions de commercialisation au sein de l'Espace économique européen. Les produits doivent être marqués CE accompagnés d'une Déclaration de Performance (DoP).

Les modules volumétriques ou systèmes hors-site innovants, lorsqu'ils ne sont pas couverts par les normes existantes (Techniques courantes en France par exemple), doivent ainsi être appréhendés comme des produits à évaluer afin d'assurer qu'ils respectent les exigences réglementaires le biais, au niveau européen, d'une Évaluation Technique Européenne (ETA, *European Technical Assessment*), délivrée par un organisme d'évaluation technique agréé (TAB, *Technical Assessment Body*), membre de l'EOTA (*European Organisation for Technical Assessment*).

Cette ETA constitue une voie volontaire permettant d'apposer le marquage CE et de commercialiser le produit dans toute l'UE, en démontrant la conformité aux exigences essentielles : résistance mécanique, sécurité incendie, hygiène/santé/environnement, accessibilité, économie d'énergie, durabilité environnementale, circularité<sup>4</sup>.

### Dimensions industrielles

D'autre part, sur le plan de la stratégie industrielle, adopter une logique produit signifie passer d'une conception unique pour chaque projet, à une conception d'éléments reproductibles et standardisés, pensés dès l'amont pour la fabrication et l'assemblage en série.

Une telle approche orientée produit permet de fiabiliser la qualité et la performance (produits testés et optimisés), de réduire les coûts par la standardisation, et d'accélérer la diffusion des solutions hors-site sur le marché.

Elle s'accompagne du développement d'un langage commun entre concepteurs et fabricants, autour de références techniques partagées, afin d'assurer l'interopérabilité des composants et modules issus de différents industriels.

Il convient de clarifier trois notions souvent confondues :

Processus industriel	Composant manufacturé	Produit standardisé
Ensemble des opérations de fabrication s'appuyant sur des moyens de production mécanisés ou automatisés, dans un environnement contrôlé (usine, atelier), avec des protocoles de contrôle qualité systématiques et une répétabilité garantie des opérations. Un processus industriel se distingue de l'artisanat de chantier par la rationalisation des tâches, la mécanisation des opérations (découpe CNC, robots de soudure, presses hydrauliques, lignes d'assemblage automatisées) et la traçabilité documentée de chaque étape de production.	Élément d'ouvrage fabriqué à l'aide d'un processus industriel, sans nécessairement être standardisé. Par exemple, une façade bois préfabriquée sur-mesure pour un projet architectural spécifique est un composant manufacturé en usine (processus industriel), mais n'est pas un produit car ses dimensions, matériaux et finitions sont uniques à ce projet.	Composant conçu pour être reproductible en série, avec des caractéristiques techniques et dimensionnelles fixes, documentées et certifiées (fiches techniques, performances testées en laboratoire, marquage CE ou équivalent). Un produit peut être commandé « sur catalogue », fabriqué en série dans une usine dédiée, et intégré dans des projets différents sans adaptation majeure.

<sup>4</sup> Exemples d'évaluations techniques pour le hors-site :

*Avis Technique (AT) Cougnaud 3.3/15-810\_V1 pour modules 3D*

*Avis Technique Sybois 20/15-343 pour systèmes bois préfabriqués*

*ETA 10/0019 pour caissons de toiture Unilin*

## 2.4. Standardisation et DfMA dans la conception hors-site

### 2.4.1. DfMA

La standardisation et la démarche DfMA (Design for Manufacturing and Assembly) jouent un rôle central dans le déploiement du hors-site.

Elle vise à optimiser la conception en fonction des contraintes de fabrication en usine et de montage sur site. Elle invite les concepteurs (architectes, ingénieurs) à collaborer très en amont avec les industriels pour simplifier les assemblages, limiter les pièces spéciales et prévoir la modularité nécessaire.

En pratique, cela se traduit par des choix de conception qui favorisent l'utilisation de pièces standard, la répétabilité des composants, l'accessibilité des points de connexion et la facilitation des gestes de pose.

Cette philosophie de processus global intégré rejoint l'objectif d'une meilleure qualité et d'une réduction des erreurs : plus les éléments hors-site sont conçus de manière cohérente, moins il y aura d'adaptations improvisées sur site.

La Grande Région, associant des territoires aux normes parfois distinctes, bénéficie particulièrement de l'adoption du DfMA et de standards communs. C'est en concevant pour être fabriqué et assemblé que l'on lève les obstacles liés aux différences réglementaires ou culturelles, en formalisant en amont les exigences (tolérances dimensionnelles, points de contrôle qualité, modes opératoires) dans un référentiel compréhensible par tous.

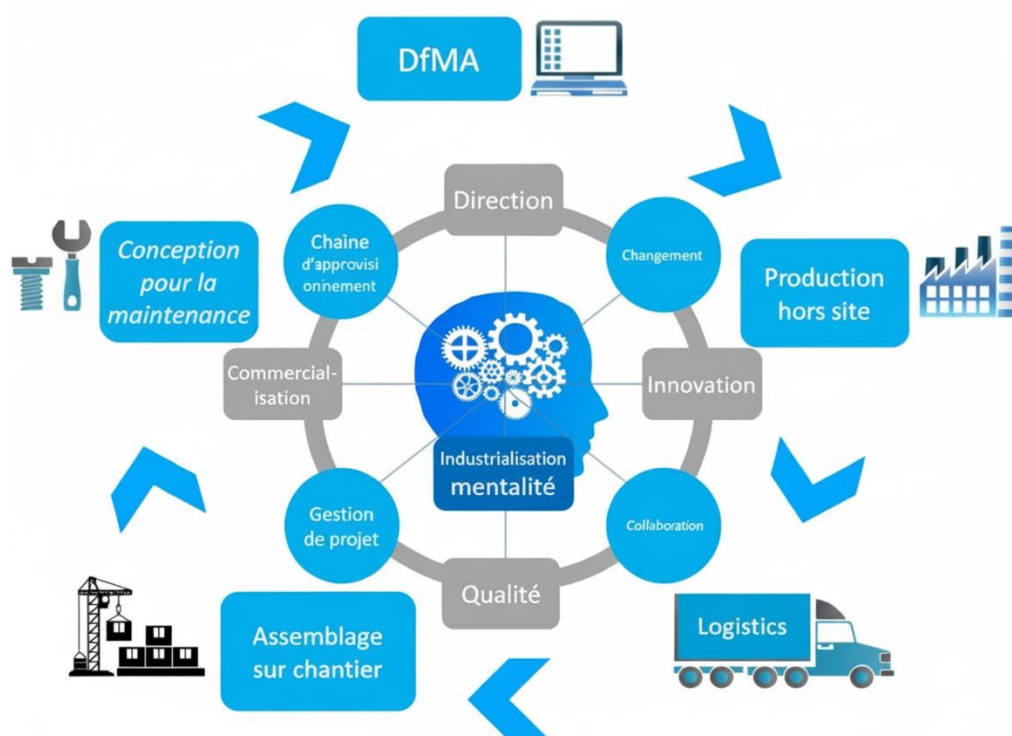


Figure 7 Conception DfMA

## 2.4.2. DfMA-D

De plus, la notion de DfMA-D (Design for Manufacturing, Assembly and Disassembly, ou conception pour la fabrication, l'assemblage et le démontage/remontage) vise à concevoir les bâtiments de sorte que leurs composants soient non seulement optimisés pour la préfabrication et l'assemblage, mais aussi pour être facilement démontés sans dommages en fin de vie ou lors de restructurations.

En intégrant dès la conception des connexions mécaniques démontables (plutôt que des fixations permanentes) et des modules standardisés, le DfMA-D assure la réversibilité des ouvrages. Les éléments peuvent être séparés, réparés, réutilisés ou reconfigurés, ce qui prolonge la durée de vie des modules et réduit drastiquement les déchets de démolition.

### Applications

Le projet d'école modulaire « Um Bock » au Luxembourg (90 modules bois préfabriqués assemblés par Degotte) a été conçu pour être démonté puis remonté sur un autre site, illustrant concrètement l'allongement de la vie du bâtiment par le réemploi de ses composants et l'évitement d'une démolition traditionnelle.

Le projet Européen BAMB (Buildings as Material Banks), financé par Horizon 2020 et réunissant 15 partenaires de 7 pays européens, a démontré la faisabilité d'une architecture modulaire circulaire en développant notamment le Concept Bâtiment Réversible (RBD), des assemblages démontables « plug-and-play », des passeports Matériaux (Materials Passports) assurant la traçabilité des composants pour faciliter leur réemploi futur, appliqués à six projets pilotes.

Les évolutions réglementaires européennes encouragent également ces pratiques :

- Le principe DNSH (Do No Significant Harm), inscrit dans la taxonomie verte de l'UE, qui impose qu'un projet ne compromette pas les objectifs environnementaux, dont l'économie circulaire,
- La Directive-Cadre européenne sur les déchets : incite au réemploi et recyclage des matériaux de construction, avec objectifs chiffrés de valorisation des déchets de chantier ;
- Le Règlement Produits de Construction (CPR) UE 305/2011 révisé 2025 qui intègre des exigences de durabilité, réparabilité et recyclabilité des produits, préparant l'arrivée du Digital Product Passport européen (traçabilité numérique cycle de vie complet), ...

## 2.5. Implications juridiques et assurantielles

Les termes techniques du hors-site emportent, au-delà de leur définition, des implications juridiques et contractuelles qu'il convient d'avoir à l'esprit dans un contexte transnational.

Par exemple, parler de module clé-en-main ou de produit hors-site suppose qu'un fabricant livre un élément quasiment fini, ce qui peut bousculer le schéma contractuel classique où le maître d'œuvre coordonne de multiples lots réalisés sur site. De même, évoquer une solution hors-site globale peut impliquer qu'une seule entité prend en charge conception, fabrication et pose, là où traditionnellement plusieurs contrats distincts auraient eu lieu.

En France, le Code de la commande publique impose en marchés publics une séparation stricte entre la maîtrise d'œuvre (conception) et les entreprises de réalisation, avec allotissement par corps d'état, un cadre pensé pour la construction conventionnelle qui peut neutraliser une partie des avantages du hors-site s'il n'est pas assoupli.

De manière dérogatoire, les marchés globaux (conception-réalisation, marché global de performance) peuvent permettre la construction par un intervenant unique ou un groupement rassemblant entreprise de travaux et conception / MOE, contexte plus favorable pour le recours au hors-site.

Néanmoins, ces processus dérogatoires doivent être justifiés, et le juge administratif fait une interprétation stricte des conditions de dérogation. Le recours à la filière hors-site n'est pas un motif suffisant pour justifier recourir à un tel montage.

Par contraste, dans d'autres pays de la Grande Région, le recours à des contrats de type entreprise générale ou design-build est plus fréquent, ce qui peut faciliter l'intégration hors-site mais pose d'autres questions. Par exemple, les principes de garantie des ouvrages n'est pas la même e.

- En France, la responsabilité décennale s'applique et constitue une responsabilité légale pour les constructeurs, fondée principalement par les articles 1792 et 2270 du Code Civil.
- En Belgique, la responsabilité décennale s'applique et constitue une responsabilité légale pour les constructeurs, fondée principalement par les articles 1792 et 2270 du Code Civil ; elle est garantie d'une part par l'auteur de projet (architecte) et d'autre part par les entreprises exécutantes.
- Au Luxembourg, la responsabilité décennale existe, basée sur l'article 1792 du Code Civil. Toutefois, "l'assurance contrôle", qui garantit les désordres affectant les ouvrages dans les dix années qui suivent la réception, n'est pas rendue obligatoire par la loi, mais dans les faits, beaucoup y souscrivent.
- En Allemagne en revanche, la garantie de défektivité d'un ouvrage bâti est de 5 ans, ramenée à 4 ans si le contrat s'appuie sur le VOB/B.

De même, il convient de déterminer qui porte la responsabilité en cas de défaut : le fabricant du module (garantie fabricant de type biennale sur le produit) ou l'assembleur sur chantier (assurance décennale en cas de vice affectant la solidité de l'ouvrage) ?

Aspect	France	Belgique	Luxembourg	Allemagne
<b>Responsabilité légale décennale</b>	Oui (art. 1792 + 2270 CC)	Oui (art. 1792 + 2270 CC)	Oui (art. 1792 CC)	Non — VOB/B contrat : 5 ans (4 ans)
<b>Caractère</b>	Légale obligatoire	Légale obligatoire	Légale, assurance <i>contrôle</i> facultative	Responsabilité contractuelle (norme VOB/B)
<b>Couverture</b>	Architecte + entreprises exécutantes	Architecte + entreprises exécutantes	Architecte + entreprises exécutantes (variable)	Par contrat VOB/B (critères qualité très stricts)
<b>Contrats favorables hors-site</b>	Marchés globaux (dérogatoires CCP, interprétation stricte juge)	Entreprise générale, design-build (fréquent)	Entreprise générale, design-build (fréquent)	Entreprise générale, VOB/B standard (adapté industriel)
<b>Enjeu transfrontalier hors-site</b>	Clarifier resp. fabricant (biennale) vs assembleur (décennale)	Clarifier resp. conjointe fabricant-assembleur (décennale commune)	Convenir régime assurance (équivalent FR/BE ou contractuel)	Respect VOB/B standards qualité compense délai court

Figure 8 Tableau synthétique des régimes juridiques comparés

## 2.6. Domaines d'emploi

La construction hors-site se propose en méthode transversale, applicable à plusieurs domaines d'intervention du bâtiment : construction neuve, réhabilitation lourde, transformation d'usage ou encore extension/surélévation.

Chacune de ces typologies présente des enjeux spécifiques, mais toutes tirent profit des atouts du hors-site en termes de rapidité, de réduction des nuisances sur chantier de qualité et de sobriété carbone. Il convient donc de distinguer les logiques propres à chaque domaine, tout en soulignant leur complémentarité industrielle à l'échelle de la Grande Région.

En effet, la structuration d'une filière intégrée suppose de pouvoir alimenter en continu les usines de préfabrication avec une variété de projets : logement neuf, rénovation énergétique, surélévations, etc.

Cette diversification des marchés, du logement social neuf à la surélévation d'immeubles anciens en passant par le tertiaire, est indispensable pour faire tourner une unité de production à plein régime et en amortir les coûts fixes.

### 2.6.1. Logement neuf

Le hors-site trouve un terrain d'application privilégié dans le logement neuf, notamment pour accélérer la production de logements de qualité tout en maîtrisant les coûts et l'empreinte écologique.

Les procédés hors-site s'appliquent particulièrement aux programmes présentant une forte répétitivité ou des gabarits standardisés :

- Logements sociaux collectifs ou intermédiaires
- Résidences gérées : étudiantes, jeunes travailleurs, seniors, foyers temporaires...
- Petits ensembles groupés : maisons en bande, logements évolutifs...

### 2.6.2. Logement réhabilité ou transformé

Le hors-site s'applique également aux projets de reconversion de bâtiments existants ou de changement d'affectation. Par exemple, la transformation d'un immeuble de bureaux en logements, ou la requalification d'un site industriel en équipement public.

La contrainte principale est de remodeler un bâti existant en y intégrant de nouvelles fonctions, souvent avec un impératif de rapidité pour limiter la vacance du bâtiment.

Il existe des solutions efficaces :

- Pose de pods sanitaires prééquipés pour créer rapidement des salles de bain dans un immeuble de bureaux converti en appartements,
- Installation de façades préfabriquées pour moderniser l'aspect et la performance thermique d'un bâtiment obsolète,
- Pose de balcons préfabriqués,
- Utilisation de modules 3D insérés dans des volumes existants pour créer de nouveaux espaces

Il est important de prendre en compte la possibilité d'hybrider les solutions pour maximiser l'efficacité de l'utilisation du hors-site.

### 2.6.3. Extensions et surélévations

L'extension du bâti, principalement verticale (surélévation d'un ou plusieurs étages), est un domaine d'emploi privilégié du hors-site, notamment en milieu urbain dense.

Construire la ville sur la ville implique souvent d'ajouter des surfaces supplémentaires sans emprise au sol, donc en surélevant des immeubles existants.

Les modules 3D légers (en bois ou acier) s'avèrent particulièrement adaptés à la création de nouveaux logements en toiture : ils répondent au besoin de densification urbaine tout en réduisant drastiquement le temps de travaux par rapport à une construction traditionnelle in situ.

### 2.6.4. Rénovation énergétique et réhabilitation lourde

La Grande Région compte un parc considérable de logements anciens à faible performance énergétique, ainsi que de nombreux bâtiments publics (écoles, bureaux...) à rénover pour atteindre les objectifs climatiques européens.

La massification de la rénovation énergétique est un impératif environnemental, social et économique, mais elle se heurte aux limites des méthodes traditionnelles : délais, pénurie de main-d'œuvre, hétérogénéité des bâtiments. L'industrialisation du processus via des éléments préfabriqués apporte une réponse systémique à ces défis.

Concrètement, le hors-site en rénovation se décline en un ensemble de solutions complémentaires :

- Façades préfabriquées isolantes en 2D, intégrant isolation, parement et menuiseries, à poser sur les façades existantes pour une isolation thermique par l'extérieur très rapide,
- Caissons de toiture pré-isolés pour refaire l'étanchéité et isoler les combles en un temps réduit,
- Modules techniques préfabriqués (pods énergétiques) contenant pompes à chaleur, chauffe-eau, VMC, à raccorder au bâtiment pour moderniser ses équipements,
- Salles de bains préfabriquées pour rénover rapidement les pièces humides en site occupé,
- Éléments modulaires de confort tels que loggias/balcons rapportés pour améliorer la qualité d'usage des logements...

Grâce à ces techniques, souvent combinées, des opérations démontrent qu'il est possible de diviser par deux la durée des chantiers de rénovation et d'améliorer significativement la performance énergétique atteinte.

Exemple de gains opérationnels sur des opérations Energiesprong<sup>5</sup> pour de la rénovation énergétique massifiée :

Opération	Logements	Délai hors-site	Délai traditionnel	Gain
<b>Vaulx-en-Velin (69)</b>	988	19 mois	4,5 ans (54 mois)	<b>-65%</b>
<b>Pays de la Loire</b>	1 458	4 ans (5 lots)	8-10 ans	<b>-50 à -60%</b>
<b>Wattrelos (59)</b>	176	12-15 mois	30-36 mois	<b>-50 à -60%</b>

<sup>5</sup> Source : Energiesprong France, Action Logement, Banque des Territoires, LIFE GRF (2024-2025)

## 3. État de l'art dans la Grande Région

### 3.1. Objectifs nationaux de construction de logements neufs

#### 3.1.1. France

La France fait face à une crise structurelle du logement, caractérisée par une inadéquation persistante entre l'offre produite et les besoins, en particulier dans les zones dites « tendues ».

Les besoins annuels sont régulièrement estimés autour de 500 000 logements, incluant une part significative de logements sociaux et intermédiaires, nécessaires pour répondre à la diversification des ménages et à la pression démographique dans les grands bassins d'emploi.

Les objectifs affichés par l'État traduisent cette ambition, avec notamment une cible d'environ 110 000 logements sociaux par an et des dispositifs visant à soutenir la production de logements intermédiaires pour les classes moyennes dans les zones à forte tension.

Toutefois, ces objectifs s'inscrivent dans un contexte de fort ralentissement de la production réelle : les mises en chantier et les ventes de logements neufs aux particuliers ont chuté à des niveaux historiquement bas en 2023–2024, passant sous le seuil des 100 000 unités annuelles.

Cette situation met en évidence un décrochage croissant entre les ambitions publiques et la capacité effective du secteur à produire, sous l'effet conjugué de la hausse des coûts de construction, de la raréfaction du foncier, de la complexité administrative et de la crise de l'investissement immobilier.

Les déséquilibres territoriaux se renforcent : les grandes métropoles et bassins d'emploi concentrent les besoins non satisfaits, tandis que certaines zones rurales ou en décroissance démographique peinent à absorber une offre pour les constructions neuves.

Dans ce contexte, l'État a identifié des territoires prioritaires (notamment autour des nœuds de transport et des grands projets industriels) et engagé des procédures simplifiées pour accélérer la production de logements.

Parallèlement, la mise en œuvre de la loi ZAN (Zéro Artificialisation Nette) impose une inflexion majeure des modes de production, en privilégiant la densification, la reconversion de friches et la transformation de bureaux en logements. Cette double contrainte (produire plus tout en consommant moins de foncier) crée un terrain favorable à l'industrialisation et aux solutions hors-site.

#### 3.1.2. Allemagne

L'Allemagne s'est fixé un objectif particulièrement ambitieux de 400 000 logements neufs par an, dont 100 000 logements sociaux, afin de répondre à la pénurie de logements abordables tout en respectant les objectifs climatiques nationaux (neutralité carbone à l'horizon 2045).

Dans les faits, la production reste sensiblement inférieure à la cible : environ 295 000 logements ont été livrés en 2023, et seulement 216 000 permis de construction ont été délivrés en 2024, le plus bas niveau depuis 2010.

Une étude du Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), commandée par le ministère du Logement, indique que l'Allemagne devrait produire 320 000 logements par an d'ici 2030 simplement pour répondre aux besoins croissants. Les projections de l'IFO Institut (Munich) sont encore plus préoccupantes : seulement 175 000 logements en 2026, soit un déclin de 41% par rapport à 2022.

Face à cette situation, le gouvernement fédéral et les Länder ont engagé plusieurs mesures de relance, combinant soutiens financiers, simplification réglementaire et promotion de méthodes constructives plus productives.

La construction sérielle et modulaire (Serielles und Modulares Bauen) est explicitement identifiée comme un levier pour accélérer la production, réduire les délais et sécuriser les coûts, notamment dans le logement social et intermédiaire.

Dans les Länder frontaliers de la Grande Région (Sarre, Rhénanie-Palatinat), ces orientations se traduisent par un intérêt croissant pour les solutions industrialisées, même si leur déploiement reste encore hétérogène selon les territoires.

### 3.1.3. Belgique (Wallonie)

La Belgique ne dispose pas d'un objectif national unique en matière de construction de logements neufs, la politique du logement étant largement régionalisée. Les besoins sont néanmoins clairement identifiés : la croissance démographique et l'évolution des structures familiales génèrent une demande estimée entre 45 000 et 50 000 logements par an, alors que la production effective demeure nettement inférieure, créant un déficit structurel annuel de l'ordre de 20 000 logements.

La production récente oscille autour de 25 000 à 30 000 logements par an, un niveau insuffisant pour résorber la pénurie, en particulier dans les zones urbaines et périurbaines bien connectées aux bassins d'emploi transfrontaliers.

Les pouvoirs publics ont engagé des réponses différenciées selon les Régions : en Wallonie, le Code wallon de l'habitation durable renforce le rôle des communes dans la planification, tandis qu'en Flandre, des pactes logement visent à mobiliser plus efficacement les acteurs publics et privés.

Dans l'ensemble du pays, la question n'est plus uniquement quantitative, mais aussi qualitative : produire des logements accessibles, performants sur le plan énergétique et compatibles avec les objectifs climatiques. Dans ce cadre, les solutions industrialisées et hors-site sont de plus en plus considérées comme des outils pertinents, notamment pour le logement public, les équipements collectifs et la rénovation énergétique.

### 3.1.4. Luxembourg

Le Luxembourg connaît l'une des tensions les plus fortes de la Grande Région en matière de logement, du fait de sa croissance démographique rapide, de la forte attractivité économique du pays et de la rareté structurelle du foncier.

Les autorités luxembourgeoises estiment que le pays devrait produire environ 6 000 logements neufs par an pour répondre aux besoins liés à l'augmentation de la population et à l'évolution des ménages. Ce niveau représente une hausse très significative par rapport au rythme observé sur la période 2014–2020, où la production annuelle moyenne se situait autour de 3 500 à 4 000 logements.

Afin de rattraper ce retard, le gouvernement a lancé en 2024 un paquet de relance du logement, mobilisant environ 1,45 milliard d'euros sur la période 2024–2027 via un Fonds spécial dédié au logement abordable. Les priorités affichées portent sur :

- La mobilisation de foncier public et privé,
- L'augmentation de l'offre de logements sociaux et abordables,
- La simplification et l'accélération des procédures d'urbanisme.

Malgré ces efforts, plusieurs obstacles demeurent majeurs : disponibilité limitée du foncier, acceptabilité locale de la densification, pénurie de main-d'œuvre dans la construction et dépendance vis-à-vis d'acteurs étrangers pour certaines compétences et capacités de production.

Dans ce contexte, l'industrialisation des modes constructifs apparaît de plus en plus comme une condition nécessaire pour changer d'échelle. Le recours au hors-site est régulièrement évoqué comme un levier permettant :

- De réduire les délais de réalisation,
- De sécuriser les coûts dans un marché très tendu,
- Et de garantir un haut niveau de qualité et de performance environnementale.

Cette évolution suscite toutefois des débats, notamment sur l'intégration architecturale, la standardisation perçue et la place des acteurs locaux. Elle positionne néanmoins le Luxembourg comme un marché d'absorption clé pour les solutions hors-site produites à l'échelle transfrontalière.

### 3.1.5. Lecture transversale à l'échelle de la Grande Région

Malgré des contextes institutionnels et réglementaires différents, les pays dont une partie du territoire appartient à la Grande Région partagent un constat commun : les objectifs nationaux de production de logements neufs ne peuvent être atteints sans une transformation profonde des modes de produire.

Les chiffres présentés ci-dessous correspondent aux **objectifs nationaux annuels**, et non aux seules régions composant la Grande Région. Ils sont mobilisés ici à titre indicatif afin d'illustrer l'ampleur des dynamiques structurelles qui influencent également les territoires frontaliers concernés par le projet.

La tension sur le foncier, la main-d'œuvre et les coûts, combinée aux exigences environnementales croissantes, crée un terrain favorable à des approches industrialisées, reproductibles et transfrontalières.

Dans cette perspective, le hors-site ne constitue pas une réponse marginale, mais un levier stratégique pour concilier volume, qualité, délais et performance environnementale, y compris à l'échelle transfrontalière de la Grande Région.

Région	Nombre de logements neufs cible / an
<b>France</b>	500 000 dont 110 000 Logements sociaux
<b>Allemagne</b>	400 000 dont 100 000 Logements sociaux
<b>Belgique</b>	50 000
<b>Luxembourg</b>	6 000

Ces objectifs nationaux exercent une pression directe sur les territoires de la Grande Région, qui sont souvent situés dans des zones économiquement dynamiques et attractives.

Ainsi, même si les volumes mentionnés dépassent l'échelle régionale stricte du projet, ils expliquent les dynamiques industrielles, les tensions sur les capacités de production et les logiques transfrontalières observées dans la Grande Région.

## 3.2. Part du hors-site dans le logement neuf

La part de la construction hors-site dans le logement neuf demeure globalement minoritaire à l'échelle de la Grande Région, mais elle progresse de manière différenciée selon les pays et les segments de marché. Il convient par ailleurs de distinguer la présence diffuse d'éléments préfabriqués, aujourd'hui quasi généralisée, de la logique de production hors-site structurée, intégrant conception, fabrication industrielle et assemblage sur site.

### 3.2.1. France

En France, la construction hors-site contribue encore de façon limitée à la production globale de logements neufs, même si la quasi-totalité des chantiers intègre déjà des éléments préfabriqués (dalles, prémurs, charpentes, escaliers, modules techniques, façades industrialisées, etc.). La filière reste toutefois majoritairement organisée autour de procédés traditionnels, avec une industrialisation partielle et fragmentée.

Une étude ministérielle publiée en 2021 soulignait ainsi que 80 à 85 % des travaux pourraient théoriquement être réalisés en usine, alors que la part effectivement industrialisée restait estimée à environ 6 % à cette date. Cet écart met en évidence un potentiel important, mais encore largement sous-exploité.

Les enquêtes récentes traduisent néanmoins une dynamique d'adoption croissante : selon le dernier baromètre annuel du secteur, 44 % des professionnels interrogés déclaraient avoir déjà mis en œuvre des solutions hors-site sur au moins un chantier en 2023, en nette progression par rapport à 2022<sup>6</sup>.

Cette montée en puissance concerne principalement :

- Le logement collectif,
- Les opérations répétitives (logements sociaux, résidences étudiantes),
- Et les projets sous forte contrainte de délais ou de foncier (densification, surélévation).

Malgré cette dynamique, la France reste en phase de transition : le hors-site y est encore perçu comme une alternative ciblée, plus que comme un mode de production dominant.

### 3.2.2. Allemagne

L'Allemagne dispose d'une tradition industrielle ancienne en matière de préfabrication, ce qui se traduit par une pénétration plus élevée du hors-site dans le logement neuf. Les estimations convergent vers une part supérieure à 20 % des logements neufs construits à l'aide de méthodes hors-site (construction modulaire volumétrique, éléments préfabriqués béton ou bois, systèmes industrialisés).

Ce chiffre est principalement tiré par le segment des maisons individuelles, où la préfabrication représente environ 23 % des nouvelles constructions, une part en hausse continue depuis deux décennies (environ 13 % au début des années 2000, plus de 20 % depuis 2019)<sup>7</sup>. Le modèle des *Fertighäuser* est bien installé, soutenu par une filière industrielle mature et une acceptation sociale élevée.

Dans le logement collectif, la pénétration du hors-site reste plus modeste, mais progresse également : environ 4 % des immeubles collectifs autorisés en 2019 intégraient des solutions hors-site structurées.

<sup>6</sup> Baromètre annuel Hors-Site 2023, réalisé par BATIMAT, Campus Hors-Site et l'ACIM

<sup>7</sup> Bundesverband Deutscher Fertigbau (BDF)

Ce segment est aujourd'hui au cœur des politiques de relance de la construction, notamment via la promotion du *serielles und modulares Bauen*, ce qui laisse présager une croissance soutenue dans les prochaines années appuyée sur les objectifs internationaux en termes de neutralité climat comme en témoigne le Deutscher Bundestag (Wissenschaftliche Dienste) en 2023.

### 3.2.3. Wallonie

La Wallonie connaît une croissance progressive du marché de la construction modulaire hors-site, s'inscrivant dans un contexte belge global de marché préfabriqué en croissance de 6,44% (2025-2030)<sup>8</sup>. Le segment résidentiel représente 52,8% du marché belge de la préfabrication, confirmant que le logement est le principal débouché.

Dans les faits, la majorité des projets résidentiels wallons combinent des solutions hybrides : prémurs et prédalles en béton, modules 3D techniques (salles de bain, gaines), et ossatures bois ou béton industrialisées, tandis que le « tout modulaire » volumétrique reste encore minoritaire. L'ossature bois domine le secteur wallon (85% des constructions bois), avec une forte spécialité en non-résidentiel (80% de la surface belge), bien que le résidentiel en bois soit en recul depuis 2023.

L'adoption du hors-site est portée par les politiques publiques en faveur de l'innovation, la pression sur les coûts et délais, et la maturité d'un tissu d'acteurs industriels et de bureaux d'études spécialisés (GreenWin, Buildwise, CAP Construction, Filière Bois Wallonie...).

À l'inverse de la Flandre (plus industrialisée), la Wallonie présente de fortes proximités techniques et culturelles avec le nord de la France et le Luxembourg, faisant du hors-site une opportunité de chaîne de valeur transfrontalière. La transformation demeure paradigmatique : le hors-site oblige à repenser l'intégralité de la chaîne de fabrication, de conception et de gestion des projets, requérant collaboration interterritoriale plutôt qu'une approche purement régionale

### 3.2.4. Luxembourg

Au Luxembourg, l'usage du hors-site dans le logement neuf demeure encore marginal à ce stade. Le pays continue de recourir majoritairement à des procédés traditionnels pour la construction résidentielle, et il n'existe pas à ce jour de données publiques consolidées permettant de quantifier précisément la part de logements neufs réalisés en préfabrication.

Des opérations de logements modulaires ont néanmoins été réalisées, démontrant la faisabilité technique de ces approches dans le contexte luxembourgeois (résidences en structure bois modulaire, bâtiments modulaires pour des besoins temporaires ou spécifiques). Ces projets restent toutefois ponctuels et ne traduisent pas encore un changement d'échelle.

La majorité des grands projets résidentiels continue de s'appuyer sur des entreprises et des méthodes classiques, en partie du fait :

- De l'absence d'une filière hors-site locale dimensionnée à grande échelle,
- D'une appétence encore limitée des grands acteurs nationaux,
- Et d'un cadre de commande qui reste majoritairement pensé pour le chantier traditionnel.

Lorsque des maîtres d'ouvrage luxembourgeois souhaitent recourir au modulaire ou au hors-site avancé, ils se tournent fréquemment vers des entreprises allemandes, autrichiennes ou suisses. La Wallonie constitue historiquement un partenaire privilégié du Luxembourg pour les échanges

<sup>8</sup> Mordor Intelligence, *Belgium Prefabricated Construction Market*, 2025

techniques et humains, et la Belgique s'impose désormais de plus en plus comme un acteur crédible de cette chaîne de valeur transfrontalière, comme l'illustre notamment l'implantation au Luxembourg de bureaux d'études spécialisés issus du marché belge (ex. Degotte).

### 3.2.5. Lecture transversale Grande Région

À l'échelle de la Grande Région, la part du hors-site dans le logement neuf reflète une géographie contrastée :

- L'Allemagne et, dans une moindre mesure, la Belgique disposent déjà de filières industrialisées opérationnelles,
- La France est engagée dans une phase de montée en puissance encore incomplète,
- Le Luxembourg apparaît avant tout comme un marché de demande, susceptible d'absorber des solutions hors-site produites à l'échelle transfrontalière.

Cette configuration conforte l'idée que le développement du hors-site dans la Grande Région repose moins sur une logique strictement nationale que sur une organisation de filières interconnectées, capables de répondre aux besoins croissants en logements neufs tout en respectant les contraintes de délais, de coûts et de performance environnementale.

#### Maturité et pénétration du hors-site

Pays / Région	Part estimée du hors-site dans le logement neuf	Niveau de maturité de la filière	Segments principalement concernés
<b>France</b>	Faible à modérée (≈ 5-10 % selon les segments)	Intermédiaire	Logement collectif, logement social, résidences étudiantes, opérations répétitives
<b>Allemagne</b>	Élevée (≥ 20 % du logement neuf)	Mature	Maisons individuelles, logement social, programmes sériels
<b>Wallonie</b>	Modérée, en forte croissance (6-8%)	Intermédiaire avancée	Logement collectif, logement public, solutions hybrides
<b>Luxembourg</b>	Très faible (marginale, non quantifiée)	Faible	Projets ponctuels (logement modulaire bois, bâtiments spécifiques)

#### Rôle territorial et dynamiques transfrontalières

Pays / Région	Rôle dans la Grande Région	Flux transfrontaliers et positionnement
<b>France</b>	Marché de transition à fort potentiel	Coopérations émergentes (Energiesprong, partenariats sectoriels) ; import ponctuel DE/BE
<b>Allemagne</b>	Pôle industriel structurant	Capacités exportables (filière mature, 26% adoption) vers GR ; partenariats formalisés en cours
<b>Wallonie</b>	Partenaire naturel du Luxembourg	Coopération formalisée (ZFT, 2021-2027) ; Oikos-concept cas d'ingénierie/prod modulaire
<b>Luxembourg</b>	Marché de demande	Dépendance filières DE, BE (Wallonie), AT, CH ; absorption croissante solutions modulaires

<b>Grande Région (lecture globale)</b>	Territoire d'intégration	Chaîne de valeur transfrontalière : formalisée institutionnellement (ZFT, SDT, Observatoire) ; opérationnelle en émergence
--	-----------------------------	--

Ces tableaux mettent en évidence une asymétrie marquée entre territoires producteurs et territoires de demande. Le développement du hors-site dans la Grande Région repose ainsi moins sur des filières strictement nationales que sur une structuration transfrontalière des capacités industrielles, de l'ingénierie et des marchés d'absorption.

### 3.3. Stratégies publiques en faveur de la construction hors-site dans le logement

#### 3.3.1. France

La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC-2, 2023), qui vise une réduction de 48% des émissions du bâtiment à l'horizon 2030, reconnaît explicitement que « la fabrication hors-site présente plusieurs avantages en faveur de la décarbonation », en particulier via la réduction des déchets, l'optimisation des matériaux et les circuits courts.

La feuille de route de décarbonation du bâtiment (2021, révisée 2023) identifie le hors-site comme un levier majeur pour réduire l'impact des matériaux et systèmes constructifs, bien qu'elle souligne que « plusieurs freins, notamment normatifs, restent à lever » et que « le recours à la commande publique pour favoriser l'émergence du hors-site est une des pistes ».

Action Logement, principal acteur du logement social et intermédiaire (1 million de logements gérés), s'est engagé à être un moteur du hors-site. Produisant chaque année environ 45 000 logements neufs (et 40 000 réhabilitations), Action Logement souhaite « activer toutes les solutions innovantes » pour construire des logements de qualité plus vite et à coût abordable.

En 2023-2024, l'organisme a publié un Guide méthodologique sur la construction hors-site à destination de ses maîtres d'ouvrage, afin de diffuser les bonnes pratiques (choix des procédés 1D/2D/3D/4D, organisation des appels d'offres, etc.) et de lever les réticences.

Parallèlement, la Banque des Territoires (filiale de la Caisse des Dépôts) accompagne les collectivités en mettant à disposition un guide pratique « Développer la construction et la rénovation hors-site sur votre territoire » (septembre 2024), proposant un parcours en 4 étapes pour passer à l'action et massifier le recours au hors-site après un projet pilote.

En octobre 2023, 9 bailleurs sociaux et opérateurs publics majeurs ont signé une Charte pour le développement de la construction hors-site, avec l'ambition d'atteindre 50% de leurs constructions en hors-site à l'horizon 2031 (vs <5% en 2023).

Cette Filière Hors-Site France, créée en novembre 2023 et rassemblant aménageurs, promoteurs, bailleurs, architectes, bureaux d'études et PME, a publié en septembre 2025 un Guide de la commande publique en projet hors-site visant à former les maîtres d'ouvrage publics aux appels d'offres adaptés au hors-site.

La France a également utilisé le levier des programmes d'investissement pour booster le hors-site. Par exemple, le Programme d'Investissements d'Avenir (PIA) a cofinancé certaines usines pilotes ou projets démonstrateurs de construction industrialisée.

Plus récemment, dans le cadre du plan France Relance et de France 2030, des appels à projets ont encouragé la construction bas-carbone et industrialisée (par ex. appel « Industrie du futur » auquel des usines de modules 3D ont pu candidater).

### 3.3.2. Allemagne

L'État fédéral allemand a clairement intégré le hors-site (Seriellen und modulares Bauen) dans sa stratégie de réponse à la crise du logement. Dès 2016, le Ministère du Logement a lancé une "Offensive Logement" en 10 points incluant une mesure pour « développer la construction sérielle pour un habitat attractif et abordable ».

Depuis, plusieurs initiatives concrètes ont vu le jour ; le gouvernement fédéral allemand, via le ministère en charge du logement et de la construction (aujourd'hui le Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen – BMWSB) a financé un programme de diffusion du « Bauen : kostengünstig, serielle und modular » (Construire économique, sériel et modulaire) dans le cadre de la réduction des coûts de construction et de la lutte contre la pénurie de main-d'œuvre.

En 2018, la fédération des bailleurs sociaux (GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen) a mis en place un premier accord-cadre européen de construction sérielle de logements. Cet accord-cadre (appel d'offres multi-attributaires) a permis de préapprouver des modèles de bâtiments modulaires, pour accélérer la réalisation de grands projets de logements sociaux clés en main.

Grâce à ce dispositif, des offices publics peuvent commander des immeubles préfabriqués standardisés auprès de fournisseurs agréés, réduisant les délais d'études et de chantiers.

Forts du succès de cette première initiative, les pouvoirs publics ont lancé en 2023 un nouvel appel à projets intitulé « Serielles und modulares Bauen 2.0 ». L'objectif est d'actualiser et d'élargir le catalogue de solutions modulaires disponibles, en intégrant les dernières innovations (matériaux bas-carbone, efficacité énergétique, etc.).

Par ailleurs, dans le cadre du plan climat-logement, l'Allemagne a mobilisé des financements incitatifs qui profitent indirectement au hors-site. Notamment, un programme de subvention "Construction neuve climato-friendly" (Klimafreundlicher Neubau, KFN) doté de 2 milliards € qui encourage dès 2023 la réalisation de logements bas-carbone et abordables. La banque publique KfW soutient l'initiative en offrant des prêts à taux réduits (1-2 % sur 10 à 35 ans) pour ces projets.

Bien que ce plan ne cible pas explicitement les constructeurs modulaires, le Ministère fédéral du Logement a affirmé que la construction modulaire jouera un rôle central pour atteindre les objectifs (en particulier la cible des 400 000 logements/an).

Plus récemment, en octobre 2025, le Bundestag a approuvé la loi "Bau-Turbo" qui est entrée en vigueur le 30 octobre 2025, modifiant le code de la construction (Baugesetzbuch - BauGB). Cette loi vise à accélérer les procédures de planification et d'approbation administrative.

Bien que non directement dédiée au hors-site, cette loi élimine des goulets administratifs (délais d'examen ramenés à 3 mois maximum, assouplissement des plans d'urbanisme détaillés) qui paralysaient la construction, créant un environnement favorable à la massification de la construction sérielle.

### 3.3.3. Belgique

Les autorités belges mettent en avant l'innovation dans la construction via des plans comme "Industrie 4.0" ou des appels à projets en économie circulaire. Bien qu'il n'y ait pas (encore) de programme national dédié exclusivement au modulaire, le Rapport Marché Modulaire souligne « le fort soutien gouvernemental aux technologies de construction innovantes et aux initiatives durables » qui a créé un environnement favorable à la construction hors-site en Belgique.

Lancé en 2023 par le gouvernement flamand, l'accord-cadre « Modulair Wonen » vise à accélérer la réalisation de logements sociaux et d'urgence par construction modulaire. En Wallonie, certaines communes ont expérimenté l'ajout de modules préfabriqués pour créer des extensions de logements (solutions "Kangourou" pour personnes âgées).

La Wallonie a progressivement intégré la construction hors-site comme réponse structurelle aux défis de production de logements, pénurie de main-d'œuvre et transition énergétique. Bien qu'elle ne dispose pas (encore) d'un accord-cadre dédié au modulaire comparable à celui de la Flandre, la région mobilise des leviers politiques et institutionnels cohérents.

En 2024-2025, le gouvernement wallon a mandaté CAP Construction pour structurer une filière hors-site régionale, avec un document fondateur attendu fin 2025 définissant standards, acteurs-clés, modèles économiques et trajectoires d'innovation.

Parallèlement, GreenWin (pôle de compétitivité CleanTechs) a inscrit la construction modulaire et la production hors-site comme axes centraux de sa feuille de route 2025-2030, reconnaissant que le hors-site constitue un levier clé pour atteindre les objectifs régionaux de décarbonation et de production de logements.

À Bruxelles, la Société du Logement de la Région Bruxelles-Capitale (SLRB) a étudié des constructions modulaires pour des logements temporaires sur des dents creuses urbaines. Ces pilotes, encore limités en volume, préparent toutefois le terrain réglementaire (adaptation des normes urbanistiques, assurances, etc.) pour de futures réalisations hors-site plus importantes.

### 3.3.4. Luxembourg

Au Luxembourg, le Ministère du Logement reste focalisé sur la création classique de logements via les acteurs publics traditionnels : le Fonds du Logement (plus grand parc locatif du pays avec 2 238 unités en location et 1 736 unités en vente), la SNHBM (Société Nationale des Habitations à Bon Marché), et les subventions communales conventionnées (67 communes couvertes).

Le besoin d'accélération exprimé par le gouvernement (objectif 6 000 logements/an pour 500 seulement achevés en 2025) implique forcément de nouvelles méthodes.

Ainsi, lors des concertations (Logementsdësch), l'idée de recourir à des procédés industrialisés a été évoquée pour « construire plus vite ». Le débat public met en lumière les défis : un éditorial de la Fondation IDEA notait qu'une industrialisation poussée de la construction de logements pourrait se heurter à certaines réticences (architectes soucieux de créativité, artisans locaux craignant la concurrence d'éléments préfabriqués importés, etc.).

Ces discussions, relayées dans la presse, montrent que le hors-site fait désormais partie des solutions envisagées (même si controversées) pour résoudre la crise du logement.

Le gouvernement a multiplié en 2023-2024 les mesures de soutien général à la construction (réforme des aides à la pierre, crédits d'impôts pour logements loués à loyers modérés, etc.), dont pourraient bénéficier des projets modulaires.

Surtout, le Fonds spécial logement abordable de 1,45 Md € offre une manne pour des opérations innovantes : il n'est pas exclu que ce fonds finance prochainement des programmes pilotes en hors-site (par exemple la construction rapide de lotissements modulaires sur terrains d'État – une idée avancée par certains parlementaires).

### 3.4. Acteurs du hors-site

#### 3.4.1. France

##### Acteurs institutionnels

En Lorraine, la dynamique hors-site est impulsée par les bailleurs sociaux et les collectivités.

Moselis, office public de l'habitat de la Moselle, gère plus de 15 000 logements sur près de 150 communes et se positionne comme un acteur expérimenté sur les procédés constructifs innovants pour répondre à la crise du logement et aux enjeux de durabilité.

Meurthe & Moselle Habitat (mmH) joue un rôle comparable avec plus de 14 000 logements sociaux répartis sur le département. Vivest, issu du rapprochement de plusieurs organismes HLM dans le Grand Est, intervient également sur le territoire lorrain, notamment dans les agglomérations de Metz, Thionville et Nancy, avec une politique orientée vers la rénovation énergétique et la production de logements performants

Les collectivités locales commencent à intégrer le hors-site dans leurs réponses programmatiques. La Ville de Metz a, par exemple, recours à des bâtiments modulaires pour des extensions de restaurants scolaires et de groupes scolaires dans des délais très contraints.

À l'échelle régionale, l'accord-cadre hors-site PROJ'EST, porté par un groupement de bailleurs sociaux du Grand Est, structure la demande pour des solutions industrialisées à l'échelle de plusieurs départements (dont ceux de l'ancienne région Lorraine). Cet accord-cadre vise à massifier l'usage de procédés préfabriqués bois, béton ou hybrides sur des opérations récurrentes de logements et d'équipements publics, en capitalisant sur une trame de solutions standardisées et sur des relations de long terme avec les industriels.

##### Acteurs représentatifs par catégorie

Catégorie	Acteurs identifiés	Systèmes
1D	Constructions Socopa	CMIste – 1D & 2D bois
	Martin Charpentes	Construction bois
	Alkern	Préfa béton
	Holcim (Lafarge)	Préfa béton
2D	Martin Charpentes	Construction bois
	Constructions Socopa	CMIste – 1D & 2D bois
	Ossabois	2D & 3D bois
3D	Ossabois	2D & 3D bois
	EuroModules	3D métal
	Algeco	3D métal
	T&H (hors GR) <sup>9</sup>	3D bois

<sup>9</sup> Hors Grande Région

<b>C NS</b>	ArcelorMittal	Balcons & éléments de façade préfabriqués
<b>Assembleurs</b>	Rabot Dutilleul Construction Eiffage Construction	Entreprises générales intégrateurs de solutions hors-site

### Données d'activité

Côté demande, les bailleurs lorrains affichent des parcs importants (≈14–23 k logements chacun) et des enveloppes d'investissement et de production/rénovation significatives, ce qui en fait les acteurs les plus capables de créer les conditions industrielles du hors-site, à condition de convertir leurs besoins en programmes répétitifs, compatibles DfMA et contractualisables sur plusieurs années.

L'accord-cadre PROJ'EST est, dans cette logique, un signal structurant : il vise explicitement la massification, et ses ordres de grandeur annoncés (portefeuille, plafond de consultation) constituent un levier de sécurisation de charge pour la préfabrication.

Côté offre, l'écosystème est très contrasté : des industriels à grande échelle coexistent avec des acteurs régionaux de quelques M€ de CA, plus sensibles à la discontinuité des carnets de commandes. Les séries de CA disponibles montrent d'ailleurs une cyclicité récente (baisse 2024 vs 2023 chez plusieurs acteurs), ce qui renforce l'intérêt d'une commande publique/bailleurs plus programmable, plus standardisée et plus "produit", plutôt que strictement "projet".

## 3.4.2. Allemagne

### Acteurs institutionnels

Le ministère de l'Environnement en Rhénanie-Palatinat finance des projets pilotes de bâtiments publics en filière bois-préfabriqué (construction de petites casernes de pompiers modulaires en structure bois, avec 4 autres projets similaires envisagés sur 5 ans).

À ce jour, il existe globalement peu de réalisations emblématiques dans ces Länder, et l'adoption de procédés hors-site dépend surtout d'initiatives ponctuelles (logements, bâtiments scolaires temporaires, etc.) plutôt que d'une stratégie politique généralisée.

### Acteurs représentatifs par catégorie

Catégorie	Acteurs identifiés	Systèmes
<b>1D</b>	Opitz Holzbau Nordhaus	Kitting <sup>10</sup> bois / métal
<b>2D</b>	Nordhaus DFH Gruppe Streif GmbH	2D bois / métal (focus sur le tertiaire) Construction ossature bois (MI/ Fertighäuser) Construction ossature bois (MI/ Fertighäuser)
<b>3D</b>	Kleusberg ALHO Systembau Cadolto (hors GR) Container Bauer & SÄBU	3D bois / métal 3D métal + conteneurs 3D métal (médical) Conteneurs
<b>C NS</b>	Sanusystems (hors GR) Hemstedt (hors GR)	Salles de bains plug&play
<b>Assembleurs</b>	Les industriels se positionnent généralement comme Generalunternehmer.	

<sup>10</sup> Kitting : regrouper plusieurs produits ou composants en un seul kit optimisé pour le chantier

### Données d'activité

L'Allemagne dispose d'un écosystème hors-site exceptionnellement dense et mature, avec plus de 100 acteurs couvrant l'ensemble du spectre (1D-2D-3D-composants).

Le secteur attire des investissements significatifs, comme en témoignent les consolidations récentes (acquisition DFH par Capmont 2025, développements ALHO/Cadolto/KLEUSBERG). Le marché allemand de la préfabrication atteindra 43,08 Md € en 2025, avec une croissance de 3,4% annuelle et une part de marché modulaire de 26,1% dans les maisons individuelles (2024).

### 3.4.3. Belgique (Wallonie)

#### Acteurs institutionnels

Le gouvernement wallon a soutenu indirectement la filière via son Plan de Relance (PRW, 2021–2024), finançant notamment des projets de R&D en décarbonation industrielle et économie circulaire.

Le développement du hors-site au niveau institutionnel en Wallonie est faible, et repose surtout sur des initiatives privées et l'enthousiasme de quelques entrepreneurs, tandis que le cadre réglementaire et la commande publique évoluent lentement.

#### Acteurs représentatifs par catégorie

Catégorie	Acteurs identifiés	Systèmes
1D	Besteel / BuildUp	Ossature acier léger (LSF)
	Vandersanden	Murs brique
	Ronveaux	Préfa béton
	Prefaco	Préfa béton
	Stabilam	CLT & Ossature bois
2D	Takki Building Duvet	2D bois
	Paille Tech	2D bois / paille
	Atelier de l'Avenir	COB <sup>11</sup>
	NaturHome (+LU)	COB
	Machiels Building Solutions	2D bois
MSP Bois (Mobic)	2D bois	
3D	Skilpod	3D bois/acier (logements et petits bâtiments)
	Modulart	3D béton (scolaires, tertiaire et logements)
	Jan Snel	3D mixte, filiale de Daiwa House (JPN)
C NS	BAOLiving	Modules techniques (salle de bains & cuisine)
	Litobox BV	Pods techniques (équipements & chauffage)
Assembleurs	Degotte	Intégrateur de solutions hors-site

#### Données d'activité

Malgré la taille modeste du marché intérieur, ses entreprises figurent parmi les plus exportatrices : près de 25 % de la production modulaire ou préfabriquée est destinée aux pays voisins, en particulier la France, le Luxembourg, les Pays-Bas et l'Allemagne. Cette orientation vers l'export s'explique par une forte spécialisation technologique (bois, acier léger, biosourcé) et par la présence d'acteurs capables de produire des modules 3D complets ou des panneaux 2D performants.

La structure géographique de la filière est toutefois contrastée :

- Flandre : 55 % de l'activité, avec une filière modulaire très industrialisée, intégrant robotisation, préfabrication lourde et cadence élevée.

<sup>11</sup> COB : Construction à Ossature Bois intégrant des éléments préfabriqués (murs, caissons)

- Bruxelles : 35 %, portée par la commande publique tertiaire, les bâtiments administratifs et les projets scolaires.
- Wallonie : 10 %, mais dotée d'un fort potentiel de croissance, notamment sur les solutions biosourcées et les interventions en rénovation.

### 3.4.4. Luxembourg

#### Acteurs institutionnels

Le Fonds du Logement a franchi le pas en 2025 en commanditant 42 logements collectifs modulaires en bois dans la ville de Wiltz, un projet piloté avec des partenaires français (Ossabois) et luxembourgeois (Oikos-Polygone).

Ce programme innovant, soutenu par le gouvernement, vise un habitat durable certifié (passerelles énergétiques ABA, label LENOZ) et accélère la livraison de nouveaux logements (189 modules 3D bois préfabriqués en usine, entièrement équipés).

Le ministère de l'Économie a investi dans des infrastructures hors-site exemplaires, telles que l'incubateur modulaire et un parking démontable sur le campus d'Esch-Belval, illustrant l'intérêt public pour les constructions évolutives.

#### Acteurs représentatifs par catégorie

Catégorie	Acteurs identifiés	Systèmes
1D	Prefalux Bétons Feidt	COB Préfa béton
2D	Leko Labs Prefalux Annen Olyx (DE) Rollingertec	2D bois 2D bois Façades verre / bois / métal 2D bois COB / 2D bois
3D	Oikos Concept (Polygone) Halzebatz (+BE/DE) Multigone	3D bois 3D bois / CLT 3D acier
C NS	Polygone	Intègre des salles de bains « préfa » dans les modules Oikos
Assembleurs	CDCL DZ Construct CLK	Intégrateurs de solutions hors-site

#### Données d'activité

Le Luxembourg occupe une position spécifique : il dispose d'une demande élevée pour des bâtiments performants, rapides à monter, prévisibles en coût et maîtrisés en qualité, mais ses capacités internes de production hors-site restent limitées.

Les acteurs locaux peuvent produire des ossatures bois, des panneaux 2D et quelques modules, mais le pays dépend largement :

- Des modules 3D allemands (ALHO, Cadolto...),
- Des panneaux et modules bois français,
- De composants techniques importés de Belgique ou d'Allemagne.

Cette ouverture fait du Luxembourg le **principal marché d'absorption transfrontalier** de la zone.

### 3.4.5. Cartographies et outils de visualisation

L'ensemble de ces acteurs a été positionné dans une **cartographie géographique** type MyMaps (ANNEXE 1 à charger sur Google Earth – fichier .kmz), permettant :

- De visualiser la localisation des usines et sièges sociaux ;
- De filtrer par catégorie (1D/2D/3D/4D), par pays ou par matériau ;
- De repérer les corridors logistiques pertinents à l'échelle de la Grande Région ;
- D'identifier les zones de forte densité industrielle (clusters bois, béton, modulaire 3D).

Cet outil de cartographie constitue un support opérationnel pour :

- Le repérage de partenaires potentiels par les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre,
- L'organisation de visites d'usines et de chantiers,
- La sélection de sites industriels pour des coopérations ou des démonstrateurs futurs.

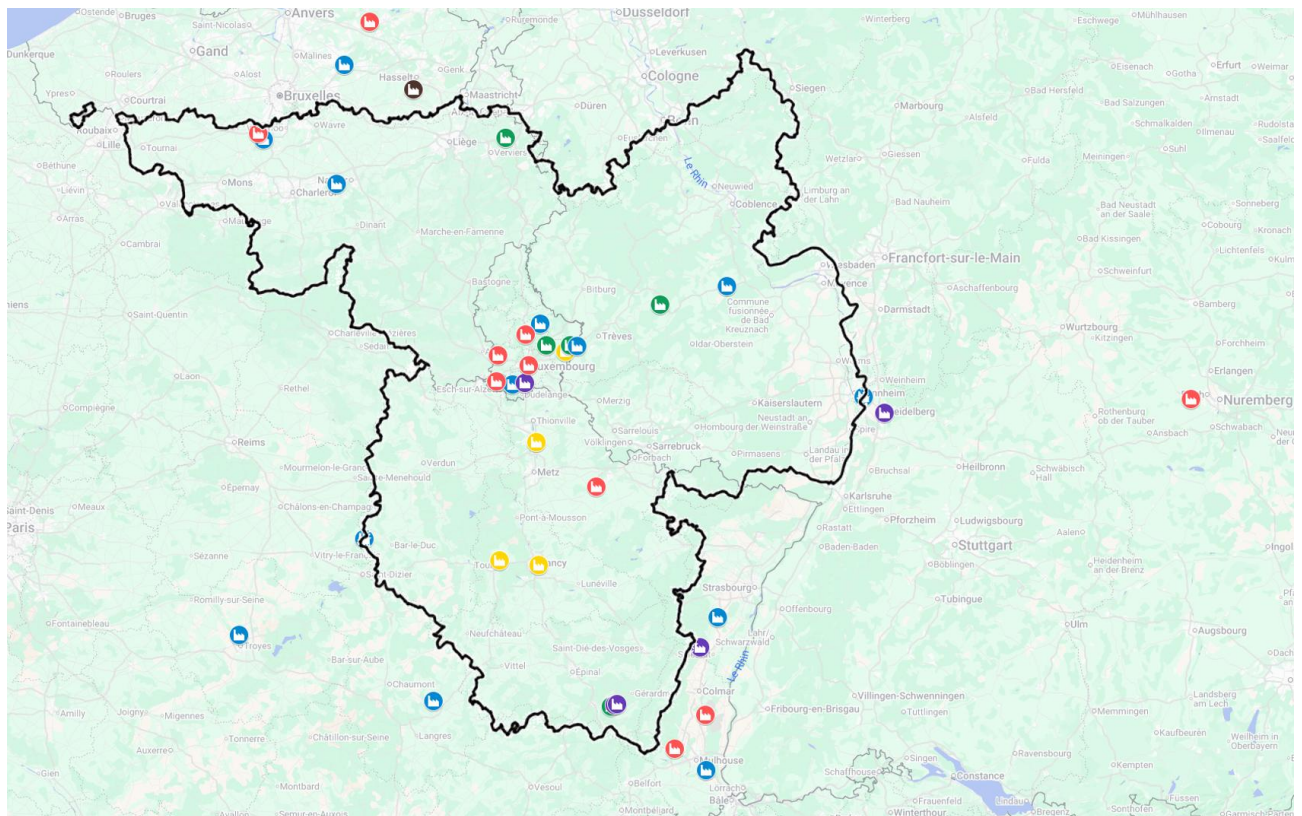


Figure 9 Cartographie des acteurs du hors-site dans la Grande Région

## 3.5. Exemples d'opération hors-site dans la Grande Région



### 3.5.1. France – Lorraine (Moselle, Meurthe-et-Moselle, Meuse)

<p><b>20 logements modulaire 3D – Moselis, Faulquemont - 2025</b> Rabot Dutilleul Construction &amp; Vestack (3D bois)</p>	
<p><b>12 logements modulaire 3D – Batigère, Nancy - 2024</b> Rabot Dutilleul Construction &amp; Ossabois (3D bois) <a href="https://www.rabotdutilleul.com/realisation/12-logements-modulaires-3d/">https://www.rabotdutilleul.com/realisation/12-logements-modulaires-3d/</a></p>	

### 3.5.2. Allemagne

<p><b>Bâtiment scolaire en 266 modules bois – Ville de Prüm - 2023</b> SAINT-GOBAIN Brüggemann Holzbau &amp; Baumgarten Holzbau, Ebersburg &amp; Zimmerei Stark Auhausen (modules sanitaires) <a href="https://klimabuendnis-bauen.rlp.de/klimafreundlich-bauen/projekte/modulschule-in-pruem">https://klimabuendnis-bauen.rlp.de/klimafreundlich-bauen/projekte/modulschule-in-pruem</a></p>	
<p><b>Crèches en 41 modules bois – Ville de Saarbrück - 2020</b> Kaufmann Bausysteme <a href="https://transsolar.com/fr/projects/saarbrucken-folsterhohe-kita-in-holz-modulbauweise">https://transsolar.com/fr/projects/saarbrucken-folsterhohe-kita-in-holz-modulbauweise</a></p>	
<p><b>130 logements modulaire 3D – Ville de Trèves - 2026</b> Goldbeck Typengenehmigung : système modulaire pré-validé <a href="https://www.swt.de/seite/wohnraumwest-bezahlbarer-wohnraum-in-grunem-quartier">https://www.swt.de/seite/wohnraumwest-bezahlbarer-wohnraum-in-grunem-quartier</a></p>	

### 3.5.1. Belgique – Wallonie

<p><b>Projet Pilote « La Louvière » - FWB - 2025</b>                  Atelier Matador                  Stabilame                  Objectif de déploiement sur d'autres sites (Gosselies, Herseaux)  <a href="https://cellule.archi/marches/athenee-royal-section-fondamentale-projet-pilote">https://cellule.archi/marches/athenee-royal-section-fondamentale-projet-pilote</a></p>	
<p><b>Extension de l'école communale de Boninne en 13 modules bois/acier – Ville de Namur - 2024</b>                  Degotte  <a href="https://degotte.com/realisation/ecole-de-boninne/">https://degotte.com/realisation/ecole-de-boninne/</a></p>	
<p><b>49 logements sociaux à Haine Saint-Pierre - Centr'Habitat SCLR - 2026</b>                  En études par Open Architectes avec Homeco, Abel &amp; Carbonifère  <a href="https://www.openarchitectes.be/logements-groups/clos-de-lage-dor">https://www.openarchitectes.be/logements-groups/clos-de-lage-dor</a></p>	

### 3.5.2. Luxembourg

<p><b>42 logements en 189 modules bois à Wiltz – Fonds du Logement - 2025</b>                  OIKOS-Concept, Polygone, Banice Architects, Ossabois, Perrard S.A  <a href="https://cellule.archi/marches/athenee-royal-section-fondamentale-projet-pilote">https://cellule.archi/marches/athenee-royal-section-fondamentale-projet-pilote</a></p>	
<p><b>Siège social Dellizzotti à Bettembourg – Dellizzotti SA - 2025</b>                  Paille-Tech SCRL  <a href="https://www.construction21.org/france/case-studies/h/immeuble-de-bureaux-dellizzotti.html">https://www.construction21.org/france/case-studies/h/immeuble-de-bureaux-dellizzotti.html</a></p>	
<p><b>Bâtiment scolaire en 64 modules 3D à Schifflange - Administration Communale de Strassen - 2026</b>                  Degotte, Polygone et ALHO Systembau  <a href="https://www.construction21.org/luxembourg/case-studies/h/ecole-modulaire-strassen.html">https://www.construction21.org/luxembourg/case-studies/h/ecole-modulaire-strassen.html</a></p>	

### 3.5.3. Projets inspirants à proximité

<p><b>ViliaSprint<sup>2</sup> – immeuble de 12 logements imprimés 3D béton à Bezannes (Reims, Marne) – Plurial Novilia (AL)</b>                  Demathieu Bard, Groupe Peri (3D), Holcim  <a href="https://www.plurial-novilia.fr/presse/villasprint2/">https://www.plurial-novilia.fr/presse/villasprint2/</a>  <a href="https://www.demathieu-bard.fr/wp-content/uploads/2025/04/BAT-01042025_-_CP-Plurial-Novilia-ViliaSprint%C2%B2-2.pdf">https://www.demathieu-bard.fr/wp-content/uploads/2025/04/BAT-01042025_-_CP-Plurial-Novilia-ViliaSprint%C2%B2-2.pdf</a></p>	
<p><b>Logements sociaux en containers maritimes à Chalon-en-Champagne – Nov’Habitat &amp; ACPEI – 2024 -</b>                  High Cube Eco Habitat                  Phase 1 : 15 studios                  Phase 2 : 3 MI + 6 Studios  <a href="https://www.novhabitat.fr/programme-emblematique-high-cube-eco-habitat/">https://www.novhabitat.fr/programme-emblematique-high-cube-eco-habitat/</a></p>	
<p><b>9 logements sociaux en 18 modules 3D – Chaucenne - Néolia - 2022</b>                  Technologie et Habitat  <a href="https://www.filiere-hors-site.fr/fr/projet/9-logements-sociaux-en-modules-3d-bois">https://www.filiere-hors-site.fr/fr/projet/9-logements-sociaux-en-modules-3d-bois</a></p>	



## 4. Comparatif réglementaire et normalisation

### 4.1. Portée environnementale

#### 4.1.1. Vers une convergence réglementaire européenne favorable au hors-site dans la Grande Région

La construction hors-site doit être analysée à la lumière d'un changement d'échelle de la réglementation environnementale, désormais majoritairement pilotée au niveau de l'Union européenne.

Si les États membres conservent des marges de manœuvre dans la mise en œuvre, les objectifs, les indicateurs et les outils de suivi tendent à converger.

Dans ce contexte, le hors-site apparaît non seulement comme une réponse technique pertinente, mais comme une méthode intrinsèquement compatible avec la trajectoire réglementaire européenne, en particulier dans un espace transfrontalier comme la Grande Région.

#### 4.1.2. La construction au cœur de la stratégie climatique européenne

L'Union européenne a progressivement structuré un cadre réglementaire intégré visant à transformer en profondeur le secteur du bâtiment, responsable d'une part majeure des impacts environnementaux.

Le Pacte vert pour l'Europe (European Green Deal) fixe un objectif juridiquement contraignant de neutralité climatique à l'horizon 2050. Cette ambition est formalisée par le [règlement \(UE\) 2021/1119](#), véritable "loi européenne" sur le climat, qui impose une trajectoire de réduction des émissions à l'ensemble des politiques sectorielles, dont le bâtiment.

Le secteur de la construction est explicitement visé pour trois raisons principales :

- Son poids énergétique et carbone,
- Son rôle structurant dans les politiques de logement et de cohésion territoriale,
- Son potentiel de transformation industrielle et d'innovation.

Dans cette perspective, l'UE ne se contente plus de fixer des objectifs généraux : elle organise la convergence des cadres nationaux autour de principes communs.

#### 4.1.3. La directive EPBD, socle commun des politiques énergétiques et carbonées

La directive (UE) 2024/1275 sur la performance énergétique des bâtiments (EPBD) marque une étape décisive. Elle dépasse une approche centrée uniquement sur la consommation énergétique pour intégrer progressivement une vision globale de la performance environnementale.

Elle impose notamment :

- La généralisation des bâtiments neufs à émissions quasi nulles,
- L'amélioration massive de la performance du parc existant,
- L'intégration d'indicateurs liés au cycle de vie,
- Le renforcement des exigences de qualité d'exécution et de contrôle.

Cette directive ne prescrit pas de solutions constructives, mais oriente fortement les méthodes : prévisibilité des performances, réduction des écarts entre conception et usage réel, maîtrise des interfaces. Ces exigences correspondent précisément aux atouts du hors-site.

Dans la Grande Région nous recensons :

- La RE2020 française,
- Les exigences PEB belges,
- Le GEG allemand,
- Et le RGD luxembourgeois

Ce sont des transpositions différenciées mais convergentes de ce socle EPBD.

#### 4.1.4. ACV, carbone et fin de vie

L'un des mouvements les plus structurants concerne la **généralisation de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV)** comme outil d'évaluation environnementale.

Aujourd'hui :

- La France intègre l'ACV dans la RE2020,
- L'Allemagne l'utilise via le label DGNB et des référentiels DIN,
- La Belgique développe des approches régionales,
- Le Luxembourg valorise ces dimensions dans LENOZ.

Mais ces dispositifs restent partiellement hétérogènes. L'Union européenne travaille à une harmonisation progressive des méthodes, notamment via :

- La taxonomie européenne,
- Les travaux sur les indicateurs carbone des bâtiments,
- L'intégration future de seuils carbone harmonisés dans l'EPBD,
- Et le développement des passeports numériques des produits et des bâtiments.

Dans ce contexte, le hors-site présente un avantage structurel :

- Il facilite la traçabilité des données environnementales,
- Il permet des calculs ACV plus fiables (données industrielles stabilisées),
- Il rend visibles des bénéfices aujourd'hui mal valorisés (qualité usine, démontabilité, réemploi).

#### 4.1.5. Règlement Produits de Construction

Le Règlement Produits de Construction (UE) 2024/3110, qui remplace le RPC 305/2011, constitue un levier central pour la convergence des pratiques dans la Grande Région.

Ce règlement :

- Renforce la dimension environnementale des produits,
- Introduit des exigences de durabilité, réparabilité et recyclabilité,
- Prépare l'arrivée du Digital Product Passport,
- Facilite la reconnaissance des produits sur l'ensemble du marché intérieur.

Pour la construction hors-site, cette évolution est majeure :

- Les modules, panneaux et composants deviennent des produits évalués, et non plus seulement des ouvrages locaux,
- Les essais, certifications et performances peuvent être mutualisés,
- La circulation transfrontalière des solutions est juridiquement facilitée.

Dans un espace comme la Grande Région, cela ouvre la voie à une véritable chaîne de valeur européenne du hors-site, dépassant les logiques strictement nationales.

#### 4.1.6. Labels et référentiels nationaux

Les labels et référentiels nationaux ne sont pas des exceptions isolées, mais des outils d'appropriation locale d'une même vision européenne :

- LENOZ (Luxembourg) adopte une approche globale de la durabilité (environnement, confort, société), cohérente avec les objectifs européens.
- DGNB (Allemagne) est l'un des systèmes les plus avancés en matière d'ACV et de cycle de vie.
- Les cadres français et belges intègrent progressivement des indicateurs comparables.

Le hors-site permet de répondre simultanément à ces cadres, en fournissant des preuves mesurables, traçables et comparables, ce qui est beaucoup plus complexe avec des procédés entièrement in situ.

#### 4.1.7. Le cas du béton bas carbone hors-site

À l'échelle européenne, le béton reste un matériau structurant. Les stratégies de décarbonation ne visent pas son élimination, mais sa transformation.

Le hors-site béton bas carbone s'inscrit dans cette logique :

- Optimisation industrielle des formulations,
- Réduction des surépaisseurs et des surconsommations,
- Amélioration de la durabilité,
- Compatibilité avec des stratégies hybrides bois/béton.

L'UE favorise clairement cette approche par sobriété + performance, et non par substitution dogmatique des matériaux. Le hors-site permet précisément d'opérationnaliser cette logique.

#### 4.1.8. La Grande Région comme laboratoire de convergence européenne

La Grande Région constitue un terrain d'expérimentation privilégié pour cette convergence réglementaire :

- Diversité des cadres nationaux,
- Proximité géographique,
- Flux transfrontaliers quotidiens,
- Complémentarité industrielle.

Le hors-site agit ici comme un accélérateur d'alignement réglementaire, en s'appuyant sur :

- Des standards européens communs,
- Des produits industrialisés évaluables,

- Des processus reproductibles et comparables.

À ce titre, il s’inscrit pleinement dans les objectifs des programmes Interreg, LIFE et Green Deal, non seulement comme solution technique, mais comme outil de mise en cohérence des politiques publiques européennes à l’échelle territoriale.

## 4.2. Cadre UE

### 4.2.1. Normalisation

Les Eurocodes servent de documents de référence reconnus par les autorités des 27 Etats membres de l’Union européenne, applicables pour la conception et le calcul des bâtiments et des ouvrages de génie civil. Ils disposent néanmoins d’annexes nationales.

### 4.2.2. Autorisations d’urbanisme

L’Union européenne n’est pas compétente dans le domaine de l’aménagement du territoire et de l’urbanisme. Toutefois, même si l’aménagement urbain demeure dès lors une compétence nationale, la réglementation européenne touche à beaucoup d’aspects de l’urbanisme.

Le pacte d’Amsterdam ratifié en mai 2016, mettait ainsi en place un Programme urbain de l’Union européenne, qui devait aborder les thématiques prioritaires suivantes (dans un ordre arbitraire) :

- Qualité de l’air
- Économie circulaire
- Adaptation au changement climatique
- Transition numérique
- Transition énergétique
- Logement
- Intégration des migrants et des réfugiés
- Marchés publics novateurs et responsables
- Emplois et compétences dans l’économie locale
- Utilisation durable des terres et solutions fondées sur la nature
- Mobilité urbaine
- Pauvreté urbaine

De fait, selon Francis Haumont (2024), l’Europe légifère notamment sur deux aspects qui touchent constamment à l’urbanisme, “la politique de l’environnement” et “la politique de la cohésion économique, sociale et territoriale”.

### 4.2.3. Performance énergétique des bâtiments

En écho au point suivant, les dispositions au niveau européen concernant la politique environnementale ressortent notamment de la Directive (UE) 2018/2002 du Parlement européen et du Conseil du 11 décembre 2018 modifiant la directive 2012/27/UE relative à l’efficacité énergétique.

Cette directive, qui devait être transposée par les États membres avant le 25 juin 2020, puis le 25 octobre 2020, comporte plusieurs dispositions concernant les bâtiments neufs et existants.

Le Pacte vert pour l’Europe (“Green Deal européen”), qui s’est notamment traduit par le règlement (UE) 2021/1119 du Parlement européen et du Conseil du 30 juin 2021 établissant le cadre requis pour parvenir à la neutralité climatique et modifiant les règlements (CE) no 401/2009 et (UE) 2018/1999, dit

« loi européenne sur le climat », mobilise l'ensemble des secteurs économiques, bâtiment compris, avec pour objectif la neutralité carbone de l'Union européenne.

Mais c'est surtout la Directive (UE) 2024/1275 du Parlement européen et du Conseil du 24 avril 2024 sur la performance énergétique des bâtiments qui va jouer prochainement un rôle important dans la refonte des enjeux énergétiques au niveau de la construction en Europe. La transposition doit intervenir au plus tard le 29 mai 2026.

#### 4.2.4. Réglementation relative aux risques (incendie, parasismique)

Les normes européennes en matière de protection contre le risque incendie s'appuient principalement sur les directives du Parlement européen et les recommandations du CEN (Comité Européen de Normalisation).

Elles sont transcrites dans les réglementations nationales, notamment à travers :

- Le Règlement Produits de Construction (RPC) n°305/2011 du 9 mars 2011, modifié, et son successeur, le Règlement Produits de Construction (RPC) n°2024/3110 du 27 novembre 2024
- Les Eurocodes, notamment l'Eurocode 1 et l'Eurocode 3 pour le comportement au feu

#### 4.2.5. Réception et conformité

Cet aspect n'est pas uniformisé au niveau européen. La place est laissée aux spécificités nationales, tant en matière de procédure de réception des ouvrages que de régimes de responsabilité et d'assurance.

Contrairement aux règles relatives aux produits de construction, aux performances énergétiques ou aux marchés publics, l'Union européenne n'a pas instauré de cadre commun pour la réception des travaux. Les modalités de réception, les garanties légales, les obligations d'assurance ou les mécanismes de responsabilité relèvent du droit de la construction de chaque État membre.

Toutefois, la construction hors-site présente certains avantages dans ce contexte fragmenté.

En effet :

- La production en usine permet un contrôle qualité standardisé et documenté,
- Les performances des composants peuvent être testées et certifiées en amont,
- La traçabilité des éléments facilite la justification de conformité,
- Les interfaces sont mieux définies et moins dépendantes des aléas de chantier.

Autrement dit, même si les régimes de réception restent nationaux, le hors-site introduit une logique de maîtrise du risque plus proche de l'industrie que du chantier traditionnel.

À terme, cette capacité à documenter, tracer et certifier les performances pourrait faciliter l'assurance, la mutualisation des responsabilités et la reconnaissance transfrontalière des solutions industrialisées.

Dans la Grande Région, où les flux d'acteurs et de projets dépassent les frontières administratives, cette dimension constitue un levier important pour sécuriser et structurer des chaînes de valeur transfrontalière.

#### 4.2.6. Déploiement du BIM

Plusieurs pays européens ont mis en place un cadre réglementaire autour du BIM notamment grâce à deux évènements marquants l'année 2014 :

- La directive européenne (2014/24/UE-art.22.4) indique qu'il est possible d'exiger l'utilisation du BIM dans les marchés publics.
- Le format IFC est reconnu internationalement comme la norme pour l'échange de données entre logiciels dans le domaine du BIM, grâce à sa validation par l'ISO. Cette reconnaissance souligne l'importance de l'interopérabilité dans le BIM, considérée par la Commission Européenne comme un soutien marqué pour une approche de l'Open BIM.

Un guide a été élaboré par le groupe de travail BIM de l'Union européenne en 2017<sup>12</sup>. Ce groupe de travail regroupait :

- Pour le Luxembourg : le Centre de Ressources des Technologies et de l'Innovation pour le Bâtiment (CRTI-B),
- Pour l'Allemagne : le Ministère fédéral des Transports et des Infrastructures numériques et l'Institut fédéral de la recherche sur les bâtiments, les affaires urbaines et le développement spatial,
- Pour la Belgique : l'Agence belge de construction (Belgian Buildings Agency) en tant que représentant public national ; Embuild, l'association belge de la construction, et Buildwise (Centre d'innovation du secteur belge de la construction, anciennement CSTC, équivalent du CSTB en France) peuvent être cités comme principaux organismes d'appui au BIM et à l'innovation dans le secteur,
- Pour la France : le PTNB, MediaConstruct et l'AIMCC.

Les échanges d'information numérique peuvent être encadrés et harmonisés au moyen de la série de normes ISO 19650, en particulier la norme ISO 19650-1:2018 sur la gestion de l'information par le BIM, confirmée lors de la revue systématique de 2024 et en cours de révision.

#### 4.2.7. Passation et exécution des marchés publics et cartographie des acteurs

Au niveau européen, le paquet législatif de 2014 est en vigueur. Il s'agit de trois directives, traitant des concessions (directive 2014/23/UE), des marchés publics "secteurs classiques" (2014/24/UE) et des marchés publics "secteurs spéciaux" (2014/25/UE, pour l'eau, l'énergie et les transports).

La directive 2014/24/UE, dans le cadre de laquelle se trouvent très principalement les préoccupations du présent document, établit à l'échelle du marché commun les principales règles applicables en matière de définition du besoin, de procédures de passation et – dans une moindre mesure – d'exécution des marchés publics.

Ces dispositions font l'objet, dans chaque pays, d'une transposition en droit national, transposition qui peut ajouter des règles spécifiques dès lors qu'elles ne n'entrent pas en contradiction avec le droit de l'Union.

<sup>12</sup> EU BIM Task Group, Manuel pour l'introduction du BIM par le secteur public européen

Ces dispositions ne sont applicables que pour les consultations répondant à un besoin “dont la valeur estimée atteint ou dépasse les seuils” européens. Pour les marchés répondant à un besoin en deçà de ces seuils, seule la réglementation nationale est applicable.

L'existence de cette directive est un fort moyen d'harmonisation pour tout l'achat public de la Grande Région. En effet, la directive permet :

- Un vocabulaire commun (article 2 “Définitions”), qui vient en particulier préciser qu'un “Marché public de travaux” (§6) peut porter soit sur l'exécution seule soit à la fois sur la conception et l'exécution de travaux.
- Des seuils communs (articles 4 et 6).
- Des méthodes communes d'évaluation de la valeur estimée du marché (article 5).

Pour mémoire, les principaux seuils applicables à compter du 1er janvier 2026 sont :

- 140 000 € HT pour les fournitures et services pour les pouvoirs adjudicateurs centraux
- 216 000 € HT pour les fournitures et services pour les autres pouvoirs adjudicateurs
- 5 404 000 € HT pour les marchés de travaux

Par ailleurs, les procédures de passation et les techniques d'achat définies au niveau européen trouvent à s'appliquer dans chaque pays, les adaptations au niveau national étant mineures. On y trouve donc définis notamment :

- Une procédure ouverte (article 27).
- Une procédure restreinte (article 28).
- Une procédure concurrentielle avec négociation (article 29).
- Un dialogue compétitif (article 30).
- Un partenariat d'innovation (article 31).
- Les cas dans lesquels il est possible de recourir à une procédure négociée sans publication préalable (article 32).
- Les différents types d'accords-cadres (article 33).
- Les concours (articles 78 à 80) faisant intervenir un jury (articles 81 et 82).

Enfin, au niveau européen, il n'existe pas d'exigence particulière relative à la cartographie des acteurs. Il n'existe pas de restriction relative à la possibilité pour un opérateur économique de répondre à un quelconque marché (fournitures, services, travaux) autre que sa capacité à exécuter les prestations.

## 4.3. France

### 4.3.1. Normalisation

La normalisation en France est le fait de l'AFNOR. Les normes de l'AFNOR sont des normes supplétives, ce qui signifie qu'elles sont d'application volontaire, sauf si un texte de loi ou un règlement la rend obligatoire. Les normes obligatoires sont très rares.

En règle générale également, ce sont les normes de niveau européen qui s'appliquent, dès lors qu'elles ont été transposées par l'AFNOR. Le Code de la commande publique précise ainsi, à l'article R. 2111-9 relatif aux spécifications techniques :

Les normes ou documents sont accompagnés de la mention « ou équivalent » et choisis dans l'ordre de préférence suivant :

1° Les normes nationales transposant des normes européennes

2° Les évaluations techniques européennes ;

3° Les spécifications techniques communes ;

4° Les normes internationales

5° Les autres référentiels techniques élaborés par les organismes européens de normalisation ou, en leur absence, les normes nationales, les agréments techniques nationaux ou les spécifications techniques nationales en matière de conception, de calcul et de réalisation des ouvrages et d'utilisation des fournitures.

La définition des normes ou autres documents mentionnés au présent article figure dans un avis annexé au présent code.

### 4.3.2. Autorisations d'urbanisme

Le droit de l'urbanisme en France est défini par le Code de l'urbanisme. Il définit un certain nombre d'autorisations d'urbanisme. Pour la construction neuve, il s'agit du permis de construire, délivré par le maire de la commune qui accueille le projet, ou par le préfet lorsque la Maîtrise d'ouvrage est assurée par l'État ou par une de ses représentations locales.

Un permis de construire est obligatoire dès lors que la construction est prévue pour rester plus de deux ans. Il est également obligatoire pour les constructions d'une superficie dépassant 5, 20 ou 40 m<sup>2</sup> (selon le cas de figure). L'intervention d'un architecte est obligatoire à partir de 150m<sup>2</sup> de plancher.

Performance énergétique des bâtiments

La réglementation en vigueur en France est dite "RE2020" pour réglementation environnementale, année 2020. Elle prévoit des objectifs de performance énergétique, avec des paliers d'exigence. Le texte actuel est dit "RE2025". Les prochains paliers sont pour 2028 (on parle de RE2028) et pour 2031 (RE2031).

Ces seuils successifs vont notamment vers une exigence de plus en plus importante dans la prise en compte des émissions de CO<sub>2</sub> engendrées par le processus de construction.

### 4.3.3. Réglementation relative aux risques (incendie, parasismique)

La réglementation contre les risques incendie en France est disparate. Elle est répartie entre :

- Le Code du travail, pour les bâtiments de bureau
- Le Code de la construction et de l'habitation (CCH), pour les bâtiments de logements
- Ce même CCH ainsi qu'une série de textes spécifiques pour les "établissements recevant du public" (ERP).

De manière générale, la réglementation est la même pour tout type de procédé de construction. Elle s'avère toutefois plutôt contraignante pour la construction métallique (en logement collectif et en ERP notamment), car elle impose des niveaux de "stabilité au feu" (c'est-à-dire une durée pendant laquelle l'ouvrage ne s'effondrera pas malgré les effets thermiques de l'incendie) qui imposent la mise en œuvre de contreparties lourdes (encoffrements, peintures intumescentes, etc.) sur les structures métalliques.

Dans certains contextes, le Code de la construction et de l'habitation rend obligatoire l'intervention d'un contrôleur technique dont la mission contribue à la prévention des risques liés aux aléas. Ces cas de figure, listés à l'article L.111-23 dudit code, ne font pas apparaître les opérations de logements.

Toutefois, si le plancher bas du dernier niveau est situé à plus de 28 mètres, son intervention est obligatoire.

#### 4.3.4. Réception et conformité

La réception d'un ouvrage se fait en conformité avec les dispositions :

- De manière générale, de l'article 1792 et suivants du Code civil.
- Pour les ouvrages de bâtiment avec Maîtrise d'ouvrage privée, souvent en appliquant les dispositions de la norme NF P03-001, qui impose une réception provisoire puis une réception définitive.
- Pour les ouvrages de bâtiment avec Maîtrise d'ouvrage privée, souvent en appliquant les dispositions du "Cahier des clauses administratives générales applicables aux marchés de travaux" (CCAG Travaux) ; non obligatoire, il prévoit une réception unique.

L'acte de réception est forcément le même pour tous les corps de métier, au risque de voir l'ouvrage non assuré.

L'assurance construction en France est régie par la loi en 1978 (loi Spinetta) qui met en place une présomption de responsabilité pour tout dommage structurel ou rendant l'ouvrage impropre à destination pour une durée de dix ans à compter de la réception. Il est question de la garantie décennale.

Tous les "constructeurs" au sens du code civil (architectes, bureaux d'études, entreprises, contrôleurs techniques) ont une obligation d'assurance civile décennale pour couvrir les aléas liés à la garantie décennale.

#### 4.3.5. Déploiement du BIM

Après une période expérimentale portée par le Plan Transition Numérique dans le Bâtiment (PTNB), la France n'a pas rendu obligatoire le BIM pour les opérations de construction.

En l'état actuel des choses, l'article R. 2132-10 du Code de la commande publique prévoit seulement une possibilité d'y recourir, et uniquement en cas de nécessité.

L'acheteur peut, si nécessaire, exiger l'utilisation d'outils et de dispositifs qui ne sont pas communément disponibles, tels que des outils de modélisation électronique des données du bâtiment ou des outils similaires.

#### 4.3.6. Passation et exécution des marchés publics et cartographie des acteurs

Les directives 2014/24/UE et 2014/25/UE ont été transposées en droit national en plusieurs étapes, aboutissant au Code de la commande publique, entré en vigueur le 1er avril 2019.

Le code précise les éléments suivants :

- L'allotissement est obligatoire par principe, quel que soit le montant du besoin à satisfaire. La dérogation au principe d'allotissement est forcément l'objet d'une justification. Le recours aux différents types de marchés globaux est un de ces motifs.
- Pour les besoins supérieurs aux seuils européens, sont possibles :
- Les procédures de droit commun qui ne permettent pas la négociation :
- L'appel d'offres ouvert.

- L'appel d'offres restreint.
- Les procédures nécessitant une justification et permettant des échanges avec les soumissionnaires :
- La procédure avec négociation.
- Le dialogue compétitif.
  
- Pour les besoins inférieurs aux seuils européens, le code prévoit :
  - Les marchés à procédure adaptée (MAPA) ; ceux-ci peuvent faire l'objet d'une publicité adaptée (simple sollicitation directe par exemple de plusieurs opérateurs économiques) si le montant du besoin est compris entre 40.000 € et 90.000 € HT.
  - La procédure sans publicité ni mise en concurrence préalables ; celle-ci n'est possible que pour les marchés publics de faible montant (c'est-à-dire d'un montant inférieur à 40.000€HT) ou, jusqu'au 31 décembre 2025, pour les marchés de travaux de moins de 100.000€HT.

Les marchés publics peuvent se fonder sur des documents établis par arrêté :

- Les Cahiers des clauses administratives générales (CCAG) ; il y en a six, dont le CCAG travaux et le CCAG Maîtrise d'œuvre.
- Les Cahiers des clauses techniques générales (CCTG) ; actuellement, les dispositions "bâtiment" du CCTG sont abrogées depuis 2012, et il ne semble pas prévu d'en recréer de nouvelles.

Ces CCAG et CCTG sont d'application facultative. Les CCAG et CCTG peuvent faire l'objet de compléments et de dérogation dans les Cahiers des clauses administratives particulières (CCAP) et Cahiers des clauses techniques particulières (CCTP).

Les CCAG sont néanmoins largement utilisés, à l'exception peut-être du cas des marchés globaux.

Les marchés publics de maîtrise d'œuvre doivent forcément :

- Être passés après un concours pour les "acheteurs du livre IV", à l'exception des cas listés à l'article R2172-2 du CCP.
- Constituer une "mission de base" au sens de l'article XX du CCP, décomposée en éléments de mission (il s'agit là de la codification des dispositions de la loi de 1985 relative aux relations entre Maîtrise d'ouvrage publique et Maîtrise d'œuvre privée, dite loi MOP)

Les architectes exerçant en France doivent être inscrits à l'Ordre des architectes. Il n'existe pas de disposition similaire pour les ingénieurs.

Les entreprises de travaux n'ont pas d'obligation d'être inscrites à un registre professionnel pour attester de leurs capacités techniques. Toutefois, plusieurs systèmes privés de qualification (QUALIBAT, QUALIELEC, etc.) coexistent et il n'est pas rare qu'il y soit fait référence lors des consultations de travaux. Ces qualifications demeurent facultatives et des équivalences peuvent y être substituées, ne serait-ce que par la production de références.

Certains contextes peuvent imposer l'intervention d'un contrôleur technique. Un donneur d'ordre peut toujours faire intervenir un contrôleur technique, même si son office n'est pas obligatoire.

### 4.3.7. Synthèse

En France, la construction est encadrée par un système structuré combinant normes européennes transposées (via l'AFNOR), réglementation nationale et droit spécifique de la commande publique.

La performance environnementale est pilotée par la **RE2020**, avec un renforcement progressif des exigences carbone. Les autorisations d'urbanisme relèvent du Code de l'urbanisme, et certaines opérations imposent architecte ou contrôleur technique.

La réception des ouvrages est régie par le Code civil et déclenche la **garantie décennale** (loi Spinetta), avec obligation d'assurance pour tous les constructeurs.

Les marchés publics sont encadrés par le Code de la commande publique (issu des directives européennes), avec principe d'allotissement et procédures adaptées aux seuils.

Le BIM n'est pas obligatoire en France, mais peut être exigé dans les marchés publics.

En résumé : un cadre exigeant, fortement harmonisé avec l'UE, mais marqué par des spécificités françaises en matière de responsabilité et de commande publique.

## 4.4. Allemagne (Länder de Sarre et de Rhénanie-Palatinat)

### 4.4.1. Normalisation

La normalisation au niveau fédéral est exécutée par l'Institut allemand pour la Normalisation (*Deutschen Instituts für Normung – DIN*).

La réglementation du domaine de la construction en Allemagne est rendue complexe car chaque Land dispose de son propre code de construction (*Landesbauordnung - LBO*).

Toutefois, un certain degré d'harmonisation entre ces différentes réglementations régionales provient des textes européens.

Il provient également d'un recueil de textes, applicable au niveau fédéral, le *Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVB TB)*, qui est venu unifier deux sources de réglementation, les *Listen der Technischen Baubestimmungen (LTB)* des 16 *Länder* et les *Bauregellisten* de l'Institut allemand pour la construction (*Deutschen Institutes für Bautechnik - DIBt*).

### 4.4.2. Autorisations d'urbanisme

Le droit de l'urbanisme en Allemagne fait l'objet au niveau fédéral d'un code de l'urbanisme (*Baugesetzbuch - BauGB*).

A contrario, les dispositions relatives aux autorisations d'urbanisme relèvent dans chaque Land de son code de la construction (*Landesbauordnung - LBO*). Il s'agira en particulier, pour le permis de construire (*Baugenhemigung*), de l'article 70 du LBO de Rhénanie-Westphalie, et des articles 64 et 65 du LBO de Sarre.

### 4.4.3. Performance énergétique des bâtiments

La performance énergétique des bâtiments est encadrée par la Loi sur l'énergie dans les bâtiments (*Gebäudeenergiegesetz - GEG*) du 8 août 2020.

Le texte renvoie à de nombreuses normes DIN spécifiques.

#### 4.4.4. Réglementation relative aux risques (incendie, parasismique)

La réglementation en matière de sécurité incendie relève des LBO. Chaque Land a donc sa propre réglementation. Néanmoins, le classement des bâtiments est uniformisé, en fonction de la hauteur du bâtiment, de son voisinage et de la superficie totale des planchers :

- Classe 1 :
  - 1a : bâtiment isolé, d'une hauteur jusqu'à 7 m mais moins de 400 m<sup>2</sup> par cellule.
  - 1b : bâtiments agricoles ou forestiers isolés.
- Classe 2 : bâtiment isolé, d'une hauteur jusqu'à 7 m et plus de 400 m<sup>2</sup> par cellule.
- Classe 3 : bâtiment adossé, d'une hauteur jusqu'à 7 m.
- Classe 4 : bâtiment d'une hauteur jusqu'à 13 m et moins de 400 m<sup>2</sup> par cellule.
- Classe 5 : autres bâtiments.

La construction parasismique en Allemagne est encadrée par l'Eurocode 8 et son annexe nationale, la norme DIN 4149.

#### 4.4.5. Réception et conformité

La réception (*Abnahme*) est fondée en droit sur les dispositions des articles 640 et 641 du *Bürgerliches Gesetzbuch* (l'équivalent du code civil).

Ses conditions de mise en œuvre vont notamment être impactées, selon que le contrat des constructeurs est basé ou non sur le Volume B du Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB/B). Dans l'affirmative, la durée de la garantie est ramenée à 4 ans, au lieu de 5 ans en droit commun.

#### 4.4.6. Déploiement du BIM

Le BIM n'est pas d'emploi obligatoire en Allemagne.

Toutefois, le texte encadrant la passation des marchés publics (*Vergabeverordnung – VgV*) incite les entreprises et les acheteurs publics à recourir au BIM.

#### 4.4.7. Passation et exécution des marchés publics

Les directives 2014/24/UE et 2014/25/UE ont été transposées en droit national par la loi du 18 avril 2016 modifiant la loi contre la réduction de la concurrence (*Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen, GWB*) et par l'adoption du décret du 12 avril 2016 relatif aux achats publics (*Vergabeverordnung, VgV*).

Le dispositif a été complété au niveau fédéral par l'entrée en vigueur le 2 septembre 2017 du décret sur les marchés publics en dessous des seuils européens (*Unterschwelvenvergabeordnung, UVgO*).

La GWB prévoit les dispositions suivantes :

- Le respect du principe d'allotissement (§97 GWB).
- Pour les besoins supérieurs aux seuils européens :
- Les procédures "normales" :
- Les procédures de droit commun :
  - La procédure ouverte (Art. 18(1)).
  - La procédure restreinte avec publication d'avis (Art. 19).
- Les procédures nécessitant une justification (Art. 63(2)) :
  - La procédure concurrentielle avec négociation.

- Le dialogue compétitif.
- Une procédure d'exception : la procédure négociée sans publication préalable.

Le recours au concours est prévu aux §69 et 78 à 80 du VgV, qui renvoie au §103 du GWB.

S'agissant des règles locales, les deux Länder intégrés à la Grande Région ont adopté leurs propres UVgO le 1er mars 2018 (pour la Sarre) et le 7 septembre 2021 (pour la Rhénanie-Palatinat).

La passation des marchés de Maîtrise d'œuvre était régie de manière obligatoire jusqu'au 31 décembre 2020 par le règlement relatif aux honoraires pour architectes et ingénieurs (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure, HOAI).

Depuis 2021, son application est facultative, mais reste largement pratiquée. En particulier, le découpage en phases de la mission des architectes et ingénieurs demeure fortement imprégnée de l'HOAI.

La rémunération des architectes et ingénieurs, également libéralisée depuis la fin du caractère obligatoire de l'HOAI, peut néanmoins encore s'y appuyer. La décomposition de la rémunération est faite en six niveaux, définis dans la norme DIN 276.

Les marchés de travaux sont généralement passés en s'appuyant sur des cahiers génériques, annexes au décret relatif aux achats publics et aux contrats pour les opérations de travaux (Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, VOB) :

- Le Tome A relatif aux clauses générales pour la passation des marchés (Teil A: Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen, VOB/A). Le 1er janvier 2026 est entrée en vigueur sa dernière version, changeant les seuils de mise en concurrence pour les consultations en deçà des seuils européens.
- Le Tome B relatif aux clauses contractuelles générales pour la conduite des opérations de travaux (Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen, VOB/B).

#### 4.4.8. Synthèse

En Allemagne, le cadre de la construction combine un socle fédéral et une forte compétence des Länder.

La normalisation est pilotée par le **DIN**, avec harmonisation partielle via le **MVV TB**, tandis que chaque Land dispose de son propre code de construction (LBO). L'urbanisme relève du **Baugesetzbuch (BauGB)** au niveau fédéral, mais les permis de construire sont encadrés par les LBO régionaux.

La performance énergétique est régie par la loi fédérale **GEG (2020)**, appuyée sur des normes DIN. La réglementation incendie dépend des Länder, avec une classification harmonisée des bâtiments par hauteur et surface. Le parasismique repose sur l'Eurocode 8 et la DIN 4149.

La réception (Abnahme) est encadrée par le Code civil allemand (BGB). La garantie est en principe de 5 ans, ramenée à 4 ans si le contrat s'appuie sur le **VOB/B**, très utilisé en marchés de travaux.

Les marchés publics sont régis par le **GWB**, le **VgV** et, sous les seuils européens, l'**UVgO**, avec principe d'allotissement et procédures proches du cadre européen. Les contrats de travaux s'appuient généralement sur le **VOB**. Le BIM est encouragé mais non obligatoire.

En résumé : un système fédéral harmonisé dans ses principes, mais structuré autour des Länder, avec un fort encadrement contractuel via le VOB et une place centrale des normes DIN.

## 4.5. Belgique (Région wallonne)

La Région wallonne dispose d'un cadre réglementaire propre, marqué par une forte hétérogénéité entre filières (bois, métal, béton, biosourcé) et par une culture constructive plus flexible que dans les pays voisins. Si aucun cadre spécifique au hors-site n'existe encore, plusieurs référentiels et pratiques encadrent la conception, la conformité et la mise en œuvre.

### 4.5.1. Normes belges NBN

Elles constituent la base de la normalisation technique en Wallonie. Elles couvrent notamment :

- Les prescriptions structurelles (NBN EN pour béton, acier, bois),
- Les tolérances de fabrication,
- Les exigences thermiques et acoustiques,
- La sécurité incendie.

Les NBN sont largement alignées sur les **Eurocodes**.

### 4.5.2. Eurocodes (bois, métal, béton, mixte)

Utilisés pour le dimensionnement des structures, y compris hors-site. Pertinent pour les catégories 1D, 2D et 3D.

### 4.5.3. Normes EN / CE

Les produits préfabriqués doivent respecter les normes européennes :

- Marquage CE obligatoire pour les éléments structurels,
- Conformité EN 1090 (acier), EN 14080 (bois lamellé), EN 14992 (éléments béton).

**Important pour le hors-site :** Le CE est reconnu pour les modules 3D et panneaux 2D lorsqu'ils sont traités comme ensembles d'éléments couverts individuellement.

### 4.5.4. Permis d'urbanisme & Code du Développement Territorial (CoDT)

Le CoDT encadre :

- Les autorisations d'implantation,
- Le droit des sols,
- Les règles d'urbanisme locales.

Les projets de construction sont soumis à un permis d'urbanisme. En Région wallonne, le dossier de demande de permis est une formalité obligatoire, faisant nécessairement intervenir un architecte, sauf pour certains travaux n'emportant pas de problématique de "stabilité" de l'ouvrage.

**Spécificité :** Le CoDT ne fait pas de distinction entre construction traditionnelle et hors-site : les mêmes obligations s'appliquent.

#### 4.5.5. Règlementation PEB – Performance énergétique des bâtiments

Depuis le 1er janvier 2021, l'ensemble des bâtiments neufs (sauf les bâtiments industriels) est concerné par l'exigence "Quasi Zéro Energie" (QZEN). Ces exigences sont également valables pour les rénovations importantes.

Cette réglementation impose des performances minimales concernant différents aspects des ouvrages :

- Exigences thermiques,
- Étanchéité à l'air,
- Ventilation,
- Performance énergétique globale.

##### Points clés pour le hors-site :

- La préfabrication 2D/3D facilite l'atteinte des exigences PEB (qualité contrôlée en usine).
- La continuité de l'isolation doit être démontrée via dossier technique (souvent BIM).

En outre, tous les bâtiments publics ont l'obligation d'afficher un certificat de performance énergétique des bâtiments, à l'exception des bâtiments de moins de 250 m<sup>2</sup> qui bénéficient d'une dérogation jusqu'au 31 mars 2027.

#### 4.5.6. Sécurité incendie – Normes et réglementations locales

Les exigences incendie relèvent de :

- L'arrêté royal du 7 juillet 1994 (propre au poste de transformation préfabriqués et régulièrement modifié) fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments doivent satisfaire.
- Normes NBN S,
- Prescriptions des pompiers aux différents échelons : Gouvernement fédéral (Service public fédéral - SPF – mettant en œuvre les Normes de base), Communautés, Provinces et au niveau local.
- Exigences selon nature du bâtiment (bâtiment public, logement, tertiaire).

Pour les modules 3D :

- Justification du comportement au feu des parois et des jonctions,
- Résistance au feu des connexions.

#### 4.5.7. Assurance décennale (loi Peeters-Borsus)

Depuis le 1er juillet 2018, la loi dite "Peeters-Borsus"<sup>13</sup> est en vigueur. Elle impose aux architectes, entrepreneurs et bureaux d'études dans les travaux résidentiels de souscrire à une assurance responsabilité civile décennale obligatoire pour certaines catégories d'ouvrages (rénovation ou construction neuve d'un bâtiment destiné au logement).

<sup>13</sup> Loi du 31 mai 2017 relative à l'assurance obligatoire de la responsabilité civile décennale des entrepreneurs, architectes et autres prestataires du secteur de la construction de travaux immobiliers et portant modification de la loi du 20 février 1939 sur la protection du titre et de la profession d'architecte.

Cette obligation est applicable aux entrepreneurs recourant aux solutions hors-site dès lors que le composant est intégré au bâtiment.

#### 4.5.8. Réception et conformité

La réception d'un ouvrage se fait en conformité avec les dispositions :

- De manière générale, de l'article 1792 du Code civil.

La Wallonie s'appuie sur :

- Des réceptions classiques (provisoire / définitive),
- Des contrôles basés sur les normes NBN et les Eurocodes.

Les contrôles en usine (FAT) ne sont pas cadrés réglementairement, mais **de plus en plus acceptés** dans les projets publics comme preuves de qualité.

#### 4.5.9. Positionnement spécifique sur les matériaux biosourcés

La Wallonie est un leader régional en matière de matériaux biosourcés (paille, chanvre, bois local). Cela repose sur :

- Une reconnaissance officielle des filières locales,
- Des guides techniques (paille porteuse, ossature bois),
- Une ouverture administrative à l'expérimentation dans le cadre du CoDT,
- Des initiatives soutenues par **cap construction** et les pôles régionaux.

**Conséquence** : Le cadre réglementaire belge est particulièrement favorable à l'innovation hors-site biosourcée.

#### 4.5.10. Adoption du BIM non obligatoire, mais fortement encouragée

Le BIM n'est pas imposé par la réglementation wallonne ou par le gouvernement fédéral. Il s'agit de démarches volontaires d'acteurs, qu'il s'agisse de maîtres d'ouvrage ou d'entreprises.

Aussi, de nombreux marchés publics l'intègrent progressivement, notamment via :

- L'openbim (IFC),
- Des conventions simplifiées adaptées aux PME,
- La montée en compétence des architectes, bureaux d'études et industriels.

#### 4.5.11. Influence croissante de Buildwise (ex. CSTC)

L'organisme publie des référentiels technico-numériques utilisés pour :

- Les assemblages 2D/3D,
- L'intégration des données PEB dans les maquettes,
- Les détails de mise en œuvre.

On relèvera notamment le projet "[DIGIBUILD](#)" destiné au "soutien numérique pur l'industrialisation de la construction via la production hors-site".

#### 4.5.12. Spécificités hors-site en Wallonie

Même sans cadre spécifique, plusieurs points facilitent l'industrialisation :

- Une grande **flexibilité administrative** pour les systèmes innovants ;
- La possibilité d'introduire des **solutions techniques équivalentes** ;
- Un réseau dense d'entreprises artisanales capables d'évoluer vers des macro-lots hors-site ;
- La reconnaissance croissante de la préfabrication dans les projets publics (écoles, logements).

#### 4.5.13. Passation et exécution des marchés

Les directives 2014/24/UE et 2014/25/UE ont été transposées en droit national par la loi du 17 juin 2016 relative aux marchés publics. Le dispositif est complété notamment par l'Arrêté royal du 18 avril 2017 relatif à la passation des marchés publics dans les secteurs classiques.

La loi apporte quelques adaptations et précisions :

- La division des marchés en lots est énoncée comme une possibilité et non une obligation (Art. 58). Toutefois, ce même article rend l'allotissement obligatoire, sauf justification, pour tout marché d'un montant supérieur aux seuils européens.
- Pour les besoins supérieurs aux seuils européens :
  - Les procédures de droit commun :
  - La procédure ouverte (Art. 36).
  - La procédure restreinte (Art. 37).
  - Les procédures nécessitant une justification :
  - La procédure concurrentielle avec négociation (Art. 38).
  - Le dialogue concurrentiel Art. 39).
- La procédure négociée sans publication préalable ; celle-ci n'est possible que dans les cas limitativement prévus par l'article 42 de la loi.
- Pour les besoins inférieurs aux seuils européens, la loi prévoit les procédures suivantes :
  - La procédure négociée directe avec publication préalable (Art. 41) pour les marchés de travaux n'excédant pas 750.000 €HT et pour tous les marchés de service en deçà des seuils européens.
  - La procédure négociée sans publication préalable ; celle-ci n'est possible que dans les cas limitativement prévus par l'article 42 de la loi.
  - Les marchés publics de faible montant (c'est-à-dire d'un montant inférieur à 30.000€HT) peuvent être passés de manière directe.

En Région wallonne, la passation des marchés de travaux implique l'usage obligatoire du Cahier des charges type-bâtiments (CCTB) dans les descriptions. L'équivalent existe en Région flamande et en Région capitale.

La réponse aux consultations pour les marchés publics de travaux en Belgique en général, et en Wallonie en particulier, impose l'agrégation des entreprises de travaux, conformément à la loi du 20 mars 1991 modifiée organisant l'agrégation d'entrepreneurs de travaux. La classe d'agrégation (fonction du montant du marché de travaux pouvant être confié à l'entrepreneur) et la catégorie (corps de métier) figure dans l'avis de publicité.

#### 4.5.14. Synthèse opérationnelle pour l'intégration dans un CdC-O

La Wallonie ne dispose pas d'un cadre spécifique au hors-site, mais son environnement réglementaire est globalement favorable à l'industrialisation.

La normalisation repose sur les **normes NBN**, alignées sur les **Eurocodes**, et sur les normes européennes (marquage CE obligatoire pour les éléments structurels). Les modules et panneaux hors-site sont reconnus dès lors que leurs composants respectent les normes EN applicables.

L'urbanisme est encadré par le **Code du Développement Territorial (CoDT)**. Aucun régime spécifique ne distingue le hors-site de la construction traditionnelle : les mêmes exigences de permis et d'intervention d'architecte s'appliquent.

La performance énergétique est régie par la **réglementation PEB (QZEN depuis 2021)**. La préfabrication constitue un atout pour atteindre les exigences thermiques, d'étanchéité et de performance globale, sous réserve de justification technique.

La sécurité incendie relève de normes fédérales et locales. Les modules 3D nécessitent une justification précise du comportement au feu des parois et des connexions.

Depuis 2018, la loi **Peeters-Borsus** impose une assurance décennale obligatoire pour les travaux résidentiels, y compris lorsque des composants hors-site sont intégrés au bâtiment.

La réception suit un schéma classique (provisoire/définitive), fondé sur le Code civil et les normes techniques. Les contrôles en usine sont admis dans la pratique mais non formalisés réglementairement.

Le BIM n'est pas obligatoire mais fortement encouragé, notamment dans les marchés publics. L'organisme **Buildwise** joue un rôle structurant via des référentiels techniques et numériques.

Enfin, la Wallonie se distingue par :

- Une ouverture administrative aux solutions innovantes,
- Un positionnement fort sur les matériaux biosourcés,
- Un cadre de marchés publics harmonisé avec l'UE, incluant l'agrément obligatoire des entreprises de travaux.

En résumé : un cadre flexible, techniquement aligné sur l'Europe, et particulièrement propice à l'innovation et à l'industrialisation hors-site, notamment dans les filières biosourcées.

## 4.6. Luxembourg

### 4.6.1. Normalisation

Le travail de normalisation au Luxembourg est le fait de l'ILNAS.

En règle générale, ce sont les normes de niveau européen qui s'appliquent, dès lors qu'elles ont été transposées par l'ILNAS. Le Règlement grand-ducal portant exécution de la loi du 8 avril 2018 sur les marchés publics prévoit au b) du (3) de son article 16 de la Section II relative aux spécifications techniques :

*Sans préjudice des règles techniques nationales obligatoires, dans la mesure où elles sont compatibles avec le droit de l'Union européenne, et conformément à l'article 36, paragraphe 1<sup>er</sup>, de la loi, les spécifications techniques sont formulées de l'une des façons suivantes :*

[...]

b) par référence à des spécifications techniques et, par ordre de préférence, aux normes nationales transposant des normes européennes, aux évaluations techniques européennes, aux spécifications techniques communes, aux normes internationales, aux autres référentiels techniques élaborés par les organismes européens de normalisation, ou, en leur absence, aux normes nationales, aux agréments techniques nationaux ou aux spécifications techniques nationales en matière de conception, de calcul et de réalisation des ouvrages et d'utilisation des fournitures; chaque référence est accompagnée de la mention « ou équivalent » ;

Par ailleurs, le règlement grand-ducal du 24 mars 2014 portant institution de cahiers spéciaux des charges standardisés en matière de marchés publics a permis la mise en œuvre de documents établis par le CRTI-B :

- Le cahier des clauses contractuelles générales (CCG), d'application obligatoire. Il est possible de le compléter par des clauses contractuelles particulières (CCP), mais pas d'y déroger.
- Le cahier des clauses techniques générales (CTG), d'application obligatoire. Il est possible de le compléter par des clauses techniques particulières (CTP), mais pas d'y déroger.
- Des cahiers spéciaux des charges standardisés, par spécialité. Il est possible de le compléter par des clauses techniques particulières (CTP), mais pas d'y déroger.

Également, il existe des outils d'harmonisation proposés par le CRTI-B destinés à faciliter les échanges entre architectes, ingénieurs et entreprises.

En particulier, une bibliothèque de prestations standardisées avec numéros uniques existe depuis 2012. Elle est régulièrement utilisée par les maîtres d'œuvre publics et privés. Les clauses techniques particulières précisent grandement les tâches à accomplir par les entreprises, allant par exemple jusqu'aux plans de percements et à la description des appareils à employer.

#### 4.6.2. Autorisations d'urbanisme

Le droit de l'urbanisme à Luxembourg repose sur différents textes qui régissent l'utilisation du sol. Le principal texte en vigueur est la Loi du 17 avril 2018 concernant l'aménagement du territoire, modifiée.

L'article 37 de la Loi du 19 juillet 2004 concernant l'aménagement communal et le développement urbain définit notamment les autorisations de construire, préalable nécessaire à tout projet de construction au Luxembourg. Cette demande d'autorisation est faite au Bourgmestre de la commune accueillant le projet.

#### 4.6.3. Performance énergétique des bâtiments

La performance énergétique des bâtiments est encadrée par le Règlement grand-ducal du 9 juin 2021 (RGD 2021). Il a remplacé le précédent RGD 2007.

Ce règlement grand-ducal impose l'établissement d'un certificat de performance énergétique (CPE) lors du dépôt de la demande d'autorisation de construire.

#### 4.6.4. Réglementation relative aux risques (incendie, parasismique)

La réglementation incendie est constituée notamment des prescriptions en matière de sécurité incendie établies par l'Inspection du travail et des mines (ITM). Elles varient selon la hauteur du bâtiment à construire :

- Bâtiments bas (ITM-SST 1501)
- Bâtiments moyens (ITM-SST 1502)

- Bâtiments élevés (ITM-SST 1503)

En cas de location, les bâtiments doivent être conformes au Règlement grand-ducal déterminant les critères de location, de salubrité ou d'hygiène auxquels doivent répondre les logements destinés à la location.

Enfin, la construction doit être conforme aux Eurocodes ainsi qu'aux annexes nationales.

#### 4.6.5. Assurances, réception et conformité

Pour les “marchés de travaux d'envergure” - ces derniers étant ceux excédant les seuils européens, cf. Art. 52 de la loi et Art. 152 et suivants du règlement grand-ducal – ou passés sous forme d'entreprise générale, l'article 32 du règlement grand-ducal du 8 avril 2018 prévoit l'obligation pour les entreprises de souscrire une assurance tous risques chantier, sauf si celle-ci a été souscrite par le pouvoir adjudicateur.

La réception d'un ouvrage se fait en conformité avec les dispositions :

- De manière générale, des articles 1792 et 2270 du Code civil, qui établissent l'obligation de garantie décennale.
- Plus spécifiquement, des articles 133 et 134 du règlement grand-ducal du 8 avril 2018.
- Et de l'article 2.6 du CCP si celles-ci viennent préciser l'article 1.6 du CCG.

La réglementation prévoit une réception intermédiaire globale, suivie d'une réception définitive qui peut intervenir au plus tard une année après la réception intermédiaire globale (durée pouvant être portée à deux ans si le CSC le prévoit).

C'est la réception définitive qui déclenche les garanties légales et contractuelles.

L'assureur en assurance contrôle (assurance décennale) effectue un contrôle ou désigne un contrôleur technique pour l'effectuer. Ce contrôle est effectué avant que l'assureur ne délivre sa garantie.

Une garantie biennale est prévue pour les “menus ouvrages” par les dispositions de l'article 2270 du code civil. Les ouvrages couverts par la notion de menus ouvrages relève d'une construction jurisprudentielle.

#### 4.6.6. Déploiement du BIM

Le CRTI-B a lancé le 14 juillet 2017 le site web [digitalbuilding.lu](http://digitalbuilding.lu) qui a pour vocation de servir de plateforme centralisée pour tous les sujets de la digitalisation du secteur de la construction. Un “Guide d'application BIM luxembourgeois” est en ligne, dans sa version 1.0 datée de juillet 2017.

Toutefois, le recours au BIM demeure facultatif.

#### 4.6.7. Passation et exécution des marchés publics

Les directives 2014/24/UE et 2014/25/UE ont été transposées en droit national par la loi du 8 avril 2018 sur les marchés publics et par le règlement grand-ducal du même jour.

La loi est une transposition très directe de la directive, reprenant jusqu'à sa numérotation.

La loi apporte toutefois quelques adaptations et précisions :

- L'allotissement est énoncé comme une possibilité et non une obligation (Art. 11). Toutefois, l'article 4(1) du règlement grand-ducal fait comprendre que, pour les marchés travaux, la règle est l'allotissement, et l'entreprise générale l'exception, dûment justifiée.
- Pour les besoins supérieurs aux seuils européens :
- Les procédures "normales" :
- Les procédures de droit commune :
- La procédure ouverte (Art. 18(1)).
- La procédure restreinte avec publication d'avis (Art. 19).
- Les procédures nécessitant une justification (Art. 63(2)) :
- La procédure concurrentielle avec négociation.
- Le dialogue compétitif.
- Une procédure d'exception : la procédure négociée sans publication préalable.
- Pour les besoins inférieurs aux seuils européens, son article 17 prévoit trois procédures possibles :
  - La procédure restreinte avec publication d'avis, pour les marchés de travaux se situant au-dessus de 1.257.237,50€HT (valeur janvier 2025).
  - La procédure restreinte sans publication d'avis et la procédure négociée, qui sont réservées à quelques cas de figure dérogatoires (Art. 20) et aux "petits marchés publics" entre 79.000€ (Art. 151 du règlement grand-ducal du 8 avril 2018, seuil modifié, valeur en vigueur depuis mai 2024) et 140.810,60€HT (Art. 20(3), valeur janvier 2025). La procédure restreinte sans publication d'avis ne permet pas la négociation.

Les architectes et ingénieurs au Luxembourg sont représentés au sein de l'Ordre des architectes et des ingénieurs-conseils.

#### 4.6.8. Synthèse

Le Luxembourg dispose d'un cadre fortement structuré et harmonisé, largement aligné sur les normes européennes.

La normalisation est assurée par l'ILNAS. Les normes européennes transposées s'appliquent en priorité, avec obligation de mention « ou équivalent » dans les marchés publics. Les cahiers des charges standardisés du CRTI-B (CCG, CTG, cahiers spéciaux) sont obligatoires et ne peuvent pas faire l'objet de dérogations, ce qui renforce l'uniformité technique. Une bibliothèque nationale de prestations standardisées facilite la précision des descriptifs.

Les autorisations d'urbanisme relèvent de la loi sur l'aménagement du territoire et sont délivrées par le bourgmestre. La performance énergétique est encadrée par le RGD 2021, avec obligation de certificat de performance énergétique dès la demande d'autorisation.

La sécurité incendie est régie par les prescriptions de l'Inspection du travail et des mines (ITM), selon la hauteur des bâtiments. Les Eurocodes et leurs annexes nationales s'appliquent.

En matière d'assurances et de réception :

- Assurance tous risques chantier obligatoire pour les marchés importants ou en entreprise générale,
- Réception intermédiaire puis définitive (déclenchant les garanties),
- Garantie décennale et garantie biennale prévues par le Code civil,
- Contrôle préalable par l'assureur ou un contrôleur technique.

Le BIM est encouragé via digitalbuilding.lu et un guide national, mais reste facultatif.

Les marchés publics sont régis par la loi du 8 avril 2018, transposant directement les directives européennes. L'allotissement est la règle pour les travaux, l'entreprise générale l'exception justifiée. Les procédures suivent strictement le cadre européen.

En résumé : un cadre normatif rigoureux, centralisé et harmonisé, favorable à la standardisation et à la structuration des opérations, y compris dans une logique hors-site.

## 5. Identification des freins et des leviers

### 5.1. Freins

#### 5.1.1. Freins réglementaires et administratifs

Si le cadre réglementaire européen dans le domaine de la construction vise globalement à harmoniser les normes afin de promouvoir l'innovation et l'efficacité sur l'ensemble du marché unique, les différences entre les réglementations nationales et locales continuent de poser des défis importants.

Les obstacles réglementaires vont des permis de construire, des codes de construction et de la normalisation, aux assurances (qui ont une incidence sur la faisabilité, le coût et l'évolutivité de la construction hors site) en passant par les restrictions en matière de marchés publics et la fragmentation de la demande entre les États membres de la commission européenne comme en témoigne la note de recherche de la commission européenne sur la construction hors-site<sup>14</sup>.

##### **Normes et référentiels**

Le premier frein tient à la fragmentation des normes et référentiels entre pays, qui complique l'interopérabilité des processus et la reconnaissance mutuelle des produits. Chaque État dispose de ses propres corpus (DTU en France, ILNAS au Luxembourg, DIN en Allemagne, NBN en Belgique), rendant difficile la mutualisation des solutions ou des essais de type.

Bien que les Eurocodes (EN 1990–EN 1999) fournissent un socle commun structurel, chaque pays transpose ces normes via des Annexes Nationales (ANB) introduisant des paramètres spécifiques (charges climatiques, facteurs de sécurité, caractéristiques de matériaux), fragmentant de facto les approches techniques.

En conséquence directe, les industriels développent des solutions propriétaires, adaptées aux réglementations et souvent non compatibles d'un projet ou d'un pays à l'autre.

Cette absence de cadre européen de certification et de traçabilité empêche une circulation fluide des composants et des responsabilités entre usine et chantier malgré l'existence théorique du marquage CE (CPR EU 305/2011 révisé 2025).

*Exemple : un panneau 2D bois certifié en France (selon EN 14081 bois structure + Eurocode 5 ANB-FR) n'est pas automatiquement accepté en Allemagne (DIBt exige vérification DIN complémentaire) ni au Luxembourg (ILNAS - validation cas par cas).*

##### **Marchés**

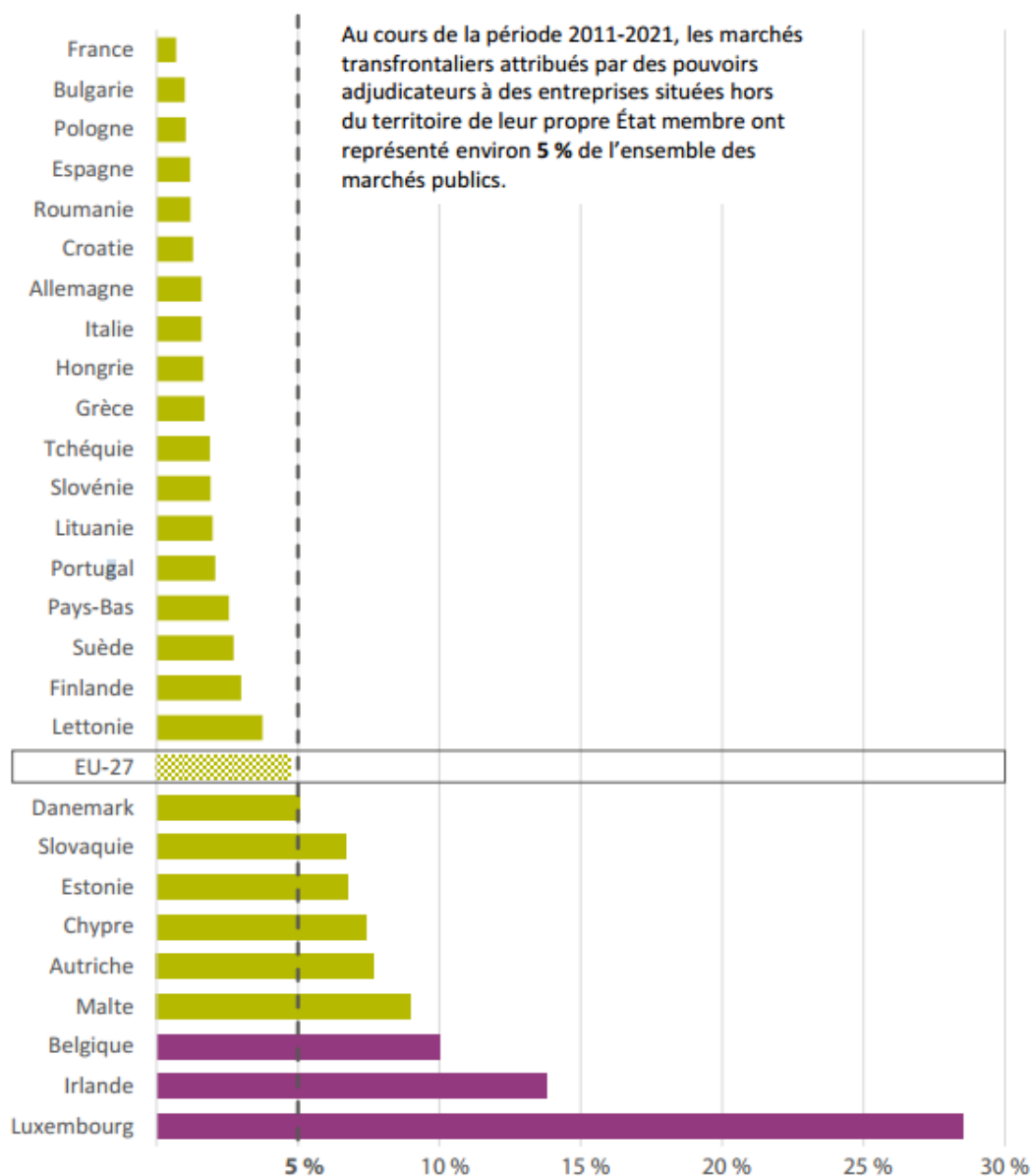
Au niveau de l'Union européenne, la Cour des comptes européenne constate un recul net de la concurrence dans les marchés publics sur la période 2011–2021<sup>15</sup>. Parallèlement, la part des marchés publics transfrontaliers directs reste stable, autour de 5% seulement, malgré trois décennies de marché intérieur ; la plupart des grands États, dont la France, attribuent moins de 5% de leurs marchés à des entreprises établies dans un autre État membre. Cependant, le rapport spécial de la Cour des

<sup>14</sup> [Research Note on Offsite Construction](#)

<sup>15</sup> [Tableau de bord de la Cour des comptes européenne, onglet « Competition indicators ».](#)

comptes européenne de 2023 indique que le Luxembourg et la Belgique sont très largement leaders dans la passation de marchés transfrontaliers comme l'illustre la figure suivante.

**Figure 8 – Moyenne des échanges transfrontaliers directs dans les États membres de l'UE (de 2011 à 2021)**



Source: Cour des comptes européenne.

**Point particulier pour la Belgique :** La Loi du 20 mars 1991<sup>16</sup> pénalise structurellement les PME innovantes du hors-site : un fabricant modulaire doit cumuler plusieurs agrégations coûteuses tandis que les classes basses (1–3, marchés <500 k€) excluent les petits industriels des appels d'offres publics structurants (écoles, logements sociaux...). Résultat : le marché belge est concentré autour de quelques acteurs classe 6–8 capables de justifier d'un chiffre d'affaires historique et de références

<sup>16</sup><https://economie.fgov.be/fr/themes/entreprises/secteurs-specifiques/construction/agregation-des-entrepreneurs>

multiples, créant une barrière à l'entrée majeure pour les startups et PME hors-site, même techniquement compétentes.

## 5.1.2. Freins techniques et opérationnels

### *Conception collaborative*

À l'échelle européenne, la Commission<sup>17</sup> souligne que le hors-site nécessite une approche intégrée entre architectes, fabricants, ingénieurs, entrepreneurs et mainteneurs, mais que cette intégration est freinée par la persistance de pratiques séquentielles issues du chantier traditionnel.

En France, la part d'acteurs réellement engagés dans des projets BIM reste limitée : 38% d'adoption BIM (toutes tailles confondues), soit 13,6 points de moins que la moyenne européenne (51,6%), et les retours d'expérience montrent que le BIM est souvent utilisé comme simple visualisation 3D plutôt que comme outil de co-conception incluant contraintes d'usine et séquences de montage<sup>18</sup>.

En Allemagne, le BIM est obligatoire pour les grands projets d'infrastructure fédérale depuis 2020, mais cette obligation vise d'abord la maîtrise des coûts et délais ; elle ne garantit pas que les industriels hors-site soient intégrés dès les phases amont.

La culture DfMA reste émergente dans le bâtiment : l'absence d'alignement des réglementations nationales et des pratiques de conception complique la mise en œuvre d'un DfMA cohérent et limite la diffusion de solutions standardisées à l'échelle de l'UE.

### *Interfaces*

Cette absence de culture commune du DfMA freine la reproductibilité et la massification. Cette hétérogénéité se répercute sur la conception et la contractualisation, notamment pour les éléments 2D et 3D qui requièrent des interfaces normalisées.

Au niveau européen, les normes produits et les Eurocodes permettent de dimensionner la structure, mais il n'existe pas encore de cadre harmonisé pour les interfaces de systèmes hors-site : sans standardisation des interfaces et des connexions, il est difficile de convaincre assureurs et organismes de garantie notamment.

Pour les éléments 2D/3D, cette fragmentation aboutit à des interfaces projet-spécifiques difficilement réutilisables d'un projet ou d'un pays à l'autre, ce qui va à rebours de la logique de gammes et de kits industrialisés que requiert le hors-site.

### *Logistique*

Sur le plan logistique, la complexité des transports transfrontaliers constitue un frein opérationnel majeur : limitations de gabarit, coût des convois spéciaux, absence de hubs ou de corridors identifiés.

Les règles de circulation pour transports exceptionnels sont définies État par État, avec des régimes d'autorisation différents, des coûts variables et parfois des escortes obligatoires, ce qui alourdit la planification et le coût des flux modulaires. Un recensement européen des législations nationales sur transports spéciaux montre que, dès que la largeur dépasse 3,00–3,30 m ou la longueur 22 m, des autorisations spécifiques et des taxes supplémentaires s'appliquent, parfois assorties d'obligation de convoi pilote. Pour des modules 3D typiques (6,00 × 2,50 × 3,05 m), le respect du gabarit routier

<sup>17</sup> Research Note on offsite construction, décembre 2024

<sup>18</sup> <https://www.planradar.com/gb/bim-adoption-in-europe/>

standard limite souvent la hauteur utile ou impose des adaptations du système (toitures démontables, éléments techniques à recoller), ce qui complexifie le DfMA.

La Cour des comptes européenne<sup>19</sup> rappelle par ailleurs que le transport combiné/intermodal reste, en moyenne, plus coûteux que la route seule (jusqu'à 56% plus cher en l'absence de mesures de soutien), ce qui limite l'intérêt économique d'acheminer des modules lourds par rail ou fluvial puis route sur des distances moyennes (>300 km). Dans la Grande Région, les études Interreg montrent que les projets transfrontaliers se heurtent à des obstacles juridiques et administratifs pour le transport, qui dépassent les capacités des programmes de soutien et freinent les mutualisations de plateformes logistiques.

Les usines étrangères se trouvent pourtant souvent à moins de 300 km des chantiers luxembourgeois (Nord-Est de la France, Belgique, Sarre/Rhénanie-Palatinat), mais il n'existe pas aujourd'hui de hubs transfrontaliers dédiés aux flux modulaires, ni de corridors clairement identifiés à l'échelle de la Grande Région : les modules sont chargés en usine, convoyés directement chantier par chantier, avec un remplissage sous-optimal, des temps d'attente et des coûts administratifs élevés (autorisations multi-pays, calendriers de circulation différents, etc.).

### 5.1.3. Freins économiques

#### *Sous-capitalisation*

La productivité de la construction est environ 30% inférieure à celle de l'industrie manufacturière, avec des marges et un niveau d'investissement plus faibles, ce qui limite la capacité à financer l'industrialisation<sup>20</sup>.

Les usines hors-site sont encore dimensionnées pour des volumes moyens et peinent à atteindre un seuil de rentabilité sans flux régulier de projets. La construction hors-site repose sur des coûts fixes élevés (usine, lignes d'assemblage, outillages, qualité) qui, sans massification de la demande, restent difficilement amortissables. Les donneurs d'ordre publics ou privés, faute de stratégie multi-opérations, continuent de traiter les projets hors-site comme des prototypes isolés plutôt que comme des éléments de programmes multisites, ce qui empêche de lisser la charge usine et de sécuriser les plans de charge sur plusieurs années.

La Banque européenne d'investissement rappelle que 75% des entreprises de construction en Europe ne déclarent aucune activité d'innovation, contre 67% dans les autres secteurs, et que seulement 55% d'entre elles utilisent des outils numériques avancés, ce qui illustre la difficulté à dégager des marges suffisantes pour financer l'innovation industrielle<sup>21</sup>.

Par ailleurs, la conjoncture immobilière et la hausse des coûts de financement freinent les nouveaux investissements industriels. La combinaison de taux d'intérêt plus élevés, de la baisse ou du décalage de certains programmes immobiliers (logement libre, tertiaire) et de l'incertitude sur les politiques publiques de soutien rend plus risqué l'engagement dans des usines dédiées au hors-site, particulièrement dans les pays où la commande publique n'a pas encore adopté de stratégie pluriannuelle d'industrialisation. Une demande stable et prévisible pour justifier de tels investissements est nécessaire, ce qui manque aujourd'hui dans de nombreux États membres.

<sup>19</sup> *Intermodal freight transport - EU still far from getting freight off the road – Special report 08 - 2023*

<sup>20</sup> *Research Note on Offsite Construction - Technical Secretariat of the High Level Construction Forum (HLCF)*

<sup>21</sup> *European Construction Observatory (ECO) country fact sheets and Analytical Report : Stimulating favourable investment conditions*

Enfin, la difficulté d'innovation liée au manque de capitaux se lit dans la comparaison des marges sectorielles : l'Observatoire européen note que, dans plusieurs pays, la rentabilité de la construction se situe en moyenne entre 7% et 10%, avec des pics à 19% dans les marchés les plus porteurs, alors que l'industrie manufacturière se situe plutôt dans une fourchette 7-8% de marge brute mais avec des niveaux d'investissement en capital nettement plus élevés et un meilleur accès au financement. Cette combinaison de marges modestes, de faible productivité et de sous-investissement rend particulièrement difficile le passage à un modèle industriel hors-site intensif en capital, surtout pour les PME.

### **Structuration des paiements**

Le modèle classique de la construction, basé sur le paiement à l'avancement (situations de travaux mensuelles calculées sur la valeur exécutée sur site), via la notion de « service fait » est difficilement compatible avec la logique hors-site où une grande partie des coûts est engagée en amont. Une part significative des dépenses (conception, approvisionnements, préparation d'usine) est engagée avant même que la valeur ne soit visible sur le chantier, ce qui rend les schémas de paiement classiques défavorables aux industriels.

À l'échelle du projet, 30 à 50 % du coût d'un module correspond à des coûts de matériaux et de frais généraux de fabrication engagés très tôt dans le cycle<sup>22</sup> ; il en résulte que de nombreux fabricants modulaires demandent un acompte d'environ 35 % au moment de la commande, précisément pour financer ces approvisionnements et lancer la production dans des délais compatibles avec le planning du chantier. Ce besoin d'acompte élevé entre souvent en tension avec les pratiques des maîtres d'ouvrage publics ou privés, qui restent attachés à des paiements déclenchés principalement sur la base de la valeur mise en place sur site.

En France, le principe de l'avance (facilité de paiement au moyen du versement d'une partie de la rémunération au démarrage de la prestation) est établi de longue date et permet de répondre en partie à la problématique, son mécanisme reste lourd et peut être conditionné à la constitution de garanties financières.

En Belgique, la pratique de la gestion de projet considère comme « long-lead items » tous les matériaux dont le délai excède quatre semaines ; ces éléments doivent être planifiés de manière spécifique pour éviter les retards de chantier. Les délais d'approvisionnement pour des composants clés (menuiseries extérieures, composants complexes...) peuvent aller jusqu'à 12 semaines en 2025, ce qui impose de passer commande très en amont et donc immobiliser du capital sur une trésorerie parfois légère.

Cette concentration des dépenses en début de projet (design + achats + préparation usine) modifie profondément le profil de trésorerie par rapport à un chantier traditionnel : les charges de conception, de fabrication et de logistique sont largement avancées par rapport aux encaissements, créant un risque de cash-flow négatif prolongé si les modalités de paiement ne sont pas adaptées (acompte spécifique, jalons usine, paiement à la livraison usine, etc.).

Sans évolution de la structuration des paiements – par exemple via des acomptes plus importants, des jalons de paiement liés à la production en usine ou des garanties publiques facilitant le préfinancement – ce décalage structurel entre front-loading des coûts et paiement à l'avancement sur site constitue un frein économique majeur au développement de la filière hors-site.

<sup>22</sup> Source interne Hors Site Conseil

### 5.1.4. Freins culturels et organisationnels

Le hors-site reste encore associé, dans plusieurs pays de la Grande Région, aux bâtiments temporaires, aux bases vie de chantier ou aux containers, avec un imaginaire négatif lié aux constructions d'urgence ou aux logements standardisés de l'après-guerre.

Dans plusieurs pays européens, les premières générations de logements préfabriqués ont été perçues comme des cages à lapin, jugées répétitives et déshumanisantes, ce qui continue d'alimenter une méfiance vis-à-vis de la préfabrication malgré les progrès techniques récents.

En Allemagne, cette réserve s'exprime également du côté des concepteurs : une étude du Bundestag sur le « Serielles und modulares Bauen im Gebäudesektor » de 2023 souligne que, si la demande et le soutien public augmentent, il existe toujours des architectes et planificateurs qui voient dans le modulaire une menace pour la Baukultur et pour leur liberté de conception :

Cette perception négative ralentit son appropriation par les architectes et les maîtres d'ouvrage, qui continuent parfois d'associer le hors-site à une qualité architecturale limitée ou à des typologies répétitives, alors même que les retours d'expérience récents en Europe démontrent au contraire sa capacité à produire des projets variés et de qualité.

De plus, le modèle dominant reste celui du sur-mesure de chantier, particulièrement chez les petites entreprises généralistes, très orientées projet et historiquement structurées autour d'interventions uniques plutôt que de produits reproductibles.

Cette organisation reste cohérente avec leur cœur de marché (rénovation, maisons individuelles, petits équipements), mais elle est moins adaptée aux segments typiquement visés par le hors-site comme les résidences gérées, logements sociaux ou grands ensembles répétitifs qui requièrent des logiques de gammes, de plateformes produits et de standardisation partielle.

S'y ajoute une pénurie de main-d'œuvre qualifiée, aggravée par le vieillissement des équipes, la faible féminisation et le manque d'attractivité du secteur. Les analyses européennes soulignent un déficit chronique de main-d'œuvre dans la construction, qui s'est accentué après la pandémie, et une très faible proportion de femmes dans les métiers du bâtiment : environ 9% seulement des effectifs au niveau européen, malgré un besoin croissant de renouvellement des compétences.

Les données Cedefop montrent en outre que près de 32% des travailleurs de la construction ont entre 50 et 64 ans, contre 28% en moyenne tous secteurs, ce qui confirme le défi du renouvellement générationnel. Ce contexte rend plus difficile la montée en compétences sur les outils numériques, l'ingénierie industrielle ou la gestion de flux hors-site, et limite la capacité des entreprises à investir dans la formation.

## 5.2. Leviers

### 5.2.1. Leviers institutionnels, politiques et réglementaires

La crise du logement et la pénurie de main-d'œuvre constituent un levier paradoxal mais puissant. Elles obligent les institutions à explorer des méthodes plus productives, moins dépendantes du travail in situ, parmi lesquelles la construction hors-site occupe une place stratégique.

Les politiques publiques de décarbonation (RE2020, SNBC, Pacte vert européen, stratégie européenne pour la construction durable) convergent avec les atouts structurels du hors-site :

- Réduction des émissions carbone,
- Optimisation matière,
- Qualité contrôlée en usine,
- Meilleure traçabilité environnementale.

Les financements européens (Interreg, LIFE, Green Deal) peuvent soutenir des démonstrateurs combinant industrialisation, performance énergétique et coopération transfrontalière.

La commande publique constitue toutefois le levier central de massification. Structurée en programmes multi-opérations et intégrant des critères de performance, elle peut sécuriser un flux régulier pour les industriels et justifier les investissements en usines, en automatisation et en R&D.

L'entrée en application du **Règlement (UE) 2024/3110 du 27 novembre 2024**, applicable à partir du 8 janvier 2026, marque un tournant stratégique.<sup>23</sup>

Ce règlement établit une **zone harmonisée** pour les produits soumis à des spécifications techniques harmonisées (article 11-1).

Selon son attendu (27), cette zone harmonisée s'applique également aux marchés publics, subventions et autres incitations positives (hors fiscalité).

Pour la filière hors-site, cela ouvre une perspective majeure :

- Promouvoir l'élaboration de **spécifications techniques harmonisées dédiées** (modules 3D, panneaux 2D, façades industrialisées),
- Inscrire ces produits dans la zone harmonisée européenne,
- Faciliter la reconnaissance transfrontalière,
- Réduire la fragmentation réglementaire.

Le hors-site a ici une opportunité stratégique : devenir l'un des premiers segments à structurer une harmonisation technique à l'échelle européenne.

### 5.2.2. Leviers économiques, industriels et organisationnels

Le principal levier économique réside dans la structuration des filières autour de produits standardisés et de macro-lots. Cette logique permet :

- D'assurer des volumes stables,
- D'amortir les investissements industriels,

<sup>23</sup> *Levier réglementaire européen : Règlement (UE) 2024/3110*

- De stabiliser la qualité et les délais.

La constitution de clusters régionaux favorise :

- La mutualisation de la R&D,
- La diffusion des méthodes Lean,
- La mise en réseau des fournisseurs.

Le développement des filières bois et biosourcées constitue un levier important (chanvre, paille, fibres végétales), en combinant ancrage territorial et réduction carbone.

La formation et la reconversion vers les métiers industriels (production, contrôle qualité, maintenance, planification) sont également déterminantes pour accompagner la transformation.

Le hors-site est intrinsèquement multi-matériaux : bois, béton bas carbone, acier, solutions hybrides, biosourcé.

Sa montée en puissance suppose donc la mise en place d'un **réseau inter-filières structuré**, capable de :

- Coordonner les standards techniques,
- Partager les retours d'expérience,
- Éviter les logiques de silo par matériau,
- Développer des solutions hybrides optimisées,
- Dialoguer collectivement avec les pouvoirs publics sur la normalisation et la zone harmonisée.

Dans cette logique, certains territoires notamment la Belgique disposent d'atouts particuliers :

- Un tissu dense de PME innovantes,
- Une culture openBIM facilitant l'interopérabilité,
- Une capacité d'adaptation rapide aux exigences techniques étrangères.

### 5.2.3. Leviers techniques et numériques

Les leviers techniques reposent sur l'**intégration du numérique et du DfMA** dès la phase de conception.

Le recours à un **BIM ouvert (IFC)** et à un **guide d'interopérabilité Grande Région** permettra de fluidifier la collaboration entre industriels, bureaux d'études et maîtres d'ouvrage.

La méthodologie **DfMA/DfD (Design for Manufacturing, Assembly and Disassembly)** assure la reproductibilité des solutions et la traçabilité des composants.

Les outils du **Lean Construction**, issus du guide LIFE GRF, facilitent la planification conjointe usine-chantier, l'amélioration continue et la réduction des gaspillages.

Enfin, la généralisation d'**indicateurs de performance mesurables** (délais, taux de levées de réserves, IC-construction, CO<sub>2</sub> évité, nuisances chantier) apportera de la crédibilité aux approches hors-site auprès des donneurs d'ordre.

Permis de construire numérique en cours de réflexion au Luxembourg, est-ce une piste de levier pour la GR ?

### 5.2.4. Leviers culturels et d'acceptabilité

La réussite du hors-site suppose une **évolution des représentations collectives**.

Il ne s'agit pas de standardiser l'architecture mais de standardiser les méthodes.

Une communication pédagogique, associée à des **démonstrateurs visibles et évalués**, peut lever les appréhensions des élus et du grand public.

Les retours d'expérience (Energiesprong en Europe, PailleTech, Ossabois au Luxembourg) constituent des références à capitaliser.

Enfin, la création de **labels territoriaux ou internes**, à l'image d'un futur "Hors-Site Lab GR+", contribuerait à reconnaître les opérations exemplaires et à renforcer la confiance du marché.

### 5.3. Synthèse par pays

Pays	Maturité et freins dominants	Leviers et perspectives
<b>France (Grand Est)</b>	Filière en structuration, diversité des modes de contractualisation (marchés séquencés avec allotissement des travaux, conception-réalisation, macro-lots). Fragmentation industrielle et concurrence entre matériaux.	Retours d'expérience (Action Logement, GPA), politique publique active, développement des filières bois et béton bas-carbone, commande publique volontariste.
<b>Luxembourg</b>	Marché restreint, protectionnisme, faible nombre d'acteurs et dépendance aux prestataires étrangers.	Potentiel d'impulsion via la commande publique et la pédagogie Luxinnovation/Neobuild ; création d'un glossaire FR-DE-LU et d'un CdC-O commun pour aligner les pratiques.
<b>Belgique (Wallonie)</b>	Filière en croissance mais encore dispersée, peu de projets 3D, réglementation morcelée.	Dynamique « clusterisée » autour de Cap Construction ; opportunité de coopération interrégionale et de spécialisation biosourcée.
<b>Allemagne (Sarre / Rhénanie-Palatinat)</b>	Filière mature, fortement normée (DIN), pratiques industrialisées mais peu ouvertes aux échanges extérieurs.	Exportation de savoir-faire, alignement progressif des standards et coopération technique avec les voisins.

Ces constats mettent en évidence la nécessité d'une approche intégrée à l'échelle de la Grande Région.

Les freins techniques et normatifs ne peuvent être traités isolément. Ils doivent être abordés conjointement avec la structuration de la commande publique, la montée en compétences des acteurs et la standardisation progressive des outils numériques.

L'industrialisation du hors-site suppose en effet une cohérence entre réglementation, pratiques contractuelles, outils BIM, exigences environnementales et capacités opérationnelles des entreprises. Sans cette approche systémique, les avancées techniques restent ponctuelles et peinent à se diffuser à grande échelle.

Dans ce cadre, il est essentiel d'associer pleinement le **CRTI-B**. Son rôle d'harmonisation technique, de production de cahiers des charges standardisés et d'appui à la digitalisation dans la construction conventionnelle constitue un point d'ancrage stratégique.

L'expérience acquise par le CRTI-B en matière de normalisation, d'outils communs et d'interopérabilité peut servir de socle pour intégrer progressivement les spécificités du hors-site dans les référentiels existants, plutôt que de créer un cadre parallèle.

Compte tenu des collaborations déjà engagées, son implication permettrait d'assurer une continuité méthodologique, de sécuriser l'acceptabilité institutionnelle et de faciliter la montée en cohérence à l'échelle transfrontalière.

## 5.4. L'enjeu de la structuration d'une filière pour développer le hors-site

---

*Ateliers communs, création d'un écosystème mobilisable, pour dépasser les segmentations par pays, par méthode de construction, par type de matériau*

---

Un enjeu majeur de la construction hors-site pour la viabilisation de son modèle économique réside dans la construction d'une filière hors-site, multi systèmes et multi matériaux. En effet, par définition, la construction hors-site repose sur un certain nombre d'usines de fabrication pour produire les éléments constructifs. Or ces usines doivent être approvisionnées en différents matériaux (bois, béton, acier, matériaux isolants, matériaux de revêtement extérieur et intérieur, système de fenêtre et portes, matériaux de toitures et matériaux de finition de sol).

L'enjeu de la construction de ces filières est alors triple :

- Avoir un volume de commandes suffisant pour lancer les investissements nécessaires à la création de l'usine ;
- Avoir un territoire suffisamment bien doté en ressources naturelles de sorte que l'ensemble des composants et matériaux soient disponibles et accessibles à distance réduite ;
- Fédérer des acteurs et construire des consortiums d'acteurs sensibilisés au hors site et qui n'ont pas forcément l'habitude de se parler.

## 5.5. Déconstruire les a priori sur la construction hors-site

Les collectivités territoriales vont être confrontées à une multiplication des demandes de Permis de construire pour des projets en hors-site.

Dans ce contexte, il devient urgent de transformer l'idée reçue selon laquelle la qualité et l'esthétisme des constructions préfabriquées seraient inférieures à ceux des constructions obtenues avec les méthodes traditionnelles.

C'est l'un des obstacles majeurs à une utilisation plus large du hors-site. L'image des modules de chantier temporaires servant à accueillir les bureaux et les sanitaires sur les chantiers est bien ancrée dans l'imaginaire collectif lorsqu'on parle de construction hors-site ou de préfabriqués.

De la même façon, l'idée selon laquelle l'industrialisation d'un processus de fabrication empêche de réaliser du sur-mesure et un résultat esthétique est aussi répandue. Pourtant, la diversité des possibilités et des usages qu'offre le hors-site est large et peut répondre à différents besoins dont le sur-mesure.

Il est important de déconstruire l'idée selon laquelle la construction hors-site possède une faible qualité esthétique et architecturale, est très répétitive et se limite aux marchés temporaires.

Cette déconstruction passe notamment par la mise en valeur de projets qualitatifs réalisés en hors-site, utilisant des techniques modernes de préfabrication, et permettant une grande flexibilité en matière de conception architecturale sur des objets divers : logement, scolaire, médical, tertiaire...

Des éléments construits hors-site en usine apportent déjà la preuve que des solutions sur-mesure adaptées aux besoins spécifiques des projets existent et peuvent être personnalisés. C'est le cas des cuisines, des fenêtres ou des salles de bains.

Avec les mêmes modules, le hors-site est en mesure de construire plusieurs cuisines très différentes et personnalisables.

Un autre exemple concerne les fenêtres. Cet élément constructif était historiquement réalisé sur-mesure et de manière artisanale par des menuisiers. Au fur et à mesure des évolutions législatives et des contraintes techniques s'imposant à la fabrication des fenêtres (étanchéité, performances thermiques, acoustiques, énergétique, etc.) la production de fenêtres s'est industrialisée. Pourtant, aujourd'hui il est rare d'observer deux fenêtres semblables et la personnalisation est toujours possible.

## 6. Commande et contractualisation hors-site

### 6.1. Organiser la commande

#### 6.1.1. Trois échelles de déploiement du hors-site

Organiser la commande revient à transformer un besoin bâtiment en un flux répétable, lisible par les industriels et maîtrisable par la maîtrise d'ouvrage car le hors-site est une chaîne industrielle qui ne fonctionne que si la commande donne de la visibilité et fige les décisions en amont.

On peut distinguer trois approches pour déployer le hors-site.

##### *A l'échelle nationale*

L'objectif est la massification et la réduction du coût par la répétition, l'apprentissage et l'investissement industriel. Les outils de commande les plus efficaces sont ceux qui donnent de la visibilité et du volume, tout en laissant une marge de déclinaison.

En France, l'accord-cadre est un levier central car il permet d'organiser une relation de long terme avec un ou plusieurs opérateurs et de passer ensuite des marchés subséquents au fil des opérations, dans le cadre du Code de la commande publique qui prévoit également des montages globaux comme la conception-réalisation et qui permettent d'intégrer plus tôt la chaîne industrielle quand l'opération le justifie.

En Allemagne, la logique nationale se matérialise aussi par des dispositifs-cadres orientés « série », dont le cadre GdW « serielles und modulares Bauen » (cadre mutualisé destiné aux bailleurs), et par la structuration autour de standards, d'essais de type et d'exigences qualité robustes qui sécurisent la répétabilité.

Au Luxembourg et en Belgique, la massification nationale s'appuie également sur les mécanismes d'accords-cadres et sur la structuration progressive de l'offre, dans les cadres juridiques nationaux transposant la directive européenne marchés publics.

##### *À l'échelle régionale*

L'objectif prioritaire n'est pas seulement le volume, mais la mise en capacité d'outils industriels de proximité, la réduction des risques logistiques, l'ancrage emploi-compétences et la stabilité d'un flux d'opérations permettant d'éviter les dents de scie de production industrielle.

En Wallonie, cette logique se traduit par deux leviers très opérationnels : d'une part la structuration de filière portée par CAP Construction, d'autre part l'usage d'une centrale d'achat du Service public de Wallonie, qui permet aux entités adhérentes d'accéder à des marchés déjà passés, en réduisant les charges administratives tout en restant conforme au droit des marchés publics.

En Sarre et en Rhénanie-Palatinat, l'organisation régionale s'appuie fortement sur des plateformes (publication, retrait DCE, échanges et dépôts d'offres) directement opérées à l'échelle du Länder, ce qui facilite la mise en place de consultations répétées, la diffusion des exigences et la standardisation documentaire

Ces deux systèmes ne s'opposent pas, mais doivent plutôt être considérés comme complémentaires suivant les besoins de la maîtrise d'ouvrage et des concepteurs des bâtiments.

### À l'échelle transnationale

L'enjeu n'est pas seulement d'acheter à l'étranger, mais de sécuriser une chaîne de valeur complète entre conception, fabrication, transport, montage et contrôles, tout en restant dans un cadre juridique robuste. La directive 2014/24/UE prévoit explicitement les achats conjoints et la possibilité de recourir à des centrales d'achat situées dans un autre État membre, ce qui ouvre des schémas concrets pour la Grande Région dès lors que la gouvernance et les responsabilités sont clarifiées en amont.

#### 6.1.2. Approche des risques entraînés par la massification

La massification crée un risque de saturation de capacité industrielle, mais aussi un risque de diffusion d'un défaut en série. La commande doit donc organiser simultanément la montée en volume et la maîtrise qualité.

Un premier principe consiste à séparer la qualification initiale (prototype, présérie, essais, revue d'interfaces, « design freeze ») du déploiement (lots subséquents, tranches, séries), avec des jalons contractuels clairs. Un second principe consiste à éviter la dépendance à une source unique sur des composants critiques, en prévoyant des stratégies de sourcing multiple ou au minimum des mécanismes de secours. Un troisième principe consiste à rendre la chaîne de contrôle compatible avec l'usine, avec des points d'arrêt qualité et des preuves documentaires exploitables par les parties prenantes, ce qui rejoint les logiques allemandes très structurées et les pratiques de cadres sériels.

Enfin, la mutualisation entre maîtres d'ouvrage, à l'échelle régionale ou transnationale, devient un outil de réduction de risque : elle donne de la visibilité aux industriels, facilite l'investissement et stabilise le coût, tout en permettant aux pouvoirs adjudicateurs de conserver une mise en concurrence maîtrisée via les instruments juridiques adaptés dans chaque pays.

## 6.2. Montages et procédures :

### 6.2.1. Selon les spécifications du projet

#### *Procédures avec des spécifications figées*

Quand le besoin est très clair (pods sanitaires, balcons rapportés standardisés, gaines techniques, modules provisoires, façades 2D sur trame répétitive), on peut rester sur des procédures "classiques" à cahier des charges précis. Le point clé est d'écrire des **exigences de performance et d'interface** (dimensions, tolérances, charges, acoustique, feu, maintenance, points de levage, raccordements), plutôt qu'une description de "moyens" trop prescriptive.

#### *Procédures avec une intégration industrielle*

Dès qu'il y a incertitude de solution (mix 2D/3D, forte densité de réseaux, exigences feu complexes, site contraint, phasage fin, nécessité de prototypage), les procédures permettant d'**échanger et de converger** avec les industriels deviennent structurantes : elles évitent de figer un projet inconstructible industriellement puis de payer les reprises en phase exécution.

### 6.2.2. Montages contractuels

#### *Schéma séquentiel MOE puis entreprises*

C'est le montage le moins naturel pour du hors-site ambitieux, parce que la conception est souvent trop avancée quand l'industriel arrive. On peut néanmoins le rendre compatible en **décalant très tôt la consultation du hors-site**, et en verrouillant les interfaces par une matrice lots / limites de prestations, une maquette BIM "contractuelle", et des tolérances.

### **Macro-lot hors-site avec consultation anticipée**

Montage très efficace pour concilier concurrence et DfMA : on consulte un **lot hors-site** (façades 2D, modules 3D, pods, gaines, balcons) sur une base **fonctionnelle** (trame, performances, interfaces), puis l'industriel retenu co-conçoit les détails d'interface pendant que les lots traditionnels se calent. Le point de vigilance est la **synthèse** (structure/MEP/feu/acoustique) et les limites de prestation usine/chantier.

### **Conception-réalisation / Design & Build**

Montage performant quand on vise délai et maîtrise des risques d'interface, parce qu'un acteur porte la cohérence conception-fabrication-pose. Il faut alors cadrer très fermement : critères d'expérience hors-site, démonstrateurs, méthode de gestion des modifications, et gouvernance BIM.

### **Marchés globaux orientés performance (incluant exploitation/maintenance)**

Utile quand le hors-site est choisi pour **réduire le coût global** (qualité, SAV, maintenabilité). On annonce des objectifs mesurables (énergie, disponibilité, temps d'intervention, durabilité) et on évite que la valeur qualité usine se perde dans l'arbitrage court-terme.

### **Accords-cadres et séries**

Dès qu'on parle de **massification multi-opérations**, l'accord-cadre (mono ou multi-attributaire) devient l'outil le plus structurant : il stabilise une **base technique standard** (trame, détails d'interface, composants catalogue), et permet ensuite des marchés subséquents/mini-compétitions pour adapter (site, variantes, architecture). C'est aussi l'outil le plus efficace pour rendre l'industriel **investissable** (capex, automatisation, formation) grâce à la visibilité de charge.

## **6.3. Exigences de performance**

### **6.3.1. Principe général**

Un cahier des charges d'objectifs (CdC-O) fixe des **résultats mesurables** à atteindre (délais, nuisances, carbone, qualité, etc.), et laisse aux équipes (MOE, entreprises, industriels) la liberté de choisir les procédés, matériaux et organisations capables d'y répondre. Cette logique est explicitement compatible avec la commande publique européenne : les spécifications techniques peuvent être formulées **en termes de performances ou d'exigences fonctionnelles**, plutôt qu'en prescriptions détaillées de moyens.

Dans les pratiques récentes, cette approche "objectifs / moyens" est aussi utilisée telle quelle dans des dispositifs de massification (ex. critères de sélection portant sur **gain énergétique, part de travaux en hors-site et maturité/qualité du projet**).

### **6.3.2. Exemples**

#### **Délais globaux et phasage industriel**

- Objectif : réduction **du délai global d'exécution** (de la notification à la réception : phase travaux) par rapport à une opération de référence équivalente.
- Indicateur : délai contractuel exprimé en semaines, incluant les phases de fabrication, de transport et de montage, comparées une phase travaux traditionnels.

#### **Nuisances de chantier**

- Objectif : diminution **des flux entrants et sortants** (véhicules/jour) et **des volumes de déchets** produits sur site.

- Indicateurs : volume de déchets non valorisés, niveau sonore mesuré, taux de recyclage.

#### **Impact carbone et énergétique (IC-construction / IC-énergie)**

- Objectif : atteindre des taux de consommation d'énergie et d'émission de CO<sub>2</sub> inférieurs aux seuils cible, conformément à la révision de la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments (EPBD, 2024) :
  - L'exigence « carbone » vise le « life-cycle GWP (kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>) calculé selon les conventions Level(s)1.2 / EN 15978, avec données produits issues d'EPD EN 15804 », et l'exigence « énergie » vise la « performance en énergie primaire en phase d'usage (kWhEP/m<sup>2</sup>.an) au sens EPBD/Level(s) 1.1»
    - 1.1 Use stage energy performance (kWh/m<sup>2</sup>/yr)
    - 1.2 Life cycle Global Warming Potential (CO<sub>2</sub> eq./m<sup>2</sup>/yr)

#### **Taux de hors-site**

- Objectif : atteindre un certain taux de hors-site dans la construction du bâtiment
- Indicateur :  $\frac{\text{Coût travaux des éléments hors-site}}{\text{Coût travaux superstructure}}$  en pourcentage
  - Cet indicateur est compliqué à utiliser en tant que critère de notation des offres par exemple, mais peut constituer un visuel rapide de la part d'éléments de construction effectués en hors-site.

#### **Performances sociales et emploi industriel local**

- Objectif : renforcer les retombées territoriales de la production sur la population locale
- Indicateurs : part minimale de la valeur produite dans un rayon de 300 km du chantier, nombre d'heures en atelier sur le territoire national, nombre d'heures d'insertion prévues ; sous-traitance avec des entreprises locales...
- Alignement avec les critères européens Green Public Procurement.

### **6.3.3. Exigences de moyens**

Les pièces marché maintiennent certaines **exigences de moyens** à titre de garanties minimales :

- Respect des normes structurelles (Eurocodes, DTU, DIN, ILNAS) et des règles de l'art,
- Intégration d'un industriel certifié ISO 9001 / 14001 / 45001 pour la production,
- Usage de formats BIM ouverts (IFC 4, cobie) pour l'échange des données,
- Validation d'un plan d'assurance qualité (PAQ) spécifique au process hors-site...

Ces moyens ne sont toutefois pas prescriptifs dans leurs méthodes : ils encadrent le niveau d'exigence, sans figer les solutions.

Cette distinction entre **objectif** (résultat) et **moyen** (procédé) constitue la base du pilotage contractuel et du contrôle de performance des opérations.

### **6.3.4. Articulation avec la commande publique de chaque pays**

Au Luxembourg, comme dans l'ensemble de l'Union européenne, la commande publique permet de formuler les besoins sous forme d'exigences fonctionnelles ou de performances mesurables, plutôt que sous forme de prescriptions techniques figées.

Le règlement grand-ducal du 8 avril 2018, en lien avec la loi du 8 avril 2018 sur les marchés publics, encadre explicitement cette possibilité en matière de spécifications techniques. Cette approche est

cohérente avec le cadre harmonisé de la directive 2014/24/UE, qui autorise les spécifications techniques exprimées en performances ou exigences fonctionnelles, et facilite donc une convergence méthodologique entre Luxembourg, Belgique et France, ainsi qu'avec les pratiques de passation allemandes.

Cette pratique axée sur la recherche de performances et plus de moyens, devient alors un outil de pilotage transfrontalier en fixant des résultats attendus, comparables et vérifiables, tout en laissant aux opérateurs la liberté de proposer le bon assemblage de solutions, hors-site ou hybrides, pour atteindre ces résultats.

## 6.4. Gabarits de lots et stratégie d'achat sériel

Le passage d'une logique de projet à une logique de **programme** est la clé de la massification du hors-site.

Les maîtres d'ouvrage doivent structurer leurs consultations autour de **lots cohérents avec la chaîne de valeur industrielle**, et non plus selon les corps d'état traditionnels.

L'organisation des marchés doit ainsi permettre à la fois la reproductibilité des solutions et la souplesse de mise en œuvre, notamment via des **macro-lots hors-site** et des **accords-cadres multi-attributaires** favorisant la répétition sérielle.

### 6.4.1. Logique de découpage en lots

#### *Macro-lots hors-site*

Les **macro-lots hors-site** regroupent l'ensemble des prestations de conception, production, transport et montage d'un ensemble industrialisé homogène.

Ils remplacent le découpage par métiers au profit d'une **unité fonctionnelle et technique** qui correspond à un flux industriel complet.

Cette approche permet :

- Une responsabilité unique sur la chaîne conception-fabrication-montage,
- Une optimisation des interfaces entre usine et chantier,
- Et une sécurisation des délais et de la qualité, grâce à des engagements mesurables.

Trois macro-lots types sont recommandés, à adapter selon la typologie d'opération :

Macro-lot type	Contenu principal	Exemples d'application
<b>Modules 3D</b>	Conception, fabrication et montage de modules volumétriques complets intégrant structure, enveloppe, finitions intérieures, réseaux, équipements techniques et mobilier.	Résidences gérées, logements répétitifs
<b>Panneaux 2D</b>	Façades, murs à ossature bois ou métal, planchers, toitures préfabriqués, menuiseries intégrées, isolation, étanchéité et bardages.	Rénovation énergétique, logements collectifs, ERP.
<b>Composants techniques et pods</b>	Salles d'eau préfabriquées, gaines techniques, cages d'escalier, modules sanitaires ou énergétiques.	Bâtiments tertiaires, logements sociaux, hôtels.

Ces macro-lots couvrent :

- La conception d'exécution orientée DfMA,
- La fabrication en atelier,
- Le contrôle qualité et la préparation documentaire,
- La logistique d'acheminement
- Le montage sur site.

Le macro-lot est conçu comme une unité fonctionnelle et technique unique, substituant au découpage par corps d'état un découpage par sous-système industrialisé. L'objectif est d'obtenir une responsabilité globale sur la cohérence conception fabrication montage, de limiter les pertes aux interfaces, et de rendre contractuels des engagements de délais, de qualité et de performance.

Dans ce cadre, le contenu minimal du macro-lot doit intégrer les plans d'exécution et plans de fabrication, les plans de levage et de montage, les nomenclatures et tolérances, les procédures d'autocontrôle, un Plan d'Assurance Qualité spécifique à la production et à la pose, ainsi que les livrables BIM nécessaires à la coordination et à la traçabilité. Les contrôles doivent être structurés autour de points d'arrêt et de réceptions formalisées, permettant de sécuriser la bascule entre un environnement usine contrôlé et un environnement chantier. Les clauses-types associées doivent couvrir les tolérances d'interface, le traitement des non-conformités et la gestion des écarts, les règles de transfert de propriété et de risques lors des phases de stockage et de transport, ainsi que les protocoles BIM de coordination incluant la gestion des modifications et des versions.

### ***Lots d'interface***

Les lots d'interface assurent la continuité entre les macro-lots hors site et les prestations réalisées sur site. Ils constituent la clé de voûte du schéma, car la majorité des litiges en hors site provient de périmètres mal définis entre support chantier et sous-systèmes industrialisés. Leur finalité est d'éviter les zones grises et de garantir que la performance attendue du bâtiment est bien atteinte une fois les sous-ensembles assemblés.

Ils comprennent typiquement les fondations, socles et ouvrages supports, les réseaux en attente et réservations, les raccordements techniques CFO et CFA, plomberie, ventilation et chauffage, les parachèvements et habillages de jonction entre modules ou panneaux, ainsi que les VRD, aménagements extérieurs et espaces verts. Selon la taille et la complexité de l'opération, ces lots peuvent être confiés à une entreprise générale responsable d'un périmètre chantier global, ou à un lot spécifique de coordination technique placé sous une maîtrise d'œuvre unique, afin de concentrer la responsabilité de synthèse.

Le cahier des charges des lots d'interface doit préciser, sans ambiguïté, les points d'interface physiques et numériques, notamment les niveaux, axes, tolérances, jeux de pose, zones de calfeutrement, détails coupe-feu et acoustiques, et règles de raccordement. Il doit également définir des procédures de réception cohérentes entre usine et chantier, afin que les validations réalisées en atelier soient reconnues et complétées par des contrôles de montage sur site.

Enfin, il doit établir des règles de responsabilité en cas de non-conformité, fondées sur une logique de preuve et de traçabilité, pour éviter que les écarts ne se transforment en contentieux multi-acteurs.

## 6.4.2. Stratégie d'achats sériels

L'enjeu principal est de **stabiliser la demande** pour permettre l'investissement industriel et la montée en productivité.

Pour cela, la commande publique peut se structurer en **accords-cadres pluriannuels**, couvrant plusieurs opérations homogènes en conception ou en typologie (logements sociaux, bâtiments scolaires, foyers, bureaux légers).

Ces accords assurent :

- Une visibilité économique pour les industriels,
- La capitalisation des retours d'expérience,
- Et la réduction des coûts unitaires par effet de série.

### **Accords-cadres multi-attributaires**

Les **accords-cadres multi-attributaires** sont la forme la plus adaptée aux marchés transfrontaliers et à la massification.

Ils consistent à sélectionner plusieurs titulaires (industriels ou groupements) capables de répondre à des marchés subséquents selon les besoins annuels du maître d'ouvrage.

Chaque titulaire garantit :

- Une solution produit standardisée (façade 2D, module 3D, pod sanitaire, etc.) ;
- Un niveau de performance contractualisé (carbone, taux d'usine, qualité, délai) ;
- Et un rayon logistique défini ( $\leq 300$  km).

Les marchés subséquents sont attribués selon une grille d'analyse objective basée sur les objectifs de performance précités, et non sur le seul prix.

Cette méthode permet :

- La mise en concurrence vertueuse d'industriels sur la qualité,
- La consolidation d'une plateforme commune d'évaluation,
- Et la mutualisation des outils de suivi (indicateurs partagés, maquettes BIM, bases de données fournisseurs).

### **Conditions de réussite**

Pour assurer la réussite de cette approche :

- Les fiches-produits standardisées doivent être définies en amont (performances, gabarits, interfaces),
- Un cahier de standardisation transfrontalier doit être validé par Luxinnovation, Neobuild, Cap Construction et le CRTI-B,
- Les critères d'attribution doivent correspondre aux attentes de performances demandées au marché,
- Et les industriels sélectionnés doivent être intégrés dans la boucle de conception via des marchés à tranches ou des partenariats d'innovation.

Cette stratégie permet à la fois de sécuriser les investissements industriels et de créer une véritable **économie de série à l'échelle de la Grande Région**.

**Illustration schématique : articulation type d'un marché hors-site**

N° lot	Nature	Périmètre / responsabilité	Type de marché
0	Maîtrise d'œuvre	Programmation, pièces marché, suivi d'études, suivi de travaux	Marché de services
1	Macro-lot HS 3D	Modules volumétriques complets	Accord-cadre multi-attributaire
2	Macro-lot HS 2D	Façades, planchers, toitures	Accord-cadre multi-attributaire
3	Macro-lot HS techniques	Pods, gaines	Marché subséquent
4	Interfaces / raccords	Fondations, réseaux, finitions, VRD	Marché classique
5	Contrôle / essais	Bureau de contrôle, FAT/SAT, conformité usine	Marché de prestation

Cette structure est conçue pour assurer la compatibilité entre la commande luxembourgeoise et les dispositifs de droit français, belge et allemand, en vue de faciliter les **démonstrateurs transfrontaliers**.

**Bénéfices attendus**

L'adoption de cette stratégie présente plusieurs effets structurants :

- Réduction des délais de passation grâce à la réutilisation des trames d'accords-cadres,
- Stabilisation des volumes et sécurisation des plans de charge industriels,
- Baisse des coûts de transaction pour les maîtres d'ouvrage,
- Amélioration continue via la capitalisation des données de performance,
- Et, à terme, la constitution éventuelle d'un "giga-cluster" transfrontalier de production hors-site, fondé sur des marchés récurrents.

**6.5. Données & BIM**

Le déploiement du hors-site à l'échelle de la Grande Région suppose une gouvernance partagée de la donnée. La modélisation et l'échange d'informations entre maîtres d'ouvrage, concepteurs et industriels constituent la colonne vertébrale de la conception orientée produit et de la méthode DfMA. Dans une logique de commande publique performancielle, le BIM n'est plus un simple outil de conception mais un système de production et de traçabilité : il relie la phase de conception à la fabrication en usine, puis à l'exploitation du bâtiment.

**6.5.1. Objectifs BIM pour la commande hors-site**

Le BIM (Building Information Modeling) est l'outil central de pilotage des opérations hors-site. Il permet de traduire les exigences du cahier des charges d'objectifs (CdC-O) en indicateurs mesurables et en objets constructifs paramétrés. L'objectif n'est pas de multiplier les maquettes, mais de créer un référentiel numérique unique, interopérable, partagé et durable.

Trois objectifs principaux sont à poursuivre :

- Interopérabilité et neutralité des données : garantir la circulation fluide des maquettes entre MOA, MOE, industriels et bureaux de contrôle, quel que soit le logiciel utilisé.

- Traçabilité et qualité industrielle : associer à chaque composant une fiche numérique de fabrication (matériau, lot, tests FAT/SAT, performances environnementales).
- Capitalisation et répliquabilité : permettre le réemploi des objets, la réutilisation des familles paramétriques et la mutualisation des données d'exploitation à l'échelle de plusieurs programmes.

### 6.5.2. Formats ouverts et standards d'échange (IFC, BCF, COBie)

Afin d'assurer la pérennité des données et leur compatibilité entre acteurs de différents pays, on peut proposer l'usage de **formats ouverts et non propriétaires**, reconnus au niveau européen.

- IFC (Industry Foundation Classes) : format principal d'échange pour les maquettes 3D, utilisé pour la conception, la production et la gestion patrimoniale.
- BCF (BIM Collaboration Format) : format léger d'échange de commentaires et de problématiques de coordination, utilisé pour la gestion des réserves et des interfaces.
- COBie (Construction Operations Building Information Exchange) : format tabulaire destiné à la transmission des données d'exploitation et de maintenance.

L'utilisation combinée de ces trois standards garantit la compatibilité avec les environnements logiciels utilisés dans la Grande Région. Elle permet une lecture et un suivi unifiés de la donnée à travers la chaîne de valeur, depuis la conception jusqu'à la maintenance.

### 6.5.3. Conventions d'échange et structuration des maquettes

La convention BIM fixe les règles d'échange, de niveau de détail et d'information (LOD/LOI) et de structuration des objets. Elle précise pour chaque phase du projet :

- Le niveau d'information requis pour les études de faisabilité, d'exécution et d'exploitation,
- Les responsabilités de mise à jour des maquettes (Moe, industriel, contrôle),
- Les formats d'échange et les points de passage validés par le BIM Manager,
- La structuration des attributs ciblés par les cas d'usages.

Chaque objet hors-site (façade, module, pod) est identifié par un code unique associé à sa fiche de production. Cette codification normalisée facilite le suivi industriel (FAT/SAT), le contrôle qualité, la maintenance et la gestion de fin de vie des composants. Il est recommandé d'intégrer dans la maquette un "passeport numérique produit", garantissant la traçabilité sur l'ensemble du cycle de vie.

### 6.5.4. Droits d'usage, propriété intellectuelle et partage des données

Le recours au BIM en environnement collaboratif suppose une clarification contractuelle des droits d'usage et de propriété.

- Le maître d'ouvrage conserve la propriété du modèle consolidé et des données liées à l'exploitation du bâtiment,
- Les auteurs (architectes, bureaux d'études) conservent leurs droits moraux sur les maquettes qu'ils ont produites, mais cèdent un droit d'usage illimité au maître d'ouvrage et à l'industriel pour la fabrication et la maintenance,
- Les industriels restent propriétaires des objets paramétriques relevant de leur catalogue, mais doivent fournir une version simplifiée (niveau LOD 300 minimum) conforme au format IFC,
- Cette gouvernance des droits doit être formalisée dans les contrats BIM annexés aux marchés. Elle s'appuie sur les pratiques déjà mises en œuvre.

### 6.5.5. Recommandations opérationnelles

Afin d'assurer la pleine interopérabilité BIM/DfMA dans la Grande Région, il est recommandé de :

- Imposer l'usage des formats IFC 4.3 et COBie dans tous les marchés publics intégrant une part hors-site.
- Créer une bibliothèque partagée d'objets BIM certifiés "Grande Région", interopérables entre logiciels.
- Généraliser les conventions d'échange trilingues (FR-DE-EN)
- Former les MOA, MOE et industriels à la gouvernance de la donnée et à la gestion des droits d'usage.
- Intégrer dans les pièces marché un modèle de "passeport numérique de composant", conforme au standard européen Digital Product Passport.

## 7. Montage et conduite d'opération hors-site

### 7.1. Décision d'opportunité et cadrage des objectifs hors-site

L'opération démarre par une décision explicite sur les raisons d'utiliser du hors-site, en le considérant comme un moyen au service d'un besoin (délai, nuisances, site contraint, évolutivité, ambition environnementale, etc.). Dans un cadrage exécutif, la maîtrise d'ouvrage fixe un socle d'objectifs mesurables plutôt que des prescriptions de moyens, afin de rendre les offres comparables et d'ouvrir l'innovation industrielle.

### 7.2. Faisabilité hors-site

La faisabilité est conduite en logique DfMA et Lean : identification des éléments industrialisables, choix du niveau de préfabrication (1D/2D/3D, pods techniques), et définition des standards de projet (trames, salles d'eau, façades, interfaces).

Cette phase produit une première architecture de découpage en macro-lots hors-site (responsabilité sur la chaîne conception-fabrication-transport-montage) et lots d'interface (fondations, attentes réseaux, raccordements, jonctions), car la maîtrise des interfaces usine/chantier conditionne le coût, le délai et la non-qualité.

Elle conditionne également la faisabilité technique au niveau logistique : accessibilité pour le levage, zones de transfert et d'attentes, reprise de charge des voiries, façades ou toitures, présence d'arbres ou d'obstacles, forte déclivité...

Elle doit également être adossée à une estimation financière solide, prenant en compte différents modèles constructifs hors-site selon la complexité du projet.

### 7.3. Sourcing industriel et organisation projet équipe intégrée

Le hors-site n'étant pas une technique courante, on peut proposer un sourcing en amont structuré : industriels, bureaux d'études, architectes et surtout un bureau de contrôle sensibilisé aux techniques hors-site dès le début, faute de quoi les validations peuvent ralentir.

Pour un premier projet, il est recommandé de viser un périmètre maîtrisable (par exemple 300 à 3 000 m<sup>2</sup> en neuf) et de capitaliser sur les retours d'expérience locaux (benchmark), avec montée en compétence des équipes et, si besoin, appui d'AMO spécialisé.

### 7.4. Montage contractuel et stratégie d'achat

Le choix du montage (conception-réalisation ou Design & Build, marchés globaux, accords-cadres etc.) est un acte structurant ; une contractualisation en équipe intégrée est souvent recherchée pour tenir les enjeux d'interface et de planning industriel.

Le DCE est construit autour d'exigences de performance et d'engagements mesurables, en évitant de figer trop tôt des solutions incompatibles avec les process industriels ; sinon le risque typique est un projet « figé » difficile à produire industriellement.

Dès cette phase, il faut traiter les spécificités économiques et assurantielles : temporalité de paiement (souvent demandée à la sortie d'usine) et responsabilité/assurance entre sortie d'usine, transport, stockage et pose.

## 7.5. Conception intégrée et design freeze

La conception bascule tôt vers l'exécution DfMA : tolérances, principes d'assemblage, périmètres d'interface, et préparation des contrôles FAT/SAT.

Les arbitrages gabarit/transport/levage sont verrouillés avant lancement de production. Sur certains programmes, la stratégie consiste aussi à intégrer en usine une part d'équipements/fournitures pour maximiser le gain délai et réduire les aléas de chantier.

## 7.6. Plan qualité, commissioning et préparation logistique chantier

Avant production, l'opération se dote d'un plan qualité et d'un processus de commissioning (PAQ, points de contrôle, documentation), puis formalise la stratégie logistique : protections, racks, ordre de pose, gestion des flux entrants/sortants, et surtout synchronisation ordre de fabrication / ordre de pose.

Cette phase organise également les lots d'interface sur site (socles, attentes, raccordements), car tout écart d'altimétrie, de tolérance ou de réservation se traduit par des coûts supplémentaires et des retards au montage.

## 7.7. Industrialisation, production usine et contrôles FAT

La production en environnement contrôlé vise la répétabilité et la preuve de qualité : traçabilité des composants, enregistrements de contrôle, et essais/visas en usine (FAT), même si leur cadrage réglementaire varie et qu'ils sont surtout utilisés comme preuves de qualité dans certains projets publics.

Le macro-lot hors-site porte contractuellement la continuité conception-fabrication-acheminement-montage, ce qui réduit les zones grises de responsabilité, sous réserve que les clauses de non-conformité, tolérances et interfaces soient explicites.

## 7.8. Travaux sur site, pose et logistique d'approche

Pendant que l'usine produit, le site est préparé : plateformes, fondations/socles, VRD, attentes réseaux, zones de grutage et séquençage d'approvisionnement, afin d'éviter tout stockage subi.

La performance « hors-site » se construit ici par la fiabilisation des prérequis de montage : un site prêt, un plan de pose calé, des interfaces contrôlées.

## 7.9. Transport, levage, assemblage et contrôles SAT

La phase de montage est conduite comme une opération d'assemblage industriel : cadence, ordre de pose, contrôles de conformité à la réception sur site (SAT), puis raccordements techniques et parachèvements de jonction pilotés par les lots d'interface.

Les retours d'expérience montrent que la réduction des nuisances et des flux découle directement de la baisse de temps de chantier et de la limitation des opérations « à façon » sur site.

## 7.10. OPR, réception, DOE et mise en service

La réception est préparée en continuité des contrôles usine/chantier ; l'objectif est de réduire les opérations préalables à la réception (OPR) et les réserves, ce qui contribue à une mise à disposition plus fiable.

Le DOE est consolidé avec une logique de traçabilité renforcée, particulièrement utile au hors-site et au BIM (continuité d'isolation, justification des jonctions, etc.), et peut s'articuler avec un passeport numérique de composant quand l'ambition de reproductibilité est forte.

## 7.11. Exploitation, retour d'expérience et passage à l'échelle

Le projet pilote se clôt par une capitalisation structurée : écarts de planning usine/chantier, non-conformités d'interface, performance réelle, et ajustement des standards de conception et clauses types. Cette logique est la base d'une stratégie d'achats sériels (accords-cadres multi-attributaires, dispositifs plus flexibles) et d'une montée en maturité « filière ».

## 8. Économie, logistique & impacts

### 8.1. Économie de série : effets d'apprentissage & massification

L'économie du hors-site ne se déclenche pas par la seule préfabrication. Elle suppose un basculement d'une démarche « bâtiment à l'affaire » vers une démarche « produit », où l'équipe de conception assemble un ensemble bâti à partir d'objets manufacturés définis et stabilisés, en mobilisant le DfMA (Design for Manufacture & Assembly, et au besoin DfMAD) et des flux de production robustes.

Dans ce cadre, la préfabrication améliore typiquement le délai et la qualité, mais l'amélioration structurelle du prix n'apparaît que lorsque l'on industrialise réellement, c'est-à-dire lorsque la répétition, le volume, la standardisation et l'amélioration continue (Lean) deviennent le cœur du système.

L'effet d'apprentissage est alors central. Les premières unités produites concentrent les aléas (nouveaux modes d'assemblage, nouveaux détails, nouvelles interfaces, appropriation outillage et méthodes), et il est normal d'observer des temps de production très supérieurs à l'objectif. Sur des modules 3D « boîtes vides », on constate un apprentissage moyen d'environ 11 modules, avec des aléas pouvant atteindre 500 % au tout début avant convergence progressive vers l'objectif.

Sur des modules 3D finis tous corps d'état, l'apprentissage est plus long (environ 14 modules), et l'instabilité initiale peut être encore plus marquée (aléas annoncés 600 à 700 %), car les modifications de lots techniques, les détails de SDB, les processus de finition et la coordination multi-métiers accroissent la sensibilité du flux.

En comparaison, des systèmes 2D simples présentent une courbe plus courte (démarrage autour de 150 % du temps cible et stabilisation rapide), ce qui illustre un principe opérationnel utile pour la Grande Région : plus l'intégration (3D TCE, pods très équipés) est élevée, plus il faut sécuriser le démarrage industriel et absorber une phase d'apprentissage significative avant d'attendre une performance économique récurrente.

La massification est l'autre moteur, car elle convertit l'apprentissage en avantage compétitif durable. Une commande régulière et répétitive permet d'ancrer les standards, de réduire le nombre de variantes (donc les changements de série), d'augmenter la cadence et de lisser les charges.

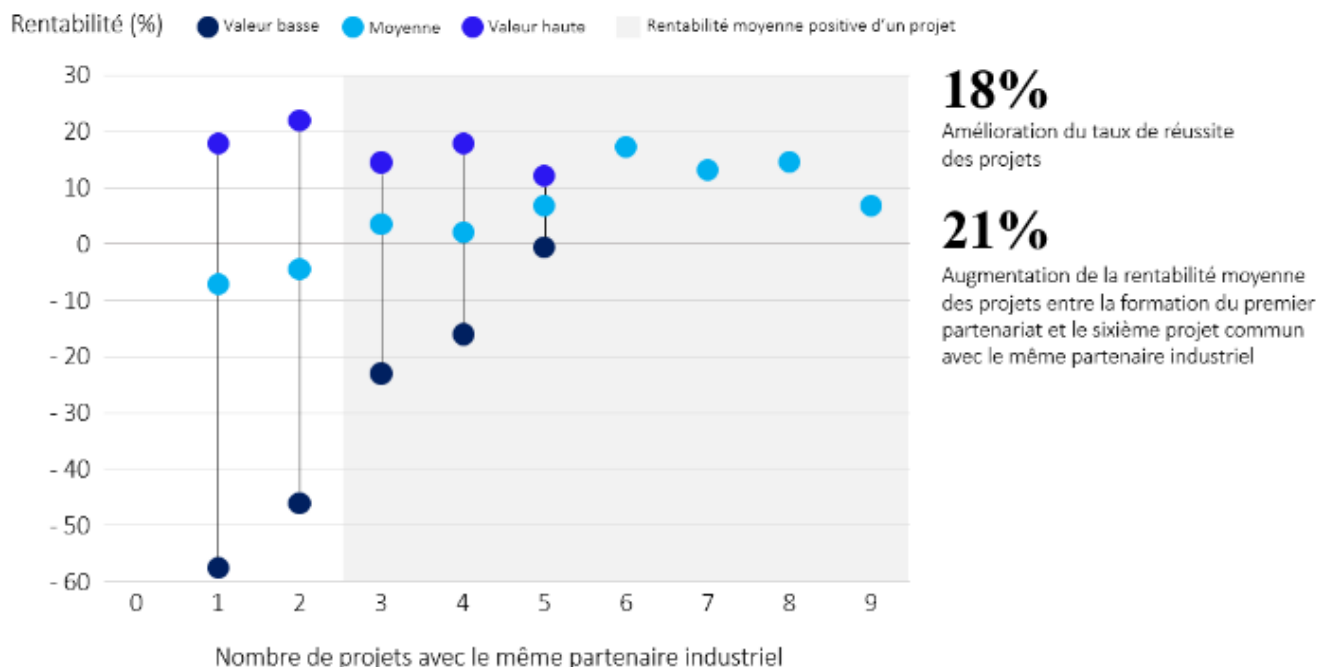
Pour planifier et rentabiliser leurs investissements, les industriels ont besoin de prévisionnels de commandes fermes et planifiés côté client, ainsi que de partenariats fournisseurs en amont pour accompagner la montée en charge.

À l'échelle d'une filière, cela se traduit par des pipelines pluriannuels (idéalement 3 ans), des accords-cadres et des portefeuilles d'opérations fondés sur des "gammes" reproductibles, plutôt que des prototypes successifs. La massification produit aussi des effets d'échelle sur les achats (quantités, sécurisation des prix, réduction des coûts logistiques), sur l'outillage (amortissement) et sur la qualité (réduction des reprises), car le passage à une organisation collaborative "type industrie" vise à faire chuter la non-qualité (ordre de grandeur "construction > 10 %" versus "industrie < 1 %", ce qui illustre l'enjeu du pilotage par processus et contrôles standardisés).

L'économie de série hors-site repose sur un enchaînement logique : accepter une phase d'apprentissage mesurable au démarrage, accélérer la convergence par la standardisation (réduction

des typologies, design freeze plus amont, choix industriel plus tôt), puis transformer cette convergence en gains récurrents par la massification de la commande et l'alignement de la supply chain.

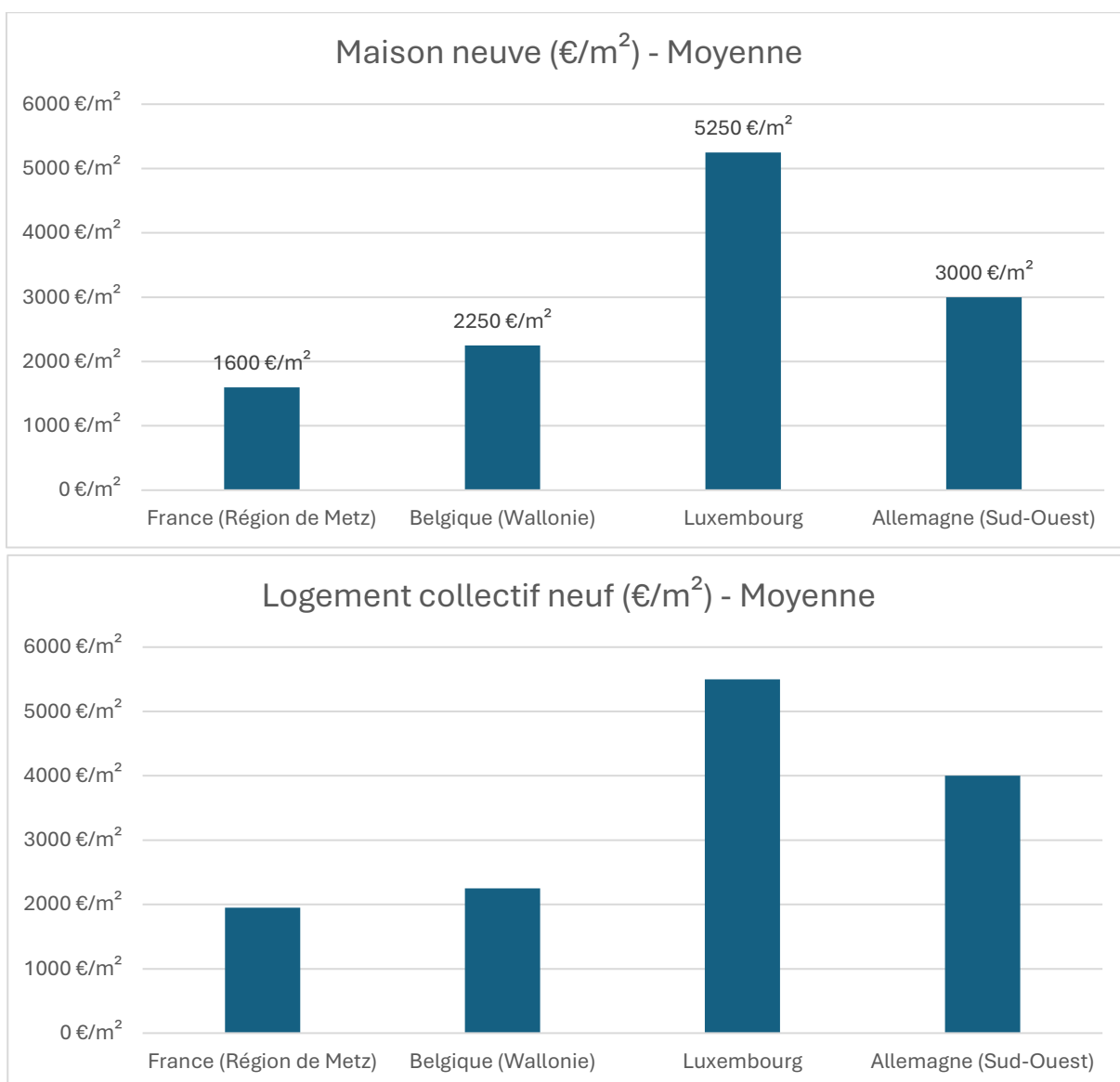
### Rentabilité des projets, par nombre de projets avec le même partenaire industriel



Source : Analysis of 70+ modular construction projects completed by North American modular construction company - McKinsey & Company

## 8.2. Indicateurs de coûts

Pays / Région	Coût indicative maison neuve	Coût logement collectif neuf	Remarques
France (Région de Metz)	1 400–1 800 €/m <sup>2</sup>	1 700–2 200 €/m <sup>2</sup>	Hors-site bois dans ces fourchettes ; gain sur délai plus que sur coût.
Belgique (Wallonie)	2000 – 2500 €/m <sup>2</sup>	2 000–2 500 €/m <sup>2</sup>	Coûts plus bas qu'en Flandre et Bruxelles.
Luxembourg	4000 – 6500 € / m <sup>2</sup>	≈ 5 000–6 000 €/m <sup>2</sup> (coût construction estimé)	Prix de sortie > 10 000 €/m <sup>2</sup> → construction = ~60 %.
Allemagne du Sud-Ouest	2 500–3 500 €/m <sup>2</sup>	3 500–4 500 €/m <sup>2</sup>	Coûts élevés ; forte normalisation DIN ; hors-site compétitif en délai/qualité.



### 8.3. REX économiques – hors-site vs traditionnel

Le gain économique du hors-site ne peut pas être analysé uniquement à travers le prix des travaux. Il doit être lu à l'échelle du **coût global sur le cycle de vie** (TCO / LCC), qui comprend :

- Conception
- Production / fabrication
- Chantier
- Exploitation / maintenance
- Fin de vie
- Moins la valeur résiduelle éventuelle (si démontable / réutilisable)

#### 8.3.1. Conception : investir plus tôt pour sécuriser ensuite

Le hors-site déplace l'effort vers l'amont.

Il implique :

- Choix précoce des systèmes,

- “design freeze” anticipé,
- Production de plans fabrication,
- Gestion rigoureuse des interfaces.

Cela peut générer un surcoût initial d'ingénierie. Mais ce déplacement réduit fortement :

- Les modifications tardives,
- Les non-conformités,
- Les reprises sur chantier.

Autrement dit, on investit plus tôt pour réduire l'aléa plus tard.

### 8.3.2. Fabrication : apprentissage et massification

Deux mécanismes industriels structurent l'économie du hors-site.

#### *a) La courbe d'apprentissage*

En 3D modulaire, les premiers modules peuvent consommer jusqu'à 5 fois le temps cible. Il faut souvent une dizaine de modules pour stabiliser la production.

Exemple observé :

- Objectif : 100 h / module
- 20 modules = 3 572 h cumulées
- Soit 1 572 h supplémentaires liées au démarrage

Ce “surcoût de lancement” se compense dès que la production se poursuit.

Les systèmes 2D simples stabilisent beaucoup plus vite.

#### *b) La massification*

La standardisation permet :

- Économies d'échelle,
- Baisse du coût unitaire,
- Stabilisation qualité.

Mais cela suppose :

- Volumes suffisants,
- Commandes planifiées,
- Visibilité industrielle.

Sans pipeline sécurisé, l'industrialisation reste fragile.

### 8.3.3. Chantier : le levier temps

Le principal gain économique sur chantier vient de la réduction de durée.

Ordre de grandeur (Luxinnovation) : → 20 à 50 % de réduction de durée.

Effets directs :

- Baisse des frais de structure mensuels,
- Réduction des coûts d'encadrement,
- Moins de location d'engins,
- Moins d'exposition aux aléas météo,
- Mise en service plus rapide (time-to-revenue).

Exemple illustratif : 8 semaines pour poser 8 étages en modules bois.

La logique change :

- Phase grue courte et très planifiée,
- Au lieu d'une production longue et dispersée sur site.

### 8.3.4. Exploitation et maintenance : un gain structurel

Les bénéfices sont moins visibles immédiatement, mais stratégiques.

Le hors-site permet :

- Meilleure qualité d'enveloppe,
- Réduction des consommations énergétiques,
- Diminution des défauts,
- Standardisation des pièces.

La maintenance devient :

- Plus prévisible,
- Plus rapide,
- Plus intégrée dès la conception.

Les trajectoires "smart manufacturing" et jumeau numérique renforcent :

- Suivi en temps réel,
- Maintenance prédictive,
- Optimisation énergétique.

### 8.3.5. Fin de vie : transformer un coût en valeur

Le hors-site ouvre un levier rarement exploité en construction traditionnelle.

Avec une conception DfMA intégrant le désassemblage (DfMAD) :

- Réduction du coût de démolition,
- Réemploi des modules,
- Relocalisation possible,
- Création d'une valeur résiduelle.

Exemples dans la Grande Région :

- Incubateurs modulaires démontables,

- Parkings démontables,
- Transferts d'usage plutôt que démolition.

La fin de vie devient potentiellement un transfert de valeur.

### 8.3.6. Lecture synthétique de l'équation économique

Le modèle hors-site repose sur :

- CAPEX études plus intense et plus précoce
- Coût fabrication décroissant avec apprentissage et volume
- OPEX chantier réduit par compression des délais
- OPEX exploitation optimisé par qualité reproductible
- Fin de vie potentiellement positive si démontable

Repères chiffrés disponibles :

- 20 à 50 % de réduction de durée,
- Jusqu'à 20 % d'économies dans certaines études,
- Effet très net de standardisation et d'économies d'échelle avec volume.

### 8.3.7. En résumé

Le hors-site ne promet pas toujours un coût travaux inférieur au premier projet. Il devient économiquement compétitif lorsque :

- Les volumes sont sécurisés,
- L'apprentissage est dépassé,
- La logique programme remplace la logique projet,
- Et le cycle de vie est intégré dans la décision.

C'est un modèle industriel, pas un simple changement de technique constructive.

## 8.4. Gains opérationnels visés

### 8.4.1. Réduction de la durée globale du projet

Pour le maître d'ouvrage, la construction hors-site **peut** permettre une réduction significative des délais de projet. La fabrication en usine, réalisée en parallèle des travaux préparatoires sur site, ouvre la possibilité d'une mise en service plus rapide du bâtiment donc un avantage stratégique pour des opérations de logements sociaux, de résidences gérées ou de logements d'urgence.

Cependant, cette réduction de délais n'est pas automatique. Dans la pratique, les résultats varient fortement d'une opération à l'autre. Les gains dépendent notamment :

- Du niveau réel de préfabrication,
- De la maturité des équipes et des industriels,
- De la qualité de la coordination en phase conception,
- De l'anticipation logistique,
- Et du volume (effet série).

Lorsqu'il est mal préparé, le hors-site peut même générer des retards liés à des ajustements en phase chantier ou à des interfaces mal maîtrisées.

Ainsi, le principal levier temporel du hors-site ne réside pas uniquement dans la rapidité de pose, mais dans la **planification fine et la désynchronisation maîtrisée entre production en usine et chantier**.

Autrement dit : le potentiel de réduction des délais est réel, mais il repose sur un changement organisationnel plus que sur la seule technologie.

La maîtrise d'ouvrage bénéficie d'une planification plus précise, d'une réduction des risques liés aux retards et d'une meilleure visibilité sur les coûts globaux du projet. Cela facilite la gestion financière et la prise de décision.

La réduction de délai de construction mais également la réduction de bruits, de poussières et du nombre de véhicules contribuent à minimiser les perturbations pour les communautés locales, ce qui favorise une meilleure acceptation des projets de construction dans les zones urbaines.

**La construction hors-site peut permettre également une réduction des temps de conception.**

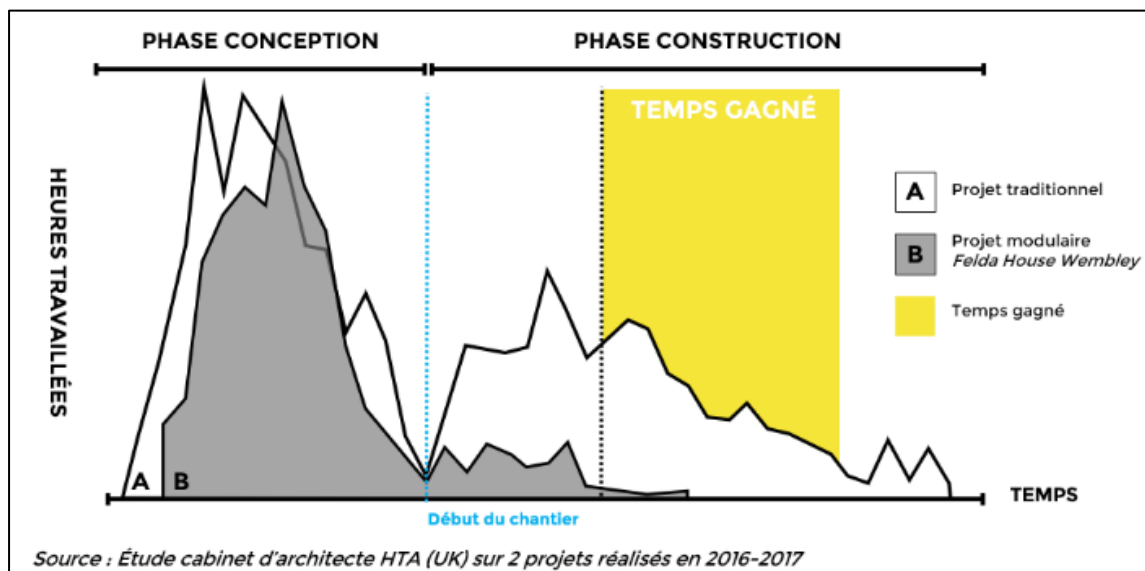


Figure 10 Étude HTA sur les gains de temps liés à la construction hors-site

Des études britanniques menées par le cabinet d'architectes HTA ont mis en évidence un gain de productivité significatif en phase conception lors de l'utilisation de composants hors-site. Sur deux opérations comparables (traditionnelle et modulaire), une réduction d'environ 50 % des heures consacrées à la conception a été observée.

Ce résultat doit toutefois être interprété avec prudence. Le gain ne résulte pas d'une simplification du travail de conception, mais d'un changement de logique :

- Recours à des systèmes préconçus et catalogués,
- Standardisation des détails techniques,
- Réduction des variantes en cours de projet,
- Limitation des ajustements tardifs en phase chantier.

Le hors-site tend ainsi à déplacer l'effort vers l'amont, avec des décisions plus précoces et un "design freeze" anticipé. Ce déplacement réduit les itérations ultérieures, mais suppose une organisation maîtrisée et une forte coordination entre conception et fabrication.

À ce jour, peu d'études françaises publiées documentent de manière aussi détaillée l'impact du hors-site en phase conception. Les retours d'expérience disponibles restent hétérogènes selon les filières, les types de programmes et les cadres contractuels. Une consolidation de données nationales serait donc utile afin d'objectiver plus finement ces effets dans le contexte réglementaire et opérationnel français.

À l'échelle européenne, un rapport du High Level Construction Forum indique que l'industrialisation hors-site peut réduire de 20 % à 60 % les temps de chantier.<sup>24</sup>

On peut également mettre cette étude en parallèle avec les travaux de McLeamy sur l'impact des modifications de la conception au fur et à mesure du projet, souvent cité lorsque l'on parle de processus BIM mais applicable à la construction hors-site :

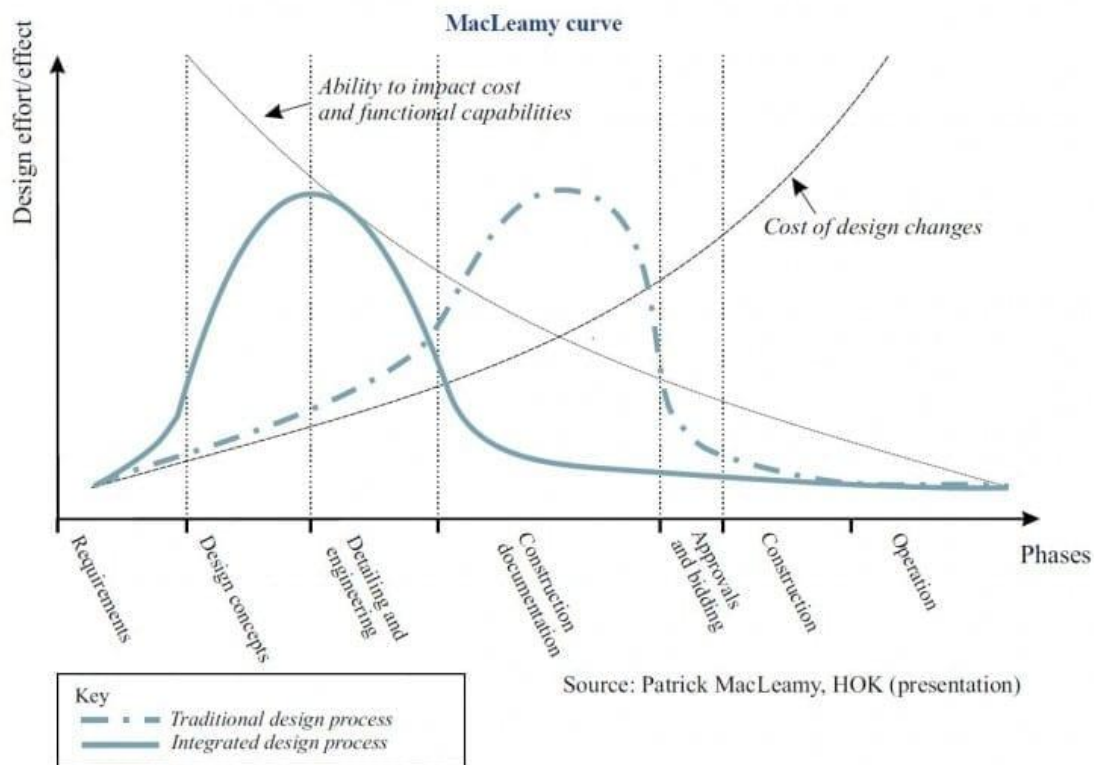


Figure 11 Impact des changements de conception en fonction de la temporalité - McLeamy

Finalement, dans la lignée du concept de Cost of Poor Quality (COPQ) associées aux pratiques Lean et de gestion de la qualité omniprésentes dans la construction hors-site, on peut citer le principe des **1, 10, 100, 1000** qui illustre à quel point les coûts d'un problème ou d'une modification s'envolent lorsqu'on le découvre tard dans le projet :

- 1 € en phase de programmation et de caractérisation du projet : mon programme, mon adaptation à mon foncier sont bien définis pour faire du hors-site, mes besoins et cas d'usages sont bien définis. C'est généralement le coût d'une phrase ou d'un échange rapide entre les décideurs.
- 10 € en phase conception : le coup de crayon de l'architecte ou le choix d'un appareil X ou Y, adapté à l'usage...
- 100 € en phase chantier : démolir une dalle, ralentir la livraison d'un élément hors-site pour des réservations non anticipées...

<sup>24</sup> Research Note on Offsite Construction - Arnau Luke Dedeu Dunton, Ina Martin, Michele Delera, and Michael Flickenschild. December – 2024 - Technical Secretariat of the High Level Construction Forum (HLCF)

- 1000 € en phase d'exploitation : une fois le bâtiment mis en service, le coût de la modification en SAV représente parfois bien plus.

Cette logique rappelle que chaque correction reportée entraîne une multiplication des efforts et des dépenses. En capital Project, investir dès le départ dans la planification, les prototypes, l'industrialisation et la coordination (notamment hors-site) permet de rester au niveau 1 de l'échelle (1 €), plutôt que de se trouver contraint de supporter un 10, 100 ou 1000 qui grèverait le budget, le calendrier et la valeur finale de l'investissement.

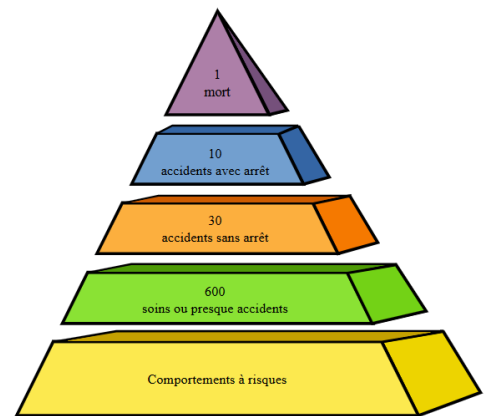


Figure 12 Pyramide de Bird - gestion des risques

### 8.4.2. Amélioration de la qualité

L'industrialisation du processus constructif se traduit par une qualité accrue des ouvrages livrés. En usine, le contrôle qualité est systématisé à chaque étape, ce qui réduit significativement les malfaçons et les non-conformités constatées en fin de chantier.

La livraison « zéro réserve », autrefois exceptionnelle, tend à devenir un standard avec le hors-site et témoigne de la fiabilité du processus industrialisé. Les composants préfabriqués bénéficient de conditions de fabrication optimales (environnement sec, gabarits, outillages spécialisés), certes atteignable par une approche conventionnelle in situ, mais plus que probablement à des coûts supérieurs.

Les maîtres d'ouvrage anticipent<sup>25</sup> ainsi une diminution notable des travaux de reprise et des délais de levée de réserves, ce qui accélérerait la réception des ouvrages.

Au-delà de la phase de livraison, la qualité intrinsèque des éléments hors-site assure une performance durable du bâtiment. L'étanchéité à l'air, l'isolation thermique et la finition sont mieux maîtrisées, contribuant à atteindre les objectifs de performance énergétique fixés par le programme.

Enfin, du point de vue du maître d'ouvrage, la réduction des malfaçons et la reproductibilité des procédés diminuent les coûts cachés liés à la non-qualité (retouches, contentieux, maintenance précoce), améliorant in fine la rentabilité en coût global.

### 8.4.3. Transfert des heures de travaux sur chantier en heures de travaux dans un atelier de production

La construction hors-site permet de transférer une part notable des activités traditionnellement réalisées sur chantier vers des ateliers de production contrôlés.

Cette organisation réduit non seulement les heures de travail sur chantier, mais améliore aussi les conditions de travail en usine : absence de déplacements lourds, travail en condition stable, réduction de l'exposition aux intempéries (travail à l'abri en hiver) et diminution des nuisances logistiques ou environnementales pour les salariés.

<sup>25</sup> Observatoire hors-site, groupe Polylogis

Par ailleurs, ce mode constructif favorise une plus grande mixité : le travail en atelier devient moins dépendant de tâches physiques lourdes ou exposées, ce qui facilite l'accès des femmes à des emplois qualifiés dans l'industrialisation du bâtiment. Une meilleure ergonomie des postes de travail, rendue possible par le travail en atelier, est également un facteur important de l'augmentation de la mixité.

L'usine hors-site présente un environnement plus sécurisé, rationalisé et plus compatible avec la diversité, et bien que les femmes représentent seulement ~13 % de la main-d'œuvre du secteur de la construction en France, elles comptent pour ~30 % dans les activités industrielles.

Pour un maître d'ouvrage, cette reconfiguration se traduit par une meilleure sécurité, une moins grande variabilité des conditions de travail et un accès élargi à un vivier de compétences diversifié, tout en stimulant l'économie locale via le développement d'ateliers de production spécialisés.

#### 8.4.4. Réponse aux enjeux de décarbonation

La construction hors-site s'inscrit pleinement dans les objectifs de réduction d'impact environnemental des maîtres d'ouvrage publics. D'une part, le bilan carbone des projets est allégé grâce à une diminution des transports et des déchets.

La préfabrication regroupe la production sur un même site, ce qui réduit drastiquement le nombre de livraisons et les rotations de camions vers le chantier : jusqu'à 75% de trajets en moins dans certains projets pionniers. Moins d'engins et de transports, c'est également moins de nuisances sonores et moins d'émissions polluantes locales, contribuant à une meilleure acceptabilité des chantiers par les riverains.

D'autre part, le taux de déchets générés est inférieur aux pratiques classiques : les usines optimisent l'utilisation des matériaux (découpes rationalisées, recyclage des chutes) et limitent le gaspillage. Il est estimé que la généralisation des méthodes hors-site permet de baisser de 10 à 15% les déchets de construction émis pendant la phase de production, tout en facilitant le réemploi ou le recyclage des composants en fin de vie.

Par ailleurs, le hors-site facilite la mixité des matériaux dont l'emploi de matériaux bas-carbone et biosourcés.

Au Royaume-Uni, deux projets pilotes ont ainsi démontré que des immeubles réalisés en modules 3D pouvaient afficher 45% de carbone incorporé en moins par rapport à une construction traditionnelle équivalente<sup>26</sup>. Le hors-site se révèle donc un levier pour atteindre les exigences des nouvelles réglementations environnementales.

### 8.5. Logistique et transport

La performance globale d'une opération hors-site dépend directement de la logistique d'acheminement et d'assemblage. La maîtrise et l'anticipation de ces flux constitue un facteur critique de succès : elle relie l'efficacité industrielle de la production à la faisabilité technique du chantier.

#### 8.5.1. Logique de flux et organisation des interfaces

Les composants, panneaux ou modules produits en usine suivent un flux cadencé et séquencé depuis la fabrication jusqu'à leur mise en œuvre sur site. Ce principe de *takt planning*, issu du Lean

<sup>26</sup> Ten Degrees towers in Croydon UK - Tide Construction & Vision Modular Systems

Manufacturing et adapté à la construction, vise à réduire les stocks intermédiaires et à coordonner les rythmes de production et de pose. Dans un projet hors-site bien planifié :

- La production est lancée en usine ;
- Le transport est calé selon le rythme de montage (livraison « juste-à-temps ») ;
- Les équipes de chantier réalisent uniquement les assemblages, raccordements et contrôles.

Cette synchronisation réduit la durée d'immobilisation du chantier et permet d'utiliser des zones de stockage très limitées.

### 8.5.2. Distances et rayons d'approvisionnement

Plus la part d'industrialisation est élevée, plus la logistique doit être anticipée et localisée.

- Pour les modules volumétriques 3D, le rayon logistique optimal se situe entre 150 et 300 km ; au-delà, le coût et l'impact carbone du transport annulent une partie des gains environnementaux.
- Pour les panneaux 2D (façades, planchers, toitures), un rayon de 300 à 400 km reste acceptable, à condition d'organiser des convois groupés et d'optimiser le taux de chargement.
- Pour les éléments structurels lourds (prémurs, prédalles béton), le rayon moyen recommandé est inférieur à 100 km, afin d'éviter les surcoûts de transport et les nuisances locales.

Ces distances doivent être intégrées dès la phase de programmation du projet dans l'étude de faisabilité hors-site, afin de vérifier la compatibilité des sites industriels disponibles et de planifier les itinéraires d'acheminement.

### 8.5.3. Coordination transfrontalière

La Grande Région, à cheval sur quatre territoires nationaux, offre l'opportunité de construire une filière hors-site mutualisée, mais pose aussi le défi d'harmoniser les pratiques de transport.

Pour qu'un mur préfabriqué réalisé en Wallonie puisse être livré sans encombre sur un chantier au Luxembourg ou en Lorraine, plusieurs conditions doivent être réunies.

- L'alignement des normes et gabarits de transport : il faut s'assurer que les dimensions des camions et remorques utilisés (hauteur, largeur des convois exceptionnels, poids par essieu) soient compatibles avec les réglementations de chaque pays traversé.
- La simplification des procédures administratives transfrontalières : obtention des autorisations de transport exceptionnel valables d'un État à l'autre, coordination des escortes si nécessaire, etc.
- La création de plateformes logistiques bi- ou tri-nationales dans la Grande Région pourrait offrir un terrain neutre où consolider les éléments provenant de différents pays avant leur distribution finale.

## 9. Recommandations opérationnelles

### 9.1. Complémentarité entre neuf et réhabilitation

#### *Établir un référentiel commun et des objectifs partagés*

Les maîtres d'ouvrage publics de la Grande Région pourraient formaliser un référentiel transfrontalier définissant le vocabulaire, les niveaux d'ambition et les indicateurs de suivi du hors-site.

Un tel document, coconstruit entre acteurs français, luxembourgeois, belges et allemands, poserait un cadre commun (pourcentage minimal de préfabrication dans les projets publics, exigences environnementales renforcées, proximité géographique des usines, etc.).

Il permettrait d'aligner les visions et de fédérer la demande autour d'objectifs chiffrés, donnant un signal clair au marché. Par exemple, les partenaires pourraient se fixer une cible régionale (ex : 25% des rénovations énergétiques lourdes réalisées hors-site à l'horizon 2030), en cohérence avec les plans climat nationaux.

Cette harmonisation faciliterait en outre la reconnaissance mutuelle des solutions techniques (ATEX, agréments) entre pays, en tendant vers des normes convergentes.

#### *Lancer des marchés pilotes groupés et innovants*

La mutualisation de la commande publique est un levier puissant pour amorcer la massification. Il est recommandé d'initier, à l'échelle Grande Région, des appels d'offres pilotes regroupés portant sur des opérations exemplaires en hors-site.

Par exemple, un groupe de bailleurs sociaux de Lorraine, du Luxembourg et de Wallonie pourrait lancer conjointement un marché de construction de plusieurs ensembles de logements neufs hors-site, afin d'atteindre une taille critique séduisante pour les industriels. De même, des collectivités pourraient se coordonner pour un appel d'offres commun de rénovation énergétique de 500 logements répartis dans les trois pays, en lots hors-site.

Ces démarches de groupement de commande permettraient d'agréger la demande et d'obtenir des coûts optimisés, tout en forçant les acteurs à coopérer au-delà des frontières. Les retours d'expérience seraient partagés au sein d'un réseau inter-MOA, afin de faire monter en compétence l'ensemble des maîtres d'ouvrage sur la passation de tels marchés innovants.

Par ailleurs, ces projets pilotes transfrontaliers pourraient bénéficier de financements Interreg ou de banques publiques (BEI, KfW, Banque des Territoires), ce qui réduirait le risque financier et montrerait l'exemple.

#### *Convergence des méthodes DfMA et du BIM*

Il est crucial de promouvoir une convergence des pratiques BIM dans la Grande Région, autour de standards ouverts et d'objets numériques compatibles. Concrètement, cela signifie développer des bibliothèques numériques régionales de composants hors-site, intégrant les catalogues de fabricants de chaque pays, utilisables par tous les concepteurs via des formats BIM interopérables.

Une charte BIM transfrontalière pourrait être élaborée, préconisant l'usage d'outils collaboratifs communs et l'échange systématique des maquettes numériques entre maîtrise d'œuvre, entreprises et usines.

L'approche Design for Manufacturing and Assembly doit également être diffusée largement auprès des maîtrises d'œuvre et bureaux d'études de la région. Des actions de formation conjointes (workshops Grande Région DfMA/BIM) pourraient être mises en place pour partager les bonnes pratiques de conception intégrée, où l'on anticipe dès l'esquisse les contraintes de fabrication et de montage.

Cette convergence numérique facilitera la coopération entre équipes pluridisciplinaires réparties sur plusieurs pays, et surtout garantira que les maquettes numériques des projets alimentent directement les processus industriels (fabrication assistée par ordinateur, découpe CNC, etc.), sans rupture de chaîne d'information.

À terme, on peut imaginer une plateforme digitale régionale où sont référencés les systèmes hors-site disponibles, avec leurs spécifications techniques et environnementales, offrant aux concepteurs un éventail de solutions « prêtes à fabriquer » pour leurs projets.

### ***Structuration d'une supply chain régionale et ancrage industriel local***

Pour que la filière hors-site atteigne sa masse critique, il faut articuler la complémentarité des territoires.

Chacun peut apporter ses atouts industriels spécifiques : la Wallonie dispose d'entreprises maîtrisant la construction bois et métallique, le Grand-Duché de Luxembourg d'une capacité d'investissement et de projets haut de gamme, la Lorraine d'un réservoir de main d'œuvre et de foncier industriel disponible, l'Allemagne d'un savoir-faire technologique et de normes de qualité éprouvées.

En organisant la complémentarité industrielle plutôt que la concurrence, la Grande Région peut bâtir une chaîne de valeur complète. Par exemple, des panneaux préfabriqués réalisés en Wallonie avec du bois local pourraient équiper des chantiers au Luxembourg, tandis que des modules techniques conçus en Lorraine (issues de la R&D française sur les pods énergétiques) pourraient s'exporter vers la Sarre pour des rénovations de logements sociaux, chaque fois en franchissant la frontière toute proche.

Il s'agit d'impulser une logique de coopération : coopérer sur les standards, la R&D, la formation, tout en maintenant une saine émulation industrielle.

Concrètement, la création d'un cluster transfrontalier du hors-site – réunissant industriels, maîtres d'ouvrage, centres de recherche, pôles de compétitivité – faciliterait les échanges et projets communs.

Ce cluster pourrait dresser la cartographie des acteurs de la filière dans la Grande Région (usines de préfabrication, fournisseurs de matériaux biosourcés, logisticiens spécialisés, etc.) et identifier les maillons manquants à combler.

Par ailleurs, les pouvoirs publics ont intérêt à soutenir l'implantation de nouvelles unités de production stratégiques sur le territoire : par exemple, encourager l'implantation d'une usine de modules 3D en Moselle, ou le développement d'une ligne de façades 2D à haute performance en Rhénanie, via des aides à l'investissement et des garanties de volume.

Un tel ancrage local est crucial pour capter la valeur ajoutée au sein de la région (emploi, innovation) et réduire les distances de transport des éléments (ce qui rejoint les objectifs bas carbone évoqués en section 2.9).

Enfin, la mutualisation pourrait passer par la mise en place de centrales d'achat régionales dédiées au hors-site, permettant aux PME locales d'accéder plus facilement aux marchés massifiés en se regroupant, et en faisant jouer l'économie d'échelle sur les composants standard (commandes groupées de matériaux, etc.).

En résumé, les retours d'expérience nationaux convergent vers une idée forte : le hors-site doit passer d'innovations ponctuelles à un modèle structurant de la construction et de la rénovation. La Grande Région, par sa configuration transfrontalière, peut être le laboratoire de cette mutation à grande échelle.

En agrégeant les forces des différents territoires, en harmonisant les référentiels et en lançant des projets pilotes emblématiques, les maîtres d'ouvrage publics ont les moyens de faire changer d'échelle le hors-site.

Cela implique un changement de méthodes et de partenariats, mais à la clé se profilent des gains multiples : massification des rénovations énergétiques, réalisation accélérée des équipements publics et logements attendus par la population, baisse de l'empreinte carbone du secteur, et réindustrialisation locale porteuse d'emplois.

Il s'agit donc d'une stratégie territoriale intégrée, où la construction hors-site n'est plus une simple option innovante, mais bien une réponse opérationnelle et partagée aux défis communs de la Grande Région.

## 9.2. Autres pistes proposées

Plusieurs leviers peuvent être activés afin de lever les freins au déploiement du hors-site et d'en sécuriser la montée en puissance.

### 1. Construire une “zone harmonisée” au sens du Règlement (UE) 2024/3110

Le nouveau Règlement Produits de Construction ouvre une opportunité majeure pour la filière hors-site.

Des démarches conjointes entre industriels, pouvoirs publics et organismes producteurs de spécifications techniques pourraient permettre d'aboutir à l'adoption de spécifications techniques harmonisées applicables aux modules 3D, panneaux 2D ou façades industrialisées.

L'objectif serait de constituer une véritable “zone harmonisée” au sens du règlement, facilitant la reconnaissance transfrontalière de ces produits et leur circulation sur le marché intérieur, y compris dans les marchés publics et les dispositifs de subvention.

### 2. Généraliser le recours au critère du coût global

La directive 2014/24/UE (article 67, §2) permet aux acheteurs publics de fonder l'attribution sur le coût du cycle de vie et non uniquement sur le prix immédiat.

Encourager le recours à cette approche est stratégique pour la filière hors-site, dont les bénéfices se matérialisent souvent sur :

- La réduction des délais,
- La qualité d'exécution,
- La performance énergétique,
- La maintenance,
- La fin de vie et la démontabilité.

Une lecture strictement fondée sur le prix initial tend à neutraliser ces avantages.

### 3. Favoriser les contrats intégrés

Le recours à des formes contractuelles intégrées (marchés globaux en France, Design & Build dans d'autres États membres) apparaît plus compatible avec les logiques d'industrialisation.

L'expérience irlandaise en matière de Modern Methods of Construction (MMC) a montré que les opérations les plus abouties ont souvent été réalisées sous des schémas de type Design & Build, permettant une meilleure coordination entre conception, fabrication et mise en œuvre.

### 4. Explorer des critères spécifiques liés à la préfabrication

L'intégration de critères inspirés du Pre-Manufactured Value (PMV) britannique, déjà évoqué dans l'expérimentation MMC en Irlande, pourrait être étudiée.

Ce type d'indicateur permet de mesurer la part de valeur produite en amont (hors site) et d'encourager les solutions industrialisées, dès lors que la législation nationale autorise ce type de critère.

### 5. Diversifier les critères d'attribution

De manière plus générale, l'offre économiquement la plus avantageuse peut intégrer une pluralité de critères liés à l'objet du marché, tels que :

- Qualité environnementale des produits,
- Performance carbone,
- Durée des travaux,
- Réduction des nuisances,
- Modularité et évolutivité,
- Démontabilité et réemploi.

Une combinaison pertinente de ces critères peut créer un environnement favorable aux offres hors-site sans contrevenir au droit de la commande publique.

### 6. Simplifier les cahiers des charges techniques

Si la dynamique d'harmonisation engagée par le Règlement (UE) 2024/3110 aboutit à la définition de spécifications techniques harmonisées applicables au hors-site, les cahiers des charges techniques pourront intégrer ces références de manière plus simple et plus sécurisée juridiquement.

Cela facilitera l'expression explicite d'exigences favorables aux solutions industrialisées, tout en respectant les principes d'égalité d'accès à la commande publique.

## 10. Annexes techniques

### 10.1. Cartographie .kmz

L'ensemble de ces acteurs a été positionné dans une **cartographie géographique** type MyMaps (ANNEXE 1 à charger sur Google Earth – fichier .kmz), permettant :

- De visualiser la localisation des usines et sièges sociaux ;
- De filtrer par catégorie (1D/2D/3D/4D), par pays ou par matériau ;
- De repérer les corridors logistiques pertinents à l'échelle de la Grande Région ;
- D'identifier les zones de forte densité industrielle (clusters bois, béton, modulaire 3D).

Cet outil de cartographie constitue un support opérationnel pour :

- Le repérage de partenaires potentiels par les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre,
- L'organisation de visites d'usines et de chantiers,
- La sélection de sites industriels pour des coopérations ou des démonstrateurs futurs.

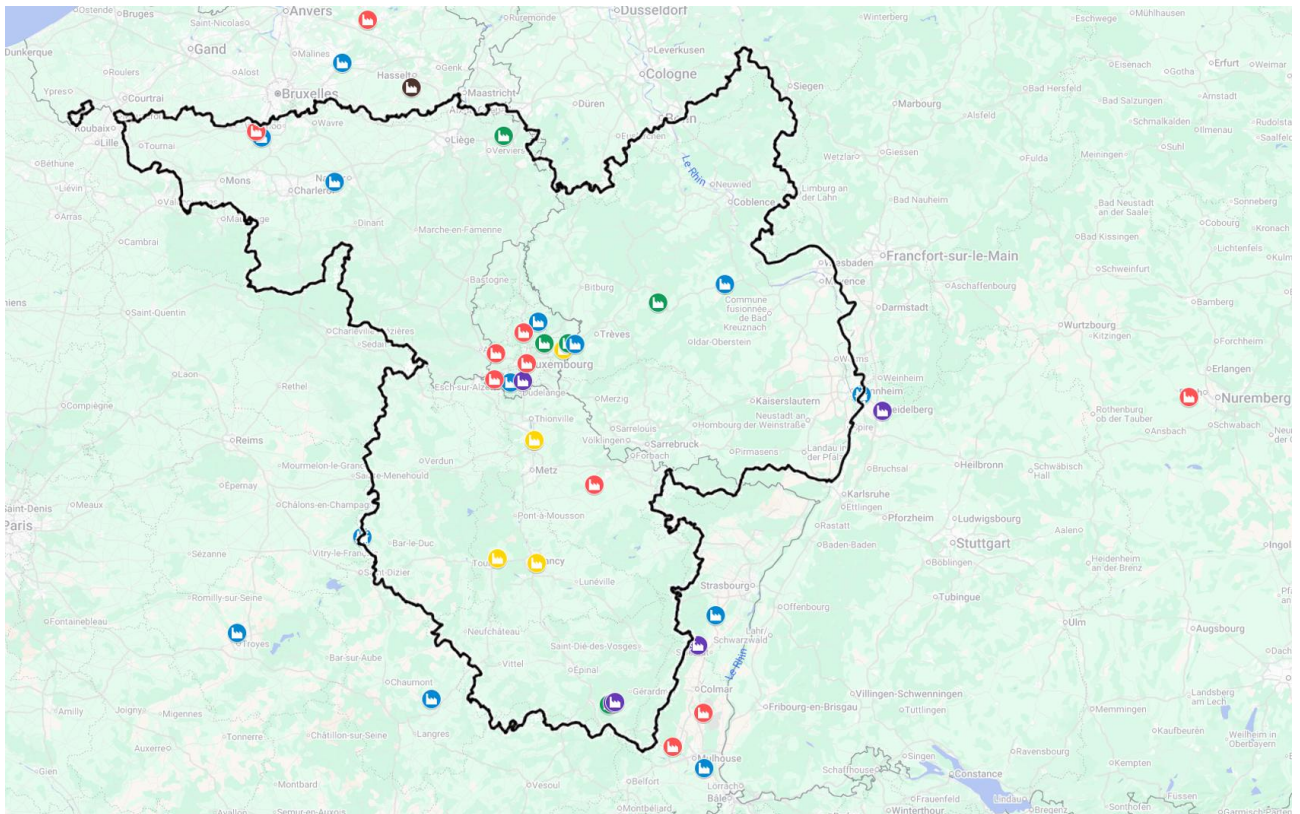


Figure 13 Cartographie des acteurs du hors-site dans la Grande Région

## 10.2. Glossaire

### A

#### **ACV – Analyse du Cycle de Vie**

Méthode normalisée d'évaluation environnementale mesurant les impacts d'un produit, composant, module ou bâtiment sur tout son cycle de vie.

#### **ACV bâtiment**

ACV appliquée à l'ouvrage complet, intégrant lots, systèmes techniques, scénarios d'usage et fin de vie.

#### **ACV produit**

ACV appliquée à un produit de construction, documentée via FDES (FR) ou EPD (international).

#### **Achat sériel**

Stratégie d'achat visant des commandes répétées de solutions standardisées sur plusieurs opérations pour créer volume, stabilité et apprentissage.

#### **Accord-cadre**

Dispositif contractuel permettant de sélectionner un ou plusieurs opérateurs pour des commandes ultérieures répétées.

#### **Accord-cadre multi-attributaire**

Accord-cadre avec plusieurs titulaires, mobilisables par marchés subséquents ou remises en concurrence, utile pour sécuriser l'offre et la résilience.

#### **Allotissement**

Division d'un marché en lots séparés. Peut freiner le hors-site quand il empêche l'intégration conception-fabrication-pose.

#### **Analyse de coût global**

Évaluation économique intégrant investissement, exploitation, maintenance, renouvellement, fin de vie et valeur résiduelle.

#### **Apprentissage industriel**

Amélioration progressive des temps, coûts et qualité à mesure que les volumes produits augmentent, via standardisation et stabilisation des processus.

#### **Assemblage sur site**

Montage final des éléments hors-site sur chantier, incluant levage, connexions, étanchéités, raccordements, contrôles.

#### **Assurance biennale**

Garantie couvrant les équipements dissociables sur deux ans (cadre FR, notions analogues ailleurs).

#### **Assurance contrôle**

Assurance de type luxembourgeois, souvent souscrite en pratique pour couvrir des désordres sur la durée post-réception (non systématiquement obligatoire).

### **Assurance dommages-ouvrage**

Assurance préfinançant les réparations relevant de la décennale (cadre FR).

### **Assurance décennale**

Responsabilité couvrant dix ans certains désordres affectant solidité ou destination, avec variations selon pays.

## **B**

### **BAMB – Buildings as Material Banks**

Programme européen ayant développé des approches de bâtiment réversible, passeports matériaux et connexions démontables.

### **BCF – BIM Collaboration Format**

Format d'échange de commentaires/incidents BIM entre acteurs, utile pour gérer non-conformités et interfaces.

### **BIM – Building Information Modeling**

Méthodologie de maquette numérique partagée intégrant données géométriques, techniques, environnementales et exploitation.

### **BIM industriel**

BIM orienté fabrication, incluant tolérances, séquences d'assemblage, données de production, contrôles FAT/SAT et traçabilité.

### **Boîte vide 3D**

Module volumétrique structurel avec intégration limitée, destiné à être équipé ensuite (niveau d'intégration plus faible que "3D TCE").

## **C**

### **Cadence**

Rythme de production en usine ou de pose sur site, piloté pour stabiliser coûts et qualité.

### **Cahier des charges d'objectifs**

Document exprimant performances attendues (délais, qualité, énergie, carbone, maintenance), plutôt que prescriptions détaillées.

### **Capitalisation**

Réutilisation des objets BIM, standards, détails, retours d'expérience, pour réduire re-ingénierie et accélérer le passage à l'échelle.

### **Catégorie 1D**

Éléments linéaires préfabriqués (poutres, poteaux, charpentes, menuiseries), souvent mono-matériau.

## **Catégorie 2D**

Éléments plans préfabriqués (murs, dalles, façades) pouvant intégrer plusieurs corps d'état.

## **Catégorie 3D**

Modules volumétriques structurels préfabriqués, parfois livrés quasi finis avec intégration élevée.

## **Catégorie 4**

Composants non structurels préfabriqués (pods SDB, gaines, sous-ensembles techniques).

## **CE – Marquage CE**

Marquage attestant conformité d'un produit de construction aux exigences applicables, associé à une DoP sous CPR.

## **Chaîne de valeur hors-site**

Ensemble conception DfMA, industrialisation, production, contrôles, logistique, pose, exploitation, fin de vie.

## **Changement de série**

Variation de produit (dimensions, options, interfaces) qui pénalise productivité, qualité et cadence industrielle.

## **CNC**

Usinage à commande numérique, typique des ateliers hors-site (découpe, perçage, fraisage) pour précision et répétabilité.

## **COBie**

Standard d'échange de données orienté exploitation/maintenance, utile pour transférer les informations "as-built" vers la gestion patrimoniale.

## **Composant manufacturé**

Élément fabriqué industriellement mais pas forcément standardisé, potentiellement sur mesure.

## **Composant préfabriqué**

Élément fabriqué hors chantier, livrable prêt à poser selon un niveau de finition défini.

## **Commissioning**

Processus de vérification/validation des performances des systèmes et de l'ouvrage, de la conception à l'exploitation.

## **Conception intégrée**

Organisation projet associant tôt MOA, MOE, industriels, assembleurs pour fiabiliser interfaces, planification et production.

## **Conception orientée produit**

Approche où la conception s'aligne sur une gamme de produits/modules (catalogue) plutôt que l'inverse.

## **Conception-réalisation**

Montage contractuel confiant conception et réalisation au même groupement, souvent plus compatible hors-site.

## **Conformité usine**

Vérification que les éléments produits respectent spécifications et tolérances avant expédition.

## **Contrat d'interface**

Ensemble de clauses définissant responsabilités, tolérances, points d'arrêt, essais et réception entre lots/acteurs.

## **Contrat intégré**

Montage contractuel favorisant l'alignement conception-fabrication-mise en œuvre (ex. design & build).

## **Coût du cycle de vie**

Coût global sur durée d'usage, incluant exploitation, maintenance, fin de vie, et parfois valeur résiduelle.

## **CPR – Construction Products Regulation**

Règlement européen encadrant mise sur le marché des produits de construction, marquage CE et DoP.

## **CPR révisé et zone harmonisée**

Évolution réglementaire renforçant exigences de durabilité/traçabilité et notion de "zone harmonisée" facilitant circulation transfrontalière des produits.

## **Critère d'attribution**

Critère utilisé pour choisir l'offre économiquement la plus avantageuse (délais, qualité, coût global, performances, etc.).

## **D**

### **Démonstrateur transfrontalier**

Projet pilote mené sur plusieurs pays/territoires pour tester standards, produits, assurance, commande et traçabilité.

### **Design freeze**

Gel de conception indispensable pour lancer fabrication et sécuriser approvisionnements et planning.

### **DfMA – Design for Manufacturing and Assembly**

Conception optimisée pour fabrication et assemblage, réduisant pièces, variantes, interfaces et gestes à risque.

### **DfMA-D**

DfMA intégrant démontage, réemploi, réparabilité et reconfiguration dès la conception.

## **DIN**

Système de normes allemandes, structurantes pour produits, interfaces et réception dans un cadre industriel.

## **DNSH – Do No Significant Harm**

Principe Taxonomie imposant de ne pas nuire de façon significative aux objectifs environnementaux.

## **DoP – Declaration of Performance**

Déclaration de performance associée au marquage CE pour un produit sous CPR.

## **DOE**

Dossier des ouvrages exécutés, incluant données as-built, notices, fiches produits, maintenance.

## **DPP – Digital Product Passport**

Passeport numérique produit visant traçabilité et information sur durabilité/réparabilité/circularité, en lien avec la trajectoire UE.

## **E**

### **Économie de série**

Baisse des coûts unitaires liée à répétition, standardisation, courbe d'apprentissage et achats massifiés.

### **Équipement dissociable**

Élément pouvant être retiré sans détériorer l'ouvrage (base de la biennale).

## **EPBD 2024**

Directive UE performance énergétique des bâtiments, renforçant exigences et trajectoires de rénovation.

## **Entreprise générale**

Organisation contractuelle où un acteur coordonne l'ensemble des travaux, plus fréquente dans certains pays et plus compatible avec intégration hors-site.

## **ETA – European Technical Assessment**

Évaluation technique européenne pour produits innovants non couverts par norme harmonisée, ouvrant marquage CE.

## **EOTA**

Organisation européenne des organismes d'évaluation technique, cadre des ETA.

## **F**

## **FAT – Factory Acceptance Test**

Essais et contrôles en usine avant expédition (qualité, conformité, documentation).

## **FDES**

Fiche de déclaration environnementale et sanitaire (France) utilisée pour calculs ACV.

## **Fiches numériques composant**

Données associées à chaque composant (lot, matériau, essais, performances, ACV), support de traçabilité.

## **Filière**

Écosystème d'acteurs (industriels, fournisseurs, ingénieries, assembleurs, MOA) structuré autour de standards et volumes.

## **Flux tiré**

Logique Lean où la production est déclenchée par la demande réelle, pour réduire stock et non-qualité.

## **G**

### **Gabarit transport**

Contraintes dimensionnelles et massiques liées au transport des panneaux/modules (routes, ponts, convois).

### **Garantie décennale**

Voir assurance décennale, avec fortes divergences transfrontalières selon droit applicable.

### **Garantie de défectuosité (Allemagne)**

Régime de garantie de l'ouvrage, généralement 5 ans, ramené à 4 ans sous VOB/B.

### **Giga-cluster**

Vision de cluster transfrontalier de production hors-site fondé sur marchés récurrents et mutualisation R&D.

### **GWB, VgV, VOB/B**

Cadre allemand (commande et contrats) mobilisable pour structurer marchés compatibles hors-site.

## **H**

### **Hors-site**

Mode constructif fondé sur préfabrication en usine/atelier et assemblage sur chantier, intégrant conception, logistique, contrôle qualité et démontabilité.

### **Hybride**

Projet combinant hors-site et méthodes traditionnelles, souvent pour gérer contraintes architecturales ou phasage.

## **I**

### **IFC – Industry Foundation Classes**

Format ouvert d'échange BIM, clé pour interopérabilité transfrontalière.

## **Industrialisation**

Passage de la préfabrication ponctuelle à un système stable fondé sur standardisation, cadence, Lean, contrôle qualité et volumes.

## **Industriel**

Acteur disposant d'outil de production mécanisé/automatisé, protocole qualité, traçabilité et capacité série.

## **Interface**

Zone de jonction entre composants/lot (structure, étanchéité, réseaux) déterminante pour qualité et responsabilité.

## **Interopérabilité**

Capacité des données, objets et référentiels à circuler entre logiciels, acteurs et pays sans perte.

## **J**

### **Just-in-time**

Stratégie logistique livrant au plus près du besoin, réduisant stocks et risques mais exigeant planning robuste.

## **L**

### **Lean**

Méthodes d'amélioration continue visant réduction des gaspillages, stabilisation des processus, baisse de non-qualité.

### **Levage**

Opérations de grutage/manutention des panneaux/modules, intégrées à la conception (points de levage, masses, stabilité).

### **Logistique d'approche**

Organisation des livraisons, zones de stockage, séquençement de pose et accès chantier pour éléments hors-site.

### **Lot technique**

Lot CVC, plomberie, électricité, etc., pouvant être partiellement ou fortement intégrés en usine dans modules/pods.

## **M**

### **Macro-lot**

Lot regroupant plusieurs corps d'état pour faciliter intégration, cohérence et responsabilité unique.

### **Maquette "as-built"**

Maquette BIM reflétant l'exécuté, enrichie des données produits et utile à l'exploitation.

## **Marché global**

Marché dérogatoire (FR) permettant intégration conception–réalisation et parfois performance, plus compatible hors-site.

## **Marché global de performance**

Marché intégrant objectifs de performance mesurables (énergie, exploitation, délais), compatible logique produit.

## **Massification**

Condition de viabilité économique du hors-site, via pipeline pluriannuel et répétitivité.

## **MMC – Modern Methods of Construction**

Terme anglophone regroupant méthodes industrialisées, dont hors-site, mobilisé dans des retours d'expérience internationaux.

## **Module**

Unité hors-site pouvant être 3D volumétrique ou sous-ensemble technique, fabriquée en environnement contrôlé.

## **Module 3D**

Volume autoportant préfabriqué (structure, enveloppe, parfois TCE) assemblé sur site.

## **Module 3D TCE**

Module 3D “tous corps d'état” fortement intégré (réseaux, finitions), exigeant design freeze strict et contrôle qualité renforcé.

## **Multi-matériaux**

Caractéristique du hors-site combinant bois, acier, béton bas carbone, biosourcés, nécessitant coordination inter-filières.

## **MVV TB**

Référentiel allemand (liste de prescriptions techniques), structurant l'acceptabilité et la conformité.

## **N**

## **Non-qualité**

Coût lié aux reprises, défauts, rebuts, non-conformités, généralement réduit par industrialisation et contrôle standardisé.

## **Nuisances chantier**

Bruit, poussière, occupation, risques, souvent réduits en hors-site par transfert d'activités en usine.

## **O**

## **OPR**

Opérations préalables à la réception, phase de vérification avant réception officielle.

## **Outillage**

Investissements industriels (gabarits, lignes, robots, bancs d'essai) amortissables par massification.

## **P**

### **Panneau 2D**

Élément plan préfabriqué intégrant structure, isolation, menuiseries, étanchéité et parfois équipements.

### **Passeport matériaux**

Fiche/identité des composants pour traçabilité et réemploi, concept renforcé par trajectoire UE.

### **PEB / performance énergétique**

Réglementations nationales/régionales sur énergie, où la préfabrication aide à atteindre continuité isolation et étanchéité.

### **Plan qualité**

Organisation des contrôles, points d'arrêt, essais, en usine et sur site, incluant documentation FAT/SAT.

### **PMV – Pre-Manufactured Value**

Indicateur mesurant la part de valeur produite hors chantier, utilisé comme levier d'achat/commande dans certains pays.

## **Pod**

Sous-ensemble technique préfabriqué (ex. salle de bain), livré prêt à raccorder, relevant souvent de la catégorie 4.

### **Procédure concurrentielle avec négociation**

Procédure de passation permettant d'échanger avec les candidats, utile pour marchés complexes et solutions industrialisées.

### **Produit de construction**

Élément mis sur le marché avec performances documentées et conformité réglementaire, potentiellement marquage CE via DoP sous CPR.

### **Produit standardisé**

Produit reproductible en série avec caractéristiques fixes, documentées, testées, intégrables dans divers projets.

### **Processus industriel**

Ensemble d'opérations mécanisées/automatisées en environnement contrôlé, avec contrôles qualité et répétabilité.

## **Q**

### **Qualité industrielle**

Qualité obtenue par processus maîtrisés, contrôles systématiques, traçabilité et amélioration continue.

### **QZEN**

Exigence “quasi zéro énergie” dans certains cadres nationaux/régionaux, pertinente pour bâtiments neufs.

## **R**

### **Réception**

Acte d'acceptation de l'ouvrage, déclenchant garanties et responsabilités post-réception.

### **Réemploi**

Réutilisation d'un composant ou produit avec transformation limitée, facilitée par conception démontable.

### **Répétitivité**

Caractéristique d'un portefeuille d'opérations permettant gamme, standardisation et baisse des variantes.

### **Responsabilité fabricant vs assembleur**

Question clé hors-site pour défauts, distinguant garantie “produit” et responsabilité “ouvrage” selon pays et contrats.

## **S**

### **SAT – Site Acceptance Test**

Essais/contrôles réalisés après pose sur site pour valider conformité, fonctionnement et performances.

### **Sérialisation**

Organisation en séries d'une gamme de solutions, réduisant coûts de conception et de production.

### **Sourcing industriel**

Étape de sélection/qualification des industriels, capacités, standards, compatibilités et garanties.

### **Spécification technique harmonisée**

Spécification européenne rendant un produit éligible à la “zone harmonisée” sous CPR, facilitant reconnaissance transfrontalière.

### **Standardisation**

Réduction des variantes par définition de dimensions, interfaces, options et performances communes.

## **Sur-mesure industrialisé**

Fabrication en usine de composants adaptés à un projet spécifique, sans être un produit standard, mais avec process industriel.

## **T**

### **TAB – Technical Assessment Body**

Organisme d'évaluation technique agréé délivrant des ETA, membre de l'EOTA.

### **Taxonomie européenne**

Système de classification des activités durables, structurant financement vert et critères DNSH.

### **Tolérance**

Écart admissible en dimensions/alignements, crucial pour interface panneau-panneau, module-module, module-structure.

### **Traçabilité**

Capacité à suivre origine, lots, essais, performances, maintenance et fin de vie d'un produit/composant.

### **Transport exceptionnel**

Transport nécessitant autorisations spécifiques (gabarit, poids), fréquent pour modules 3D selon dimensions.

## **U**

### **Usine / atelier**

Lieu de production contrôlé, avec moyens industriels, qualité standardisée, sécurité et traçabilité.

## **V**

### **Valeur résiduelle**

Valeur potentielle d'un composant/bâtiment en fin d'usage (réemploi, revente, reconfiguration), renforcée par démontabilité.

### **VOB/B**

Référentiel contractuel allemand pouvant réduire la durée de garantie à 4 ans et encadrer exigences qualité.

## **Z**

### **Zone harmonisée**

Périmètre CPR des produits couverts par spécifications techniques harmonisées, facilitant circulation sur le marché intérieur et reconnaissance dans marchés publics et incitations.

## 10.3. Liste de références

### Note n°1

**Ministère de la Transition écologique & ADEME (2023), AAP « Construction et rénovation hors-site (CRHOS) », France 2030 - Page 7**

Appel à projets national visant à soutenir l'industrialisation de la construction et de la rénovation, en particulier le recours au hors-site pour améliorer la qualité, réduire les délais et accélérer la décarbonation du secteur.

### Note n°2

**Filière Hors-Site France (2023), Référentiel de la construction hors-site et Charte des donneurs d'ordre - Page 7**

Document de référence définissant les typologies du hors-site, les principes industriels et les engagements attendus des maîtres d'ouvrage pour favoriser la massification.

### Note n°3

**SOCOTEC (2021), Livre blanc – Le hors-site : construire autrement maintenant - Page 10**

Analyse technique et assurantielle des solutions hors-site, mettant en évidence les enjeux de qualité, de contrôle, de responsabilité et d'acceptabilité réglementaire.

### Note n°4

**Exemples d'évaluations techniques pour le hors-site (AT et ETA) - Page 13**

Illustrations des dispositifs de validation réglementaire applicables aux modules 3D, systèmes bois préfabriqués et composants industrialisés, conditionnant leur mise sur le marché et leur assurabilité.

### Note n°5

**Sources : Energiesprong France, Action Logement, Banque des Territoires, LIFE GRF (2024–2025) - Page 18**

Retours d'expérience et données consolidées issues de programmes de rénovation énergétique industrialisée et de projets pilotes hors-site.

### Note n°6

**Baromètre annuel Hors-Site 2023 – BATIMAT, Campus Hors-Site, ACIM - Page 22**

Étude sectorielle mesurant la pénétration du hors-site en France, ses usages par typologie de bâtiment et le niveau de maturité de la filière.

### **Note n°7**

#### **Bundesverband Deutscher Fertigbau (BDF) - Page 22**

Organisation professionnelle allemande citée pour documenter le poids élevé de la préfabrication et de la construction industrialisée dans le logement individuel.

### **Note n°8**

#### **Mordor Intelligence (2025), Belgium Prefabricated Construction Market - Page 23**

Étude de marché utilisée pour caractériser la taille, la croissance et la structuration du marché belge de la préfabrication et du hors-site.

### **Note n°9**

#### **Hors GR = Hors Grande Région - Page 28**

Précision terminologique indiquant que certaines données ou analyses ne concernent pas le périmètre de la Grande Région.

### **Note n°10**

#### **Kitting - Page 29**

Principe industriel consistant à regrouper plusieurs produits ou composants en un kit unique, optimisé pour la logistique et la mise en œuvre sur chantier.

### **Note n°11**

#### **COB – Construction à Ossature Bois intégrant des éléments préfabriqués - Page 30**

Définition d'un mode constructif bois reposant sur la préfabrication de murs, planchers ou caissons en atelier.

### **Note n°12**

#### **EU BIM Task Group, Manuel pour l'introduction du BIM par le secteur public européen - Page 41**

Guide européen destiné aux pouvoirs publics pour structurer et généraliser l'usage du BIM dans les projets de construction.

### **Note n°13**

#### **Loi du 31 mai 2017 relative à l'assurance obligatoire de la responsabilité civile décennale (Belgique) - Page 50**

Cadre juridique belge définissant les obligations d'assurance décennale pour les acteurs de la construction, avec des implications spécifiques pour les solutions hors-site.

### **Note n°14**

#### **Research Note on Offsite Construction - Page 58**

Note de recherche analysant les enjeux économiques, industriels et réglementaires de la construction hors-site à l'échelle européenne.

### **Note n°15**

#### **Cour des comptes européenne – Tableau de bord, onglet « Competition indicators » - Page 58**

Indicateurs utilisés pour analyser les conditions de concurrence, de productivité et d'investissement dans le secteur de la construction.

### **Note n°16**

#### **Service public fédéral Économie – Agréation des entrepreneurs (Belgique) - Page 59**

Informations relatives au système belge d'agrégation des entreprises de construction, conditionnant l'accès aux marchés publics.

### **Note n°17**

#### **Research Note on Offsite Construction (décembre 2024) - Page 60**

Version actualisée d'une analyse européenne sur les dynamiques récentes du hors-site et de l'industrialisation du bâtiment.

### **Note n°18**

#### **PlanRadar – BIM adoption in Europe - Page 60**

Analyse comparative de l'adoption du BIM en Europe, utilisée pour illustrer les écarts de maturité numérique entre pays.

### **Note n°19**

#### **Intermodal freight transport – EU still far from getting freight off the road, Special Report 08/2023 - Page 61**

Rapport européen soulignant les limites actuelles du report modal du transport de marchandises, pertinent pour les enjeux logistiques du hors-site.

### **Note n°20**

#### **Research Note on Offsite Construction – Technical Secretariat of the High Level Construction Forum (HLCF) - Page 61**

Analyse institutionnelle européenne sur les leviers de compétitivité et d'industrialisation du secteur de la construction.

**Note n°21**

**European Construction Observatory (ECO), Country fact sheets and Analytical Report - Page 61**

Publications analysant les conditions d'investissement et de compétitivité du secteur de la construction par pays.

**Note n°22**

**Source interne Hors Site Conseil - Page 62**

Données et analyses internes mobilisées pour compléter les constats issus des sources publiques.

**Note n°23**

**Règlement (UE) 2024/3110 – Produits de construction (CPR révisé) - Page 64**

Nouveau cadre réglementaire européen sur la mise sur le marché des produits de construction, intégrant des exigences renforcées en matière de durabilité et de traçabilité.

**Note n°24**

**Research Note on Offsite Construction – Arnau Luke Dedeu Dunton et al., HLCF (2024) - Page 89**

Note de recherche approfondie sur les enjeux industriels, économiques et réglementaires du hors-site en Europe.

**Note n°25**

**Observatoire hors-site – Groupe Polylogis - Page 90**

Dispositif interne de suivi et d'analyse des opérations hors-site d'un bailleur social, utilisé comme outil de capitalisation et de pilotage.

**Note n°26**

**Ten Degrees Towers, Croydon (UK) – Tide Construction & Vision Modular Systems - Page 91**

Projet emblématique de tours résidentielles réalisées en modules 3D, cité comme référence internationale de construction modulaire de grande hauteur.