CD2e ACCÉLÉRATEUR DE L'ÉCO-TRANSITION

GUIDE À L'INTENTION DES MAÎTRES D'OUVRAGE

Questions à se poser avant de lancer une opération de rénovation avec solutions hors-site

Sommaire

Introduction 3

Le hors-site, notions clés 5

1. Définir les objectifs et les besoins du projet 10

1.1 Quels sont les objectifs spécifiques du projet de rénovation ? 11

1.2 Quel est le budget prévisionnel alloué au projet ? 16

1.3 Quel est le calendrier du projet ? 20

1.4 Quels sont les enjeux environnementaux et réglementaires à respecter ? 39

2. Évaluer la pertinence de la solution hors-site 46

2.1 Analyse des contraintes techniques et de faisabilité 48

2.2 Analyser les impacts financiers et les sources de financement 52

2.3 Sélectionner les partenaires et les prestataires 56

2.4 Gérer les risques et la conformité juridique 62

2.5 Évaluer les impacts sur l'exploitation du bâtiment 68

2.6 Mesurer les bénéfices à long terme 70

3. Conclusion 74

4. Annexes 81

4.1 Cadre réglementaire, normes et référentiels techniques 82

4.2 Ouvrages et publications scientifiques 83

4.3 Guides, rapports et documents institutionnels 83

4.4 Programmes nationaux et initiatives publiques 84

4.5 Études, observatoires et données sectorielles 84

4.6 Ressources audiovisuelles et diffusion 84

Introduction

Dans un contexte où la transition environnementale, la maîtrise des coûts et la réduction des délais deviennent des impératifs pour tous les acteurs de la construction, le « hors-site » s'impose de plus en plus comme une alternative incontournable. Le baromètre 2023 de la construction hors-site dresse un constat aussi clair qu'engageant : parmi les 1 100 professionnels interrogés (contre 400 en 2022), 44 % des répondants utilisent désormais cette méthode, contre 31 % l'année précédente. hors-site.com

Cette croissance va de pair avec une conviction forte des bénéfices :

→ **90 % des utilisateurs estiment que le hors-site permet de réduire les délais de construction sur site (vs 85 % en 2022)** hors-site.com

→ **81 % soulignent la réduction de l'impact environnemental** hors-site.com

→ **77 % mentionnent une meilleure maîtrise des coûts** hors-site.com

→ **75 % valorisent la qualité des constructions réalisées en hors-site** hors-site.com

→ **50 % de réduction des flux de gros œuvre sur chantier, et jusqu'à 95 % en phase modulaire, permettant de décongestionner les villes et de limiter les nuisances pour les riverains** hors-site.com

Autrement dit, ce n'est plus une option marginale : le hors-site s'affirme comme une réponse structurante aux défis de la filière bâtiment. C'est pourquoi il mérite d'être mis en avant - tant pour convaincre que pour inspirer la transformation de nos pratiques.

Missionné par la Région Hauts-de-France, dans le cadre de rev3, le CD2E est pilote de la dynamique hors-site sur le territoire et vous propose :

→ **Des ateliers sur la thématique afin d'informer et de sensibiliser les professionnels (de toute la chaîne de valeur) sur le sujet, ses tenants et ses aboutissants**

→ **Des animations et des conférences**

→ **Des visites de chantiers**

→ **L'appui à l'émergence de groupements d'entreprises, et le développement de solutions hors-site**

→ **Le déploiement des outils pour allier information, formation et communication sur le sujet du hors-site**

Objectifs du guide

Aider les maîtres d'ouvrage à structurer leur réflexion avant de se lancer dans un projet de rénovation intégrant des solutions hors-site.

Pour aller + loin ou pour poursuivre votre réflexion

Contactez le CD2e pour un projet en HDF :

Dorize REMY, Référente Hors-site
d.remy@CD2E.com
07 57 47 97 12

Ce guide se lit comme un outil d'aide à la décision, et non comme un mode d'emploi prescriptif. Il est conçu pour accompagner les maîtres d'ouvrage tout au long de leur réflexion sur l'opportunité d'intégrer - ou non - des solutions hors site dans un projet de rénovation. La lecture peut être linéaire ou ciblée, en fonction du degré de maturité du projet : les chemins de questionnement permettent de se situer, d'identifier les points de vigilance et de structurer la réflexion étape par étape.

Les éléments de contexte et de méthode apportent des repères pour approfondir les sujets clés, tandis que les encarts de témoignages donnent la parole aux acteurs de la filière (architectes, bureaux d'études, assureurs, poseurs, fournisseurs de solutions, maîtres d'ouvrage, etc.) afin d'éclairer concrètement chaque thématique par des retours d'expérience et des points de vue opérationnels.

Le hors-site, notions clés

Le **hors-site** est un modèle qui consiste à modéliser les éléments de structure, de façades et les équipements d'un bâtiment en BIM, avant de les fabriquer en usines, puis les acheminer sur le chantier pour les y assembler.

La construction Hors Site (ou « Offsite Construction ») est un procédé constructif basé sur la préfabrication avancée d'éléments en usine, qui sont ensuite livrés et assemblés sur le chantier. Cette approche permet de réduire les nuisances sur site, d'accélérer les délais de réalisation et d'améliorer la qualité des ouvrages.

Cette croissance va de pair avec une conviction forte des **bénéfices** !

Vocabulaire clé

Préfabrication
Fabrication en atelier d'éléments du bâtiment (murs, façades, modules) avant leur installation sur le chantier.

Module 3D
Éléments préfabriqués en trois dimensions, comprenant souvent les murs, les planchers et les équipements, prêts à être assemblés sur site.

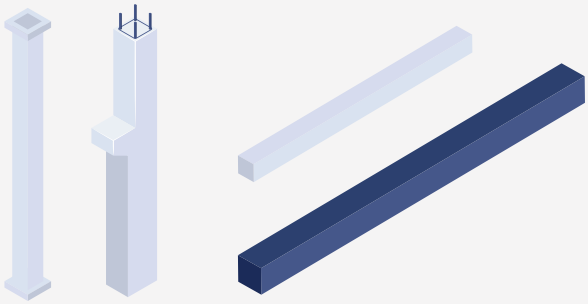
BIM (Building Information Modeling)
Modélisation numérique de l'information du bâtiment, utilisée pour concevoir, planifier et gérer les projets de construction.

Rétrofit
Processus de modernisation d'un bâtiment existant pour améliorer ses performances énergétiques et son confort.

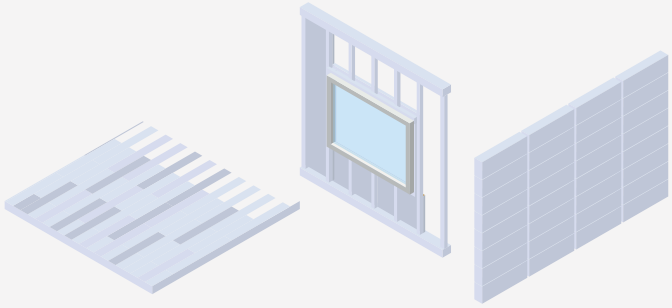
EnergieSprong
Programme d'envergure européenne visant à rénover massivement les logements en les transformant en bâtiments à énergie positive grâce notamment au hors-site.

Vocabulaire clé

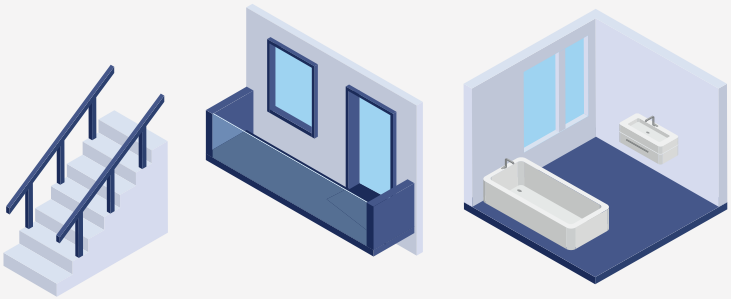
→ **Éléments 1D**
poteau, poutre



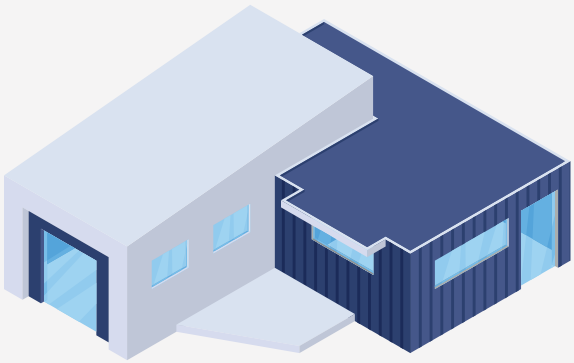
→ **Panneaux 2D**
murs, planchers, toitures, façades



→ **Composants 3D**
salle d'eau, balcons, escaliers,...



→ **Modules structurels 3D**
pouvant intégrer l'ensemble des corps d'état



Exemples en Hauts-de-France

La Région Hauts-de-France et l'ADEME soutiennent le développement d'une filière hors site régionale dédiée à la rénovation et à la construction.

Des projets emblématiques illustrent cette **dynamique** :

Maisons&Cites-Les Camus 2024-Bouygues Batiment Nord Est-Redcat Architecture-Blau-Nortec-Symoe-Must-© Anteale

→ **Rénovation de l'Ancien Bassin Minier, par Maisons et Cités**
Ce projet pilote a permis de rénover des logements sociaux en utilisant des solutions de kitting, réduisant ainsi les nuisances sur site et améliorant la performance énergétique des bâtiments et et permettant de traiter un grand nombre de logements, en un temps court et en site occupé. CD2e

École Godeau

→ **Rénovation EnergieSprong de l'école Anne Godeau à Raismes**
L'école a été rénovée en utilisant des éléments préfabriqués, permettant une réduction significative des délais de chantier et des perturbations pour les élèves et le personnel. Banque des Territoires

Ville de Lille-Groupes scolaires Salengro Brossolette-2025-DUJARDIN Bureau FaceB © ALTYN

→ **Rénovation EnergieSprong des écoles Salengro et Brossolette à Lille**
La rénovation de deux groupes scolaires à Lille a été réalisée en utilisant la méthode hors-site, dans le cadre du programme EnergieSprong, visant à améliorer la performance énergétique des bâtiments. altyn-groupe.com

*Pour consulter d'autres **Retours d'Expériences** inspirants, rendez-vous sur la page dédiée au **hors-site** sur le site internet du CD2e*

→ CD2e

PROJET

*Peut-on construire **hors site** ?*

- Est-ce une demande de l'aménageur ou de la collectvité ? → ✓ Projet hors site
- ✗ Le type de programme est-il compatible avec une approche hors site ? → ✓ Projet hors site
- ✗ Le contexte urbain / politique est-il compatible avec une approche hors site ? → ✓ Projet hors site
- ✗ Projet traditionnel

*Quelle approche pour le projet **hors site** ?*

- Le projet est-il de nature urgente ? ✓ — *Seul le modulaire permet de diviser par deux ou trois le temps de travaux*
- ✗ L'ouvrage est-il déplaçable ? ✓ — *Seul le modulaire permet le déplacement d'un bâtiment*
- ✗ Le projet est-il temporaire ? ✓ — *Seul le modulaire permet une réutilisation efficace du bâtiment en fin de vie*
- ✗ → **Modulaire 3D**

Le projet est-il compatible avec une approche modulaire ?

- *Le programme est-il compatible avec une approche modulaire (tramage structurel, hauteurs sous plafond, ...)* ✓
- *Le PLU est-il compatible ? (attiques en retrait, hauteurs d'étages, ...)* ✓
- *La densité urbaine permet-elle le modulaire ? (doublement des parois, escaliers plus grands, ...)* ✓
- *L'intégration urbaine permet-elle le recours au modulaire ? (tramage de façade, matéiruax, ...)* ✓
- ✗ → **Projet hybride**
- ✓ → **Modulaire ou hybride**

Schéma basé sur le Guide repère 153 édité par l'Union Sociale pour l'Habitat en juillet 2025

1

Définir les objectifs et les besoins du projet

1.

1

Définir les objectifs et les besoins du projet

→ Quels sont les objectifs spécifiques du projet de rénovation ?

Quels sont les objectifs spécifiques du projet de rénovation ?

Questions à se poser

Rénovation énergétique

→ Quels sont les objectifs précis de la rénovation énergétique (réduction de la consommation, performance thermique, respect de labels environnementaux) ?

→ Quels types de travaux sont envisagés : isolation, remplacement de systèmes de chauffage/climatisation,
mise en place de solutions renouvelables ?

→ Y a-t-il des contraintes liées à l'exploitation du bâtiment pendant les travaux ?

→ Quelles économies d'énergie et quel retour sur investissement sont attendus ?

Rénovation énergétique

→ Quels espaces ou fonctions du bâtiment doivent être repensés (redistribution des circulations, création de nouveaux volumes, fusion ou division de locaux) ?

→ Quelles contraintes techniques doivent être prises en compte (structure porteuse, fondations, fluides, installations techniques) ?

→ Quel impact sur l'exploitation pendant les travaux (fermeture partielle, relogement temporaire) ?

→ Quelles économies d'échelle ou gains fonctionnels sont attendus de cette restructuration ?

→ Quels sont les coûts estimés et le planning prévisionnel pour une intervention aussi lourde ?

→ Est-ce qu'il faut augmenter ou diminuer la surface ?

/ De combien de places supplémentaires a-t-on besoin et pour quel usage ?

/ Quels travaux sont nécessaires pour accueillir davantage de personnes (extension, réaménagement des espaces, équipements supplémentaires) ?

/ Quels impacts cette augmentation aura-t-elle sur la structure existante et sur le fonctionnement du bâtiment ?

/ Existe-t-il des contraintes réglementaires ou urbanistiques pour l'agrandissement ?

Questions à se poser

Réhabilitation d'un bâtiment patrimonial

→ Quels éléments historiques ou patrimoniaux doivent être préservés ou restaurés ?

→ Quelles techniques ou matériaux spécifiques sont nécessaires pour respecter l'authenticité du bâtiment ?

→ Quels compromis entre modernisation et conservation sont possibles ?

→ Quels experts ou autorisations sont requis pour intervenir sur un bâtiment classé ou protégé ?

Mise aux normes

→ Quelles normes spécifiques doivent être respectées (sécurité incendie, accessibilité PMR, réglementation électrique ou sanitaire) ?

→ Existe-t-il un diagnostic préalable permettant d'identifier toutes les non-conformités ?

→ Quel est le calendrier prévu pour la mise aux normes ?

→ Y a-t-il des risques ou des sanctions liés au non-respect de certaines normes ?

Règlements d'urbanisme

→ Le recours au hors-site est-il compatible avec les règles d'urbanisme applicables (PLU, gabarits, aspect extérieur, alignements, servitudes) et nécessite-t-il une autorisation spécifique (DP, permis de construire) ?

→ Les éléments préfabriqués ou ajoutés hors-site entraînent-ils une modification visible de la façade, de la volumétrie ou de l'emprise qui pourrait impacter la conformité au règlement d'urbanisme ou aux contraintes architecturales du secteur (ABF, zone protégée) ?

→ La préfabrication et l'installation sur site respectent-elles les contraintes techniques et réglementaires du site existant (accès, voirie, voisinage, sécurité, risques naturels ou industriels) ?

→ L'intégration de solutions hors-site génère-t-elle un impact sur l'environnement urbain ou les infrastructures existantes nécessitant une validation réglementaire (réseaux, stationnement, circulation, intégration paysagère) ?

→ Quelles sont les contraintes du site pour la livraison et la pose : végétation, réseau, tour d'échelle, zone de retournement, réseaux électriques aérien ?

Éléments à avoir en tête pour poursuivre la réflexion

Le recours à la construction hors-site en rénovation se révèle particulièrement pertinent pour répondre aux défis contemporains tels que la rénovation énergétique, la mise aux normes, l'augmentation de la capacité d'accueil ou encore la réhabilitation de patrimoines anciens, en particulier la patrimoine construit dans les années 1960 à 1980, souvent issu lui-même de process d'industrialisation.

→ D'abord, en matière de rénovation énergétique, le hors-site permet une grande efficacité grâce à l'industrialisation des composants : façades isolantes, modules de toiture ou équipements CVC peuvent être préfabriqués en usine avec des niveaux de performance thermique très élevés, réduisant les ponts thermiques et assurant une pose rapide, comme dans le cas de la démarche *EnergieSprong*. La qualité industrielle facilite le déploiement des solutions à hautes valeurs ajoutées.

→ Ensuite, pour la mise aux normes, notamment accessibilité ou sécurité incendie, le hors-site garantit une qualité d'exécution maîtrisée, les éléme nts étant conçus, testés et validés en amont. Concernant l'augmentation de la capacité d'accueil, la modularité des structures hors-site (jusqu'à des modules 6D tout équipés) permet d'ajouter facilement des unités, d'étendre un bâtiment ou de réorganiser les espaces intérieurs, tout en limitant les nuisances pour les usagers.

→ Enfin, la réhabilitation de patrimoine ancien bénéficie de la souplesse du hors-site : les éléments peuvent être conçus sur mesure pour s'intégrer dans des structures existantes sans altérer leur valeur patrimoniale. Par ailleurs, la rapidité d'intervention, le chantier propre, la réduction des déchets et la moindre mobilisation des corps de métiers sur site sont des atouts majeurs pour intervenir sur des bâtiments occupés ou sensibles, sans perturber leur fonctionnement quotidien.

En somme, le hors-site conjugue productivité, durabilité et adaptabilité, apportant une réponse systémique aux exigences techniques, environnementales et sociétales de la rénovation contemporaine.

INTERVIEW
d'Hors-site conseil
Pierric MARTIN,
Directeur Général Associé

En quoi le recours au hors-site est-il pertinent pour innover, et comment concilier innovation, contraintes techniques et contraintes financières afin d'identifier la bonne solution pour un projet ?

En tant qu'AMO, c'est bien souvent la première phase de notre accompagnement : quelles solutions techniques, pour quel gain et quel cout ? Le hors-site est un levier d'innovation structurée, fondée sur le DFMA et le BIM, et son usage doit être mesuré et utile face aux enjeux projets et maitrise d'ouvrage.

Il oblige à concevoir en amont des systèmes fabriqués en usine et assemblés rapidement sur site.

L'innovation porte autant sur les solutions techniques (modules, salles de bains préfabriquées, façades) que sur l'organisation des études et du chantier.

Pour rester pertinente, elle doit être systématiquement confrontée aux contraintes techniques et réglementaires du projet : Site occupé, accessibilité, délais, exigences ERP ou habitation orientent le niveau d'industrialisation atteignable. *En parallèle, le cadre financier fixe un plafond de coût et incite à raisonner en coût global plutôt qu'en seul prix au mètre carré. L'enjeu est de trouver le bon compromis entre degré d'industrialisation, maîtrise des risques et valeur créée pour le maître d'ouvrage.*

L'accompagnement consiste à comparer plusieurs scénarios (traditionnel, 2D, 3D, composants) avec une grille multicritères. ***On met en regard coût, planning, risques, performance environnementale et impact sur l'exploitation future.*** *Le recours au hors-site n'est retenu que lorsqu'il apporte un avantage démontré sur ces critères. Les retours d'expérience permettent d'identifier des solutions déjà éprouvées et des partenaires industriels adaptés. L'innovation devient alors un moyen concret de sécuriser le projet plutôt qu'une prise de risque supplémentaire.*

Nous avons ainsi pu, sur des projets neufs, préconiser des solutions hybrides 2D + Salle de bains hors-site plutôt que des solutions modulaires 3D, ces choix ont été dictés par la réglementation incendie, et il faut également l'admettre, à la maturité de la filière 3D qui reste en construction sur des projets complexes.

En rénovation, nous positionnons le hors-site sur des projets à fort enjeu relation locataire et lorsque les délais de traitement des dossiers deviennent prépondérants, pour autant, nous ne faisons que très rarement des dossiers avec des façades ou des blocs énergie à 100%, les ratios d'usage sont plutôt compris entre 60 à 80 % hors-site *et le reste est mis en oeuvre de manière traditionnelle. Ce ratio évolue également en fonction du planning global de l'opération et donc, des travaux intérieurs prévus.*

Quel est le budget prévisionnel alloué au projet ?

Questions à se poser

→ Quel est le budget à ajouter aux études amont (thermiques, structures, amiante, BIM, etc.) ?

→ Quels **investissements initiaux** devons-nous prévoir pour intégrer le hors-site dans notre projet (atelier, préfabrication, logistique, partenariats industriels) ?

→ Comment le hors-site s'intègre-t-il dans notre **plan de financement global** et quelles subventions ou aides sont mobilisables pour ce type de projet ?

→ Quel sera l'**impact sur notre budget global**, en tenant compte des coûts de conception, de modélisation BIM et de suivi spécifique à la préfabrication ?

→ Comment assurer une **cohérence entre nos objectifs de maîtrise d'ouvrage, l'ACG et la planification des travaux**, afin de limiter les risques financiers et techniques ?

→ Quels **gains tangibles** pouvons-nous espérer (réduction des délais, maîtrise des coûts, amélioration de la qualité) et comment les mesurer pour justifier l'investissement ?

→ Comment anticiper et gérer les **flux financiers pendant le chantier**, notamment les paiements aux fournisseurs et la logistique des modules préfabriqués ?

→ Quels sont les **scénarios de coûts entre modules standardisés et sur-mesure**, et comment choisir la solution la plus adaptée à notre projet ?

Éléments à avoir en tête pour poursuivre la réflexion

Le budget prévisionnel pour un projet de rénovation peut varier considérablement en fonction de plusieurs facteurs, tels que la taille du projet, la complexité des travaux, la nature des solutions hors-site utilisées, et les spécificités du site à rénover.

*Cependant, certains éléments permettent de donner une **idée générale des coûts**.*

→ Coût des solutions hors-site

Le prix des éléments préfabriqués ou modulaires est souvent plus élevé que celui des matériaux classiques en raison de la fabrication en usine, du transport et de l'assemblage. Les coûts peuvent varier de quelques centaines à plusieurs milliers d'euros par mètre carré, selon la technologie utilisée (par exemple, modules en béton, panneaux en bois, etc.).

→ Réduction des coûts de main-d'œuvre

Bien que les coûts des solutions préfabriquées puissent être plus élevés, la réduction des délais de chantier permet de réduire les coûts associés à la main-d'œuvre, à la gestion de chantier et aux équipements nécessaires sur site. Un chantier de rénovation hors-site peut être complété plus rapidement qu'une rénovation traditionnelle, ce qui limite les coûts indirects (par exemple, coûts de location de machines, frais généraux liés à l'occupation du site).

→ Coût de la préparation du site

Selon l'état initial du bâtiment existant, des travaux préparatoires peuvent être nécessaires pour adapter la structure aux solutions hors-site. Cela peut inclure la mise en conformité avec des normes de sécurité, l'adaptation des fondations, ou encore l'aménagement des accès pour le transport et l'assemblage des modules.

→ Coûts d'études et de gestion

Un projet de rénovation hors-site nécessite une phase de conception détaillée, comprenant des études techniques spécifiques pour s'assurer de la faisabilité du projet (analyse de la structure existante, dimensionnement des modules, etc.). Il faudra aussi prévoir un budget pour la gestion du projet, y compris le suivi et la coordination des différents prestataires.

VOE EHPAD de la Perriere HERIC-2024-Hedimag-ADEME-TE44-VOE

Coûts initiaux et gains à long terme

La mise en œuvre du **hors-site** en rénovation peut entraîner des coûts initiaux plus élevés que la construction traditionnelle, mais les gains réalisés en termes de délais, de qualité et d'efficacité peuvent compenser ces dépenses.

*Voici des **données chiffrées** et des sources pour étayer cette analyse :*

→ Coût initial supérieur

En moyenne, les projets de rénovation hors-site peuvent être entre **15 % et 30 % plus chers** que les projets traditionnels en raison des investissements nécessaires en préfabrication, logistique et outils numérique[1].

→ Échéancier financier à prévoir

La construction sur site va vite mais les frais sont engagés en amont. Une construction hors site nécessite : du travail de conception, une commande des matériaux pour alimenter l'usine, du travail en usine.

→ Économies à long terme

Une étude de Zen Modular indique qu'à opération équivalente (RE2028), la construction modulaire bois permet une économie moyenne de **3 % sur le coût total**, et jusqu'à **6 % dans les scénarios les plus favorables**. Batipresse

→ Réduction des coûts de construction

Une étude au Canada a montré que la conception des maisons en usine permet **une réduction de 18 % du coût de construction**. Hors Site

Évaluation budgétaire recommandée

Il est recommandé de traiter les aspects budgétaires du hors-site dans une phase distincte, associée à l'**Assistance à la Conception et à la Gestion (ACG)**, au financement et à l'analyse coût-bénéfice. Cette approche permet d'évaluer les avantages spécifiques pour chaque projet avant de finaliser le budget prévisionnel.

---

1. McKinsey - Modular construction: From projects to products (analyse sur primes initiales, coûts d'usine, économies potentielles, gains de délai). McKinsey & Company

ACE / Commission européenne - Market potential of offsite construction for housing supply (barrières, variabilité des économies, logistique et contraintes pour la rénovation). Architects' Council of Europe

Banque des Territoires - Guide : Développer la construction et la rénovation hors-site (France, 2024 - avantages et investissements à prévoir). Banque des Territoires

Revue / études académiques et cas : analyses montrant réductions de coûts/temps (ex. études signalant réductions de coûts/timelines de l'ordre de 10–25 % dans certains cas, ou cas secteurs santé montrant prime de ~6 %). civilengineeringjournals.com+1

Articles de filière et guides (FFB, École des Ponts) sur les bénéfices opérationnels et les freins (compétences, outillage, logistique). FF Bâtiment+1

Coûts initiaux et gains à long terme

La rénovation intégrant une approche « hors-site » (préfabrication d'ossatures, panneaux, modules complets ou ensembles techniques en usine, puis assemblage sur site) peut afficher un coût initial légèrement supérieur ou comparable à une rénovation classique - mais l'écart se justifie pleinement lorsqu'on adopte une approche en coût global.

→ En effet, l'investissement initial ne représente souvent qu'environ 25 % du coût total d'un bâtiment sur toute sa durée de vie, les 75 % restant résultant de l'exploitation, de la maintenance, des remplacements futurs ou de la déconstruction. Ministères Écologie et Territoire+1

→ Enfin, sur le long terme, le hors-site améliore la qualité de la construction (meilleur contrôle en usine, moins de malfaçons, meilleure durabilité), ce qui réduit les coûts de maintenance, de réparation ou de remplacement - des postes souvent lourds dans une rénovation classique mal maîtrisée. ESTP+2Ministères Écologie et Territoire+2

→ Par ailleurs, dans le contexte réglementaire et environnemental actuel (matériaux bas-carbone, performance énergétique, normes durables), le hors-site peut favoriser l'usage de matériaux performants ou biosourcés tout en maîtrisant le coût global.

Ainsi, même si le coût initial d'une rénovation hors-site peut paraître égal ou parfois légèrement supérieur, l'approche en coût global montre qu'elle peut offrir - sur la durée de vie du bâtiment - des économies significatives, une meilleure qualité, moins de nuisances et un bilan environnemental plus favorable.

INTERVIEW
de Filière Hors-site France

Céline BEAUJOLIN,
Déléguée Générale

L'approche hors site de la rénovation énergétique des immeubles permet d'obtenir de meilleures performances dans des conditions de mise en œuvre facilitées : faibles nuisances grâce à l'absence d'échafaudage, la rapidité d'intervention, le travail en filière sèche qui réduit les nuisances… En ce sens, elle constitue un puissant levier de la décarbonation du parc existant.

Pour autant, elle n'est pas adaptée à tous les immeubles et n'est pas intrinsèquement moins chère qu'une approche traditionnelle. Une analyse préalable du caractère "horsitable" d'une rénovation énergétique est nécessaire pour valider l'intérêt de cette approche. Cette analyse peut se faire assez rapidement au travers de critères de simplicité de la façade, de rapport façades / ouverture, de répétitivité des façades…

L'approche hors site demande davantage d'études et réduire les coûts suppose un volume suffisant de travaux. Elle est donc particulièrement adaptée à des bâtiments universitaires, hôpitaux, lycée, immeubles de grande hauteur ou barre, notamment ceux de la période des "30 glorieuses".

Une approche en volume en rénovation peut aussi passer par un regroupement d'immeubles de petite taille (logements individuels, petits collectifs) aux caractéristiques identiques. Dans ce cas, des approches de kitting et le lean management des chantiers permettent de garantir des rénovations énergétiques à prix de marché.

Quel est le calendrier du projet ?

Questions à se poser

→ Combien de temps durent les études préalables ?

→ Quels sont les délais de réalisation prévus pour le projet ?

→ Quelles échéances fiscales ou réglementaires doivent être respectées ?

→ Quels événements liés à l'occupation du bâtiment peuvent impacter le planning ?

→ Comment gérer les interventions sur un site déjà occupé ?

Éléments à avoir en tête pour poursuivre la réflexion

Le calendrier d'une opération de rénovation intégrant des solutions hors-site peut varier en fonction de la complexité du projet, de la taille du bâtiment à rénover, des solutions techniques retenues et des contraintes spécifiques du site. Toutefois, voici une estimation générale du calendrier, découpé en grandes étapes, pour un projet de rénovation hors-site standard.

INTERVIEW
de la Communauté d'Agglomération Lens Liévin (CALL)

Romain DROUARD,
Ingénieur Chargé d'opération

Au sein du service commun dédié à la transition durable et à l'accompagnement des communes de la Communauté d'Agglomération de Lens-Liévin (CALL), nous avons réalisé plus de 400 audits énergétiques préliminaires en trois ans, permettant d'élaborer des Schémas Directeurs Immobilier et Énergie (SDIE) individualisés, alignés sur les priorités, stratégies d'investissement et calendriers de chaque commune.

Grâce à cette connaissance approfondie du patrimoine, ***nous avons identifié une centaine de bâtiments scolaires avec des typologies de construction similaires et une potentielle compatibilité à la rénovation Hors-Site, solution face aux exigences d'usage fortes vis-à-vis du temps scolaire.***

Nous souhaitons désormais proposer aux communes des solutions de massification des travaux, en développant des modèles réplicables, générateurs de volume et d'économies d'échelle (mutualiser les composants entre projets), tout en limitant les aléas chantier (retards, gaspillage). Ces travaux seront couplés à un engagement de performance énergétique, seule garantie à des résultats dans la durée".

INTERVIEW
de DUJARDIN
Stéphane DUFRESNE,
Directeur Général

En tant qu'entreprise générale Gros-œuvre, avec un département façade occupant 50% de l'activité, DUJARDIN SAS s'est assez vite penchée sur les sujets façades hors site.

Première remarque générale, et ce avant toutes autres considérations, les sujets travaux hors site sont à mon sens plus en corrélation pour une entreprise de Gros œuvre qu'une entreprise de façade, je m'explique. Dans le cadre de pose de façades hors-site nous allons tout de suite parler de sujets Gros œuvre que sont :

→ ***Reports de charges sur l'existant des nouvelles façades avec deux corollaires possibles :***

- *Soit les fondations existantes reprennent l'apport de surcharge (dans le cadre des 10% tolérés)*
- *La structure ne reprend pas les charges et on s'oriente alors vers un renforcement structurel des fondations en général par réseau de micropieux portés par l'existant avec réseau de longrines.*

→ ***Manipulation & pose des futures façades**. Nous allons tout de suite parler en Tonnes. Le poids des panneaux varie souvent de 1 Tonne minimum jusqu'à parfois 3 Tonnes.*

→ ***Emprise voirie & installation chantier - Stationnement grues PPM (25 Tonnes - 5 Tonnes - 70 Tonnes)***

→ ***Accrochage et repos sur l'existant.** Soit par consoles pouvant reprendre plusieurs Tonnes soit repos sur réseau de longrines neuves. Accrochage par équerre ou autres fixations pouvant reprendre plusieurs Tonnes en contreventement sur l'existant.*

On remarque aisément, sans dénigrer mes confrères Bardeurs, que ces sujets sont des sujets qu'une entreprise de Gros œuvre traite de manière courante dans le cadre de ses travaux GO. Une entreprise de bardage aura moins de recul sur ces sujets (levage élevé) ou aura même un manque total de connaissance sur des descentes de charges, dimensionnements et technicités (fondations).

Concernant la conception en phase étude et l'approche du sujet : Il va de soi que le hors site n'est pas adapté pour tous types de travaux et que certains points fixes sont à prendre en compte

Économiquement :

- *L'apport de surcharge est à prendre en compte. Si la structure existante ne peut reprendre les charges futures, la mise en œuvre de nouvelles fondations fait basculer obligatoirement le dossier économiquement dans le rouge par rapport à une isolation traditionnelle. Sauf dans le cas de structures supérieures à R+5 ou là il est potentiellement possible de retrouver un équilibre.*
- *Considérer obligatoirement le caractère répétitif des façades ou des immeubles permettant d'amortir le coût étude et construction en usine.*
- *Possibilité de stationnement pour le levage. Sujet en centre-ville sur voirie plus complexes et économiquement moins viables.*
- *La géométrie du bâtiment. On privilégiera des sutures linéaires évidemment.*
- *La maîtrise d'ouvrage se devrait de mutualiser tout de suite plusieurs immeubles/logements de même conception pour une même opération (mutualisation couts études). La redondance des typologies étant fréquentes chez chaque bailleur.*
- *Je trouve, personnellement, moins adapté le hors site à du logement individuel. Coût renfort fondations ou consoles prohibitifs par rapport au traditionnel.*

Suite...
INTERVIEW de DUJARDIN
Stéphane DUFRESNE

Reconnaissances des existants

Les reconnaissances des existants sont souvent bâclées, voire trop succinctes. Cela fait engager l'entreprise sur de mauvais postulats et parfois des à priori qui n'amènent souvent que de mauvaises surprises en cours d'exécution. Il est IMPERATIF que la maîtrise d'ouvrage engage un budget conséquent en phase étude afin de pallier ces soucis éventuels.

→ ***Reconnaissance des fondations impérative*** *en phase élaboration du dossier (surcoût nouvelles fondations ou non). Établissement d'une G2Pro (bannir G2 AVP).*

→ ***Reconnaissance des structures existantes :*** *structure parois - Présence ou non de chaînages verticaux/horizontaux*

→ ***Nature et épaisseur des dalles BA***

Calendrier d'exécution

Certaines vérités techniques sont à rappeler :

- *La phase étude & production est aussi longue que la phase exécution. Par exemple sur un planning théorique de 12 mois on pourrait schématiquement considérer :*
  - *3 mois en étude*
  - *3 mois en production glissante*
  - *4 mois en pose*
  - *1 mois finition intérieures*
  - *1 mois OPR.*
- *Le scan du bâtiment est à effectuer tout de suite car un hors d'aplomb de la structure ou non alignement peut influer sur la production avec une modification éventuelle des panneaux. Mise en œuvre par exemple d'isolants de compensation de hors de niveau changeant l'épaisseur totale des panneaux.*
- *Sur la phase exécution il est à chaque fois remarqué un démarrage lent avec recalage éventuel de certains éléments techniques et une accélération sur les 2 derniers tiers de l'opération, en pratique :*
  - *jour 1 : pose 1 panneau / jour*
  - *jour J+30 : pose 6/8 panneaux / jour*

Tous ces éléments pris en compte et bien appréhendés permettront une exécution plus sereine et une bonne maîtrise des coûts.

Exemple de planification

Sur toutes les phases de consultation, les délais varient en fonction des marchés public ou privé. Sur les phases travaux de la typologie de travaux et de ce qui est fait hors site ou non.

	Étape	Activités	Durée estimée	Livrables/Points clés
1	**Consultation d'un AMO spécialisé**	Sélection et mission d'un AMO (Assistance à Maîtrise d'Ouvrage) spécialisé en solutions hors site.	1 mois	Contrat AMO, analyse des risques, benchmark de solutions préfabriquées.
2	**Analyse de besoin**	Définition des objectifs, besoins, budget, contraintes (délais, réglementation, usage).	1 mois	Cahier des charges préliminaire, note d'opportunité.
3	**Relevé du bâtiment existant**	Diagnostic technique (structure, réseaux, accessibilité) par géomètre ou bureau d'études.	1 mois	Plan de relevé, rapport de diagnostic, identification des contraintes techniques.
4	**Consultation architecte et BET**	Appel d'offres pour architecte et BET (Bureau d'Études Techniques) spécialisés en hors site et APS	2 à 4 mois	Choix des prestataires, contrat, avant-projet sommaire (APS).
5	**Permis de construire, décla-ration de travaux**	Dépôt et instruction du permis de construire (si nécessaire).	3 à 6 mois	Permis de construire obtenu.
6	**Études (APD, PRO, DCE)**	Conception détaillée : avant-projet définitif (APD), projet (PRO), dossier de consultation des entreprises (DCE).	3 à 4 mois	Dossier de consultation, plans exécutifs, notice technique, DPGF.
7	**Consultation des entreprises**	Appel d'offres pour sélectionner l'entreprise de préfabrication et de pose.	1 à 2 mois	Offres comparées, choix de l'entreprise, contrat de travaux.
8	**Attribution des entreprises**	Signature des contrats avec les entreprises retenues.	2 à 4 semaines	Contrats signés, planning détaillé validé.
9	**Délai d'étude complémentaire**	Adaptation des plans pour la préfabrication (coordination usine/chantier).	2 à 3 mois	Plans de fabrication, notice de montage, planning de livraison.
10	**Délai de commande des matériaux**	Commande des matériaux et com-posants préfabriqués (menuiserie, façades, modules sanitaires, etc.).	1 à 3 mois	Bon de commande, confirmation des délais de livraison.
11	**Délai de fabrication en usine**	Préfabrication des éléments en usine (modules, panneaux, équipements techniques).	2 à 4 mois	Contrôle qualité, livraison des modules sur site.
12	**Délai de pose sur site**	Montage et assemblage des éléments préfabriqués, raccordements, finitions.	1 à 4 mois	Réception des travaux, tests de fonctionnement, levée des réserves.
13	**Réception et livraison**	Vérification de la conformité, levée des réserves, remise des clés.	2 à 4 semaines	Procès-verbal de réception, dossier des ouvrages exécutés (DOE).

① Phase préparatoire et étude de faisabilité 1 à 2 mois

Études préalables :
Dans une opération de rénovation intégrant des solutions hors-site, l'étude de faisabilité peut être conduite en interne par la maîtrise d'ouvrage lorsqu'elle dispose d'une compétence technique avérée sur les procédés industrialisés, mais elle est le plus souvent confiée à un **AMO (Assistance à Maîtrise d'Ouvrage)** spécialisé.

En effet, l'intégration du hors-site modifie significativement les logiques de conception, de phasage et d'approvisionnement : préfabrication en usine, contraintes logistiques de transport et de levage, analyse du site pour déterminer le niveau de préfabrication possible, ainsi que l'évaluation du cycle de vie et des gains opérationnels.

Un AMO hors-site apporte alors une expertise sur ces aspects, réalise les comparaisons techni-co-économiques entre rénovation classique et industrialisée, sécurise les choix techniques et aide à structurer la consultation des entreprises spécialisées.

Ce recours permet à la maîtrise d'ouvrage d'anticiper les risques, de valider le modèle économique en coût global et de garantir que les bénéfices attendus (réduction des délais, qualité, optimisation énergétique) soient intégrés dès l'amont du projet.

Un point clé dans une rénovation intégrant des solutions hors-site est la nécessité de **fournir dès l'amont les diagnostics et les relevés précis aux acteurs qui réalisent les études préalables** (AMO, BET, concepteurs ou industriels). Contrairement à une rénovation classique où certains ajustements peuvent être réalisés en cours de chantier, le hors-site exige une connaissance fine et validée de l'exis-tant : relevés 3D, scans laser, diagnostics structurels, réseaux, pathologies du bâtiment, contraintes d'accès et de manutention.

Ces données conditionnent non seulement la faisabilité technique et le degré de préfabrication, mais aussi la capacité à limiter les aléas en phase d'assemblage. Sans ce niveau d'information, le risque de conception inadaptée, de surcoûts ou de modifications tardives augmente fortement. Ainsi, la transmission de relevés 3D fiables, de diagnostics complets et de modèles numériques doit être considérée comme un prérequis méthodologique indispensable pour sécuriser les études et la préfabrication.

① Phase préparatoire et étude de faisabilité 1 à 2 mois

*Cette étape regroupe plusieurs volets essentiels pour **évaluer la faisabilité et préparer le projet** :*

→ Faisabilité technique

/ Analyse structurelle et contraintes physiques : accroche des façades, poids des éléments modulaires, résistance des planchers et murs porteurs, compatibilité avec les équipements techniques existants.

/ Étude des solutions de préfabrication et de montage (2D, 3D, modules complets) et de la logistique associée (transport, levage, stockage, livraison « just in time »).

/ Évaluation des impacts sur le chantier et sur l'occupation du site, notamment en cas de rénovation sur site occupé.

/ Impacts liés à la logistique spécifique

/ **Échange avec les industriels :** identification des solutions hors-site disponibles dans les catalogues industriels, discussion sur les dimensions standards, délais de livraison, contraintes techniques et adaptations possibles.

→ Faisabilité thermique et environnementale

/ Analyse des performances énergétiques nécessaires pour atteindre l'objectif de rénovation ou de construction basse consommation.

/ Calculs et simulations pour garantir le respect des normes thermiques, mais aussi l'atteinte des objectifs carbone (réduction des émissions liées aux matériaux et à la construction).

/ Intégration des stratégies de circularité : réemploi des matériaux existants, sélection de matériaux recyclables, optimisation de la durée de vie des modules et composants.

→ Faisabilité économique

/ Évaluation des coûts de production et de transport des modules, façades ou kitting, comparés aux méthodes traditionnelles.

/ Analyse du retour sur investissement : économies d'énergie futures, coûts de maintenance, potentiel de valorisation des matériaux réutilisés.

/ Étude des contraintes budgétaires spécifiques au projet et identification des solutions optimales pour maximiser la valeur ajoutée tout en respectant le calendrier.

→ Phase de conception intégrée

/ Définition par les architectes et ingénieurs des solutions les plus adaptées en termes de modules, matériaux et techniques de préfabrication.

/ Coordination avec la logistique et la chaîne d'approvisionnement pour anticiper les contraintes de transport et de stockage.

/ Simulation des scénarios de chantier pour valider la faisabilité globale et limiter les risques de retard ou de surcoût.

/ **Validation des solutions catalogue avec les industriels** pour s'assurer que les choix techniques sont réalisables, disponibles et conformes aux standards.

/ **Prise en compte de l'usager, de l'occupant, acceptabilité du projet.**

① Phase préparatoire et étude de faisabilité 1 à 2 mois

Validation du projet :
Les parties prenantes, y compris les maîtres d'ouvrage, les bureaux d'études et les fournisseurs, s'accordent sur les choix techniques et les options de financement.

Cette étape inclut également **la rédaction du cahier des charges**, qui définit clairement les objectifs, les exigences techniques, les contraintes de temps et de budget, ainsi que les critères de performance énergétique et environnementale.

Le cahier des charges doit favoriser les **solutions hors-site**, telles que la préfabrication modulaire ou les éléments constructifs industrialisés, qui permettent de réduire les délais, améliorer la qualité et limiter les nuisances sur site.

→ Par ailleurs, **le choix du marché** (type de contrat, appel d'offres ou dialogue compétitif) est orienté vers des acteurs capables de proposer et de mettre en œuvre ces solutions hors-site, garantissant ainsi la cohérence entre les objectifs du projet, la maîtrise technique et les contraintes économiques. Cette approche assure que toutes les parties prenantes disposent d'une vision commune et que les solutions adoptées sont optimisées pour la construction et la rénovation durable.

INTERVIEW
d'UTILITI

Valentin BOUQUE,
Co-gérant

La réussite d'un projet de rénovation en hors-site ne s'improvise pas, il s'anticipe.

Notre rôle en tant qu'AMO est de diffuser les bonnes pratiques acquises à travers nos expériences passées. Celles-ci fiabilisent la définition et la maîtrise des objectifs du MOA, le choix de la procédure d'achat, et le déploiement du projet.

Cela se concrétise par l'identification des gisements de préfabrication, de la planification des interfaces et de la fédération des acteurs autour d'une même vision traduisant les ambitions du maître d'ouvrage.

***Intégrer les solutions hors-site au plus tôt dans la réflexion du projet et notamment le cahier des charges, c'est assurer leur faisabilité, leur pertinence économique et leur qualité d'exécution**. Cette logique d'anticipation doit se refléter au moment de la phase de conception, pour garantir la cohérence entre le projet architectural, les procédés constructifs et les objectifs de performance.*

Le hors-site devient alors un véritable levier collectif de maîtrise, de confiance et d'efficacité.

② Conception et préparation des documents administratifs 12 à 20 mois

Conception détaillée :
Les plans de rénovation sont finalisés, incluant les dimensions et les spécifications des éléments hors-site (modules, panneaux, structures).

Cette phase comprend également la modélisation 3D du projet, souvent via le BIM, pour garantir une coordination parfaite entre les différentes parties prenantes.

Les documents produits à cette étape sont les documents administratifs liés au projet, comprenant :

/ Les plans de façades et de repérage des éléments modulaires,

/ Les détails techniques des modules ou structures industrialisées,

/ La maquette BIM intégrant toutes les informations techniques et logistiques nécessaires à la fabrication hors-site et à l'installation sur site.

/ Ces documents servent à la fois à la planification interne et à la communication avec les fournisseurs et les maîtres d'œuvre, et permettent d'anticiper les contraintes de construction ou de rénovation hors-site.

Obtention des autorisations administratives :
Cette étape concerne les documents requis par les autorités locales pour autoriser les travaux. Selon le projet, il peut s'agir de permis de construire, déclarations préalables ou modifications d'urbanisme.

Ces demandes sont souvent chronophages, surtout si la rénovation implique des modifications importantes de la structure ou de l'aspect extérieur du bâtiment.

→ En résumé, il est utile de distinguer clairement :

1 / Documents administratifs liés au projet : plans, maquettes BIM, fiches techniques des modules, utilisés pour la coordination et la fabrication hors-site.

2 / Autorisations administratives : permis, déclarations, validations par les autorités locales, nécessaires pour démarrer légalement les travaux.

INTERVIEW
d'ALTEREA
Jordan POLIS,
Responsable de projet

ALTEREA a pu mener différents types de montage de dossier intégrant du hors-site.

Il en ressort que le travail en hors-site nécessite des échanges avec les industriels fabricants plus importants que les échanges habituels menés avec les fournisseurs de matériaux (type bardage par exemple). En partant de ce constat, ***une solution en conception-réalisation ou marché global de performance permet d'associer très rapidement, dès les phases d'étude, un industriel. Cela permet de prendre en compte très tôt les limites techniques de la solution retenue, les capacités de fabrication, les capacités de livraison afin de lever toutes les incertitudes et de réduire les risques de coûts supplémentaires en phase chantier.***

En cas de montage traditionnel (code des marchés publics, ancienne loi MOP), il est intéressant de rappeler la possibilité désormais de réaliser une consultation partielle sur base d'APD. Cette démarche permet une consultation sur la base des grands principes fixés sur la réhabilitation puis d'obtenir une entreprise pouvant participer à la co-construction du PRO-DCE. Cette solution permet d'intégrer l'entreprise de préfabrication plus tôt.

ICF Habitat Nord Est-Rénovation EnergieSprong 12 logements maisons individuelles Longueau-2018-ALTEREA Bouygues Delkia AMBois Studio Ranson Bernier © ALTYN

En cas de montage complètement traditionnel sans utilisation de la consultation partielle, il est important de veiller aux éléments suivants afin d'éviter les risques de dérives sur les plannings :

→ ***Réalisation d'un diagnostic complet de l'existant (diagnostic de la faisabilité hors-site, y compris ensemble des sondages structurels nécessaires).*** *Il ne faut pas minimiser cette phase et les délais des sondages complémentaires nécessaires pour éviter de se retrouver dans des situations de blocage en phase ultérieure.*

→ *Analyse des solutions de préfabrication envisagée sur l'opération en fonction des contraintes techniques et des contraintes normatives du projet à mener dès les premières phases de conception. Le choix du type de solution de préfabrication doit être réalisé au plus tôt.*

→ ***Intégration d'un bureau de contrôle connaisseur du sujet dès la phase d'APS*** *afin de pouvoir fixer le cadre normatif et valider les solutions proposées par la maîtrise d'œuvre.*

→ *Réfléchir à un allotissement cohérent avec la préfabrication pour éviter les appels d'offres infructueux.*

→ ***Afin d'éviter les appels d'offres infructueux, il est intéressant de rédiger des CCTP « performanciels » venant donner les contraintes du projet et les besoins de l'opération sans retenir une solution technique précise.*** *Cela peut permettre d'ouvrir l'appel d'offre à un maximum de concurrence et d'éviter un appel d'offre infructueux en prescrivant des limites techniques ou des contraintes de préfabrication propre à un industriel.*

→ ***Il est également important d'adapter le planning travaux afin de tenir compte d'une période de préparation allongée permettant de caler les études d'EXE*** *ainsi que de permettre la préfabrication. La période de travaux en sera réduite par la suite.*

INTERVIEW
de REDCAT Architecture
Édouard ROBIC,
Architecte Gérant

Lauréats en 2016 du premier projet EnergieSprong de France[1], à l'origine du plus important d'Europe[2] et venant de livrer le projet de réhabilitation de 1412 logements dits Camus[3], l'agence REDCAT Architecture, travaille depuis sa création sur l'amélioration du process en ayant recours au travail Hors-site.

L'agence se concentre principalement sur le déjà là par militantisme écologique. Nous avons pu constater que le patrimoine du XXe siècle, composé en grande partie d'immeubles préfabriqués (pour répondre aux besoins de rapidité et d'économie d'après-guerre), appelle en général des réponses Hors Site dans le cadre de leurs réhabilitations.

Si certains considèrent à tort le travail de l'architecte en réhabilitation comme « cosmétique », nous sommes convaincus que de bonnes connaissances historiques permettent de comprendre ce patrimoine et les techniques constructives ayant permis sa réalisation.

MAISONS & CITES-CAMUS-2024-BBNE-REDCAT-BLAU-NORTEC-SYMOE © REDCAT Architecture

À ce titre, ***l'architecte doit être impliqué dès les phases de diagnostic. Il doit mettre à profit ses compétences techniques et logicielles pour industrialiser son processus de conception. Pour le projet des Camus par exemple, l'automatisation d'un certain nombre de tâches en CAO nous aura permis de déposer 376 Déclarations Préalables (DP) en moins d'un an…***

A l'attention des maîtres d'ouvrages qui nous lisent, cela ne signifie pas nécessairement que l'économie doit être réalisée sur les honoraires de l'architecte, mais plutôt qu'ils sont à considérer comme un investissement permettant d'optimiser des coûts de chantier. Comme nous avons l'habitude de le dire, « la première boîte de petits pois a coûté des millions, les suivantes des centimes » …

VILOGIA-HEM-2023-RABOT DUTILLEUL CONSTRUCTION-REDCAT-NORTEC-SYMOE-POUCHAIN-SMART MODULE CONCEPT © Guillaume Cortade

1. 10 logements EnergieSprong de Hem pour Vilogia (voir illustrations), avec Rabot Dutilleul Construction, Pouchain, Nortec Ingénierie et Symoé

2. 170 logements EnergieSprong de Wattrelos pour Vilogia (voir illustrations), avec Rabot Dutilleul Construction, Pouchain, Nortec Ingénierie et Symoé

3. 1412 logements Camus dans le bassin minier pour Maisons et Cités (voir illustrations), avec Bouygues Bâtiment Nord Est, BLAU, Nortec Ingénierie et Symoé

ICF Habitat Nord Est-Rénovation EnergieSprong 12 logements maisons individuelles Longueau-2018-ALTEREA Bouygues Delkia AMBois Studio Ranson Bernier © ALTYN

③ Fabrication des éléments hors-site 6 à 8 mois

Fabrication des modules en usine :

Une fois la conception validée et les matériaux choisis, la fabrication des composants hors-site commence en usine (préfabriqués, modules, panneaux isolants, etc.). La durée de fabrication dépend du type de solution retenue et de la complexité des éléments. En général, cette phase peut durer entre 2 et 4 mois pour les grands projets.

La production peut être organisée de deux manières selon les besoins du projet et les capacités de l'usine :

→ Au fil de l'eau : les modules sont fabriqués de manière continue, à mesure que les commandes ou les besoins sur site se présentent, ce qui permet une meilleure flexibilité et un flux régulier de livraison. Cette approche est similaire au kitting pratiqué par certaines entreprises comme Maisons et Cités, où chaque module ou composant est préparé au fur et à mesure pour optimiser la logistique et réduire les stocks.

→ Périodiquement (par périodes scolaires ou autres cycles) : la production est concentrée sur des périodes définies, par exemple pendant les vacances scolaires, afin de maximiser les capacités de l'usine et de coordonner les livraisons avec les phases de chantier sur site.

Ce choix organisationnel impacte la planification logistique, la disponibilité des modules et la synchronisation avec les travaux sur site, mais permet d'adapter la fabrication aux contraintes spécifiques du projet.

→ **Tests et contrôle qualité :** Les éléments préfabriqués sont soumis à des tests de qualité avant leur expédition vers le chantier.

INTERVIEW
d'Edwood

Antoine BISBROUCK,
Directeur Général Associé

La construction hors site prolonge le savoir-faire traditionnel du charpentier : une méthode de fabrication maîtrisée, appliquée à chaque projet. En atelier, les équipes travaillent dans un environnement sécurisé et stable, favorisant précision, gain de temps et réduction des consommations énergétiques. La préfabrication limite les aléas du chantier et optimise la gestion des matériaux, avec peu de déchets sur site et une filière de revalorisation en atelier.

SIGH-rénovation 40 maisons-2019 maîtrise d'œuvre NORTEC- ©edwood

Cette organisation garantit un assemblage et un levage fluides sur chantier.

À terme, le développement du hors site pourrait s'appuyer sur la mutualisation d'outils industriels et de capacités robotiques, associée à l'ancrage local des entreprises bois pour renforcer réactivité et performance collective et s'inscrire dans une démarche d'économie de la fonctionnalité.

④ Travaux préparatoires 1 à 2 mois

→ **Préparation du site :** Pendant que les modules sont en fabrication, les travaux préparatoires sur le chantier peuvent commencer, tels que l'adaptation des fondations, la mise en place des réseaux (électricité, plomberie, etc.), et la préparation des accès pour recevoir les solutions, et les travaux préparatoires sur les façades et les toitures.

→ **Coordination logistique :** Le transport des éléments préfabriqués et la gestion des flux sont planifiés de manière à éviter toute interruption du chantier.

INTERVIEW
de l'Union Régionale pour l'Habitat Hauts-de-France

Simon RAMBOUR,
Responsable du Pôle Territoires

L'anticipation des raccordements électrique des opérations neuves ou rénovées (incluant également le dimensionnement des réseaux liés aux besoins nouveaux) constitue un prérequis essentiel pour sécuriser les opérations intégrant des solutions hors-site, où la réduction des délais exige une parfaite synchronisation des interventions des équipes travaux des bailleurs / maîtres d'ouvrage, des entreprises de construction et de hors-site, des services techniques d'Enedis et des communes ou gestionnaires d'espace public lorsqu'une ouverture de voirie est nécessaire.

Face à l'augmentation des demandes et aux contraintes de dimensionnement du réseau, l'URH Hauts-de-France et Enedis ont engagé la construction d'un « process raccordement bailleurs » visant à fiabiliser les échanges, réduire les délais et améliorer la coordination. Adossé à l'Observatoire régional de la programmation, ce process permet d'identifier plus tôt les opérations, de mobiliser des interlocuteurs dédiés et de préparer les raccordements en amont, garantissant ainsi la fluidité et la performance des projets.

Chiffre délai sur délai : 6 et 10 semaines, et plusieurs mois en cas de renforcement du réseau ou de travaux en domaine public.

⑤ Assemblage et montage des éléments hors-site 1 à 3 mois

Une logistique performante est essentielle dans les opérations de construction et de rénovation hors-site, car elle assure la coordination optimale entre la fabrication en usine, le transport, l'assemblage sur site et la livraison dans les délais impartis.

Transport et livraison des éléments

Le transport des modules ou composants préfabriqués nécessite une planification rigoureuse pour garantir leur arrivée en parfait état et dans les délais convenus.

Les modules, souvent volumineux et lourds, exigent des moyens de transport adaptés, tels que des camions à plateau ou des grues. Une mauvaise coordination peut entraîner des retards, des coûts supplémentaires et des risques de dommages aux éléments.

VOE EHPAD de la Perriere HERIC-2024-Hedimag-ADEME-TE44-VOE

Assemblage sur site

Une fois les éléments livrés, l'assemblage sur site peut être réalisé rapidement, souvent en quelques semaines, grâce à l'intégration des solutions préfabriquées. Les équipes sur site s'occupent de l'assemblage, de l'installation des éléments (murs, plafonds, fenêtres, etc.) et des raccordements finaux (plomberie, électricité, chauffage). Une logistique bien orchestrée assure que les éléments arrivent dans le bon ordre et au moment opportun, facilitant ainsi un assemblage efficace et sans interruption.

Selon un rapport de BTP Consultants, la construction hors-site permet une production maîtrisée et reproductible, réalisée en atelier à l'abri des intempéries, réduisant les risques de malfaçons et facilitant un assemblage standardisé sur site. Cette approche optimise chaque étape du processus constructif tout en garantissant un haut niveau de qualité. BTP Consultants

Gestion des flux logistiques

La gestion efficace des flux logistiques est cruciale pour minimiser les coûts et les délais. Cela inclut la planification des livraisons, la gestion des stocks, le suivi des commandes et la coordination entre les différents intervenants.

Une mauvaise gestion peut entraîner des retards, des coûts supplémentaires et des inefficacités sur le chantier.

INTERVIEW
de Bouygues Bâtiment Nord Est
Yohan GIRARD,
Directeur de l'Agence Artois

Nous avons piloté une vaste opération de massification de rénovation énergétique de 1 412 logements répartis sur 14 villes du bassin minier pour le compte de Maisons et Cités. Pour relever le double défi de la massification et du diffus, ***nous avons concilié l'efficacité d'une production industrialisée avec la complexité logistique d'interventions multiples.***

En mobilisant une spécialiste en logistique intégrée au sein de notre direction ingénierie, nous avons ainsi conçu une chaîne logistique optimisée, fondée sur la centralisation des flux via une plateforme déportée.

Positionnée stratégiquement au barycentre du projet, cette plateforme assurait les approvisionnements sur les sites, en juste-à-temps, et gérait découpes sur-mesure et de kitting en amont.

Le dispositif incluait également une logistique inversée : reprise des déchets de chantier lors des livraisons, limitant les trajets et améliorant le tri, la valorisation et le bilan carbone global de l'opération.

Cette approche illustre notre conviction : ***la massification ne repose pas uniquement sur la préfabrication, mais sur une réflexion globale conduisant à l'industrialisation des process et s'appuyant sur une communication essentielle entre tous les acteurs****.*

Maisons&Cites-Les Camus 2024-Bouygues Batiment Nord Est-Redcat Architecture-Blau-Nortec-Symoe-Must-© Anteale

⑥ Finitions et réception de l'opération 1 à 2 mois

→ **Travaux intérieurs :** Une fois les éléments principaux montés, les travaux intérieurs débutent. Cette phase comprend l'installation des revêtements de sol, la peinture, l'aménagement intérieur, ainsi que les vérifications finales des installations techniques telles que le chauffage, la ventilation, la plomberie et l'électricité. Ces travaux sont essentiels pour transformer l'espace brut en un environnement fonctionnel et confortable.

→ **Contrôles qualité et réception du chantier :** Avant la remise du projet, des contrôles qualité et des tests sont effectués pour s'assurer que toutes les installations respectent les normes de sécurité, d'accessibilité et de performance énergétique. Ces vérifications garantissent la conformité du bâtiment aux exigences réglementaires et aux attentes des parties prenantes.

Durée moyenne estimée : 7 à 12 mois

La durée totale d'une opération de rénovation hors-site, de la phase préparatoire à la livraison finale, peut généralement se situer entre 7 et 12 mois, en fonction de la taille et de la complexité du projet. Cette estimation est corroborée par des exemples concrets dans le secteur. Par exemple, Bouygues Construction indique que, selon la taille du projet, 7 à 12 mois de travaux sur place sont nécessaires pour finaliser chaque opération, avec un gain de 14 semaines par rapport aux modes constructifs traditionnels. Bouygues Construction

De même, la société Ademeure, spécialisée dans la construction modulaire, garantit un délai de livraison inférieur à 12 mois, contre au moins 18 mois dans la construction traditionnelle.

En comparaison, une rénovation traditionnelle peut durer plusieurs mois supplémentaires en raison de la séquentialité des travaux, des aléas climatiques et des contraintes logistiques. L'approche hors-site permet de réduire considérablement le temps de chantier, ce qui peut se traduire par une mise en service plus rapide du bâtiment.

Facteurs influençant le calendrier :

→ **Complexité du projet :** Plus la rénovation implique de transformations lourdes, plus le projet prendra de temps.

→ **L'obtention de permis ou d'autorisations spécifiques peut rallonger la durée du projet. Pour les rénovations situées dans des zones protégées ou soumises à des règles particulières,** il est essentiel d'intégrer en amont l'Architecte des Bâtiments de France (ABF) ainsi que les services d'urbanisme des collectivités. Cette coordination en amont permet :

/ d'anticiper les exigences réglementaires et patrimoniales,

/ de limiter les modifications de dernière minute et les refus d'autorisation,

/ et de planifier le projet de manière réaliste en tenant compte des délais d'instruction (par exemple, 2 à 3 mois pour une déclaration préalable ou un permis de construire).

Intégrer ces acteurs dès la phase de conception réduit les risques de retard et facilite la validation des choix techniques et architecturaux, tout en respectant les contraintes légales et patrimoniales.
(Source : Ministère de la Culture – ABF)

→ **Coordination logistique et imprévus :** Des retards dans la fabrication ou des imprévus liés à la logistique peuvent également influencer le calendrier.

⑥ Finitions et réception de l'opération 1 à 2 mois

En résumé, bien que la rénovation hors-site offre une réduction significative des délais de construction, il est essentiel de bien préparer chaque phase du projet pour respecter le calendrier global et éviter des imprévus.

L'intégration des **principes du lean management** permet d'optimiser les flux de travail, de réduire les gaspillages et de maximiser la valeur pour le client à chaque étape. Cela inclut :

/ la planification collaborative entre tous les intervenants pour anticiper les contraintes et éviter les retards,

/ la standardisation et la préfabrication des modules pour limiter les erreurs et simplifier l'assemblage sur site,

/ la mise en place d'une logistique fluide et synchronisée pour assurer que les composants arrivent au bon moment et dans le bon ordre,

/ et le suivi continu des performances du chantier pour identifier rapidement les problèmes et ajuster les processus.

Cette approche lean favorise non seulement le respect des délais mais améliore également la qualité globale du projet, réduit les coûts et limite les impacts environnementaux liés aux chantiers.
(Source : Lean Construction Institute)

INTERVIEW
de Centrale Lille
Zoubeir LAFHAJ,
Professeur des Universités

*Le Lean Construction est une philosophie issue du Lean pratiqué par Toyota au Japon, introduit dans les années 90 en Occident et adaptée au secteur du bâtiment pour **accroître la valeur pour le client** tout en **réduisant les gaspillages** - temps perdu, reprises, défauts, immobilisation, surstock, interruptions de flux, déplacements inutiles.*

Son principe central est simple : concevoir et organiser un projet de manière que chaque étape crée effectivement de la valeur, en éliminant tout ce qui mobilise des ressources sans bénéfice (valeur) pour l'ouvrage ou pour ses utilisateurs (clients).

*Concrètement, cela repose sur trois piliers : **une planification fiable** (Last Planner System), une **coordination continue entre métiers**, et une **logique d'amélioration permanente** fondée sur la visualisation du travail et la résolution collective des problèmes. Trois mots clés : Collaboration, Chasse aux gaspillages et Client.*

*Appliqué à la **rénovation**, le Lean devient particulièrement pertinent car les opérations sont réalisées sur un bâti existant, souvent en **site occupé**, avec des contraintes fortes de sécurité, de coactivité et de délais.*

L'analyse des flux permet par exemple de synchroniser les interventions, de réduire les temps morts et d'anticiper les aléas structurels ou logistiques propres aux bâtiments anciens. La démarche encourage l'identification précoce des "gisements de gaspillage" : déplacements répétitifs dans un bâtiment complexe, reprises liées au manque d'informations fiables sur l'existant, gestion approximative des déchets, ou encore interruptions dues aux diagnostics tardifs (structure, amiante, humidité).

*Le Lean favorise également une **meilleure intégration des solutions hors-site**, qui s'inscrivent naturellement dans cette logique d'industrialisation humaine et de fiabilité basée de la collaboration.*

En structurant les interfaces entre usine et chantier, les équipes peuvent réduire les temps d'intervention, assurer des tolérances maîtrisées et sécuriser le planning.

*Pour le maître d'ouvrage, l'intérêt est double : une **réduction significative des risques** (délais, coûts, nuisances) et une **augmentation de la qualité perçue** par les usagers (clients, citoyens...) grâce à des interventions plus rapides, plus propres et mieux coordonnées.*

En recentrant le projet sur la valeur d'usage et sur la satisfaction de l'utilisateur final, le Lean constitue ainsi un levier structurant pour réussir des rénovations performantes, sobres et maîtrisées".

En France, l'approche Lean Construction est promue par l'Institut Français de la Construction Lean (IFCL) dont le Président est Monsieur Zoubeir LAFHAJ (Professeur des Universités à Centrale Lille).

⑦ Évolutivité des solutions

En déplaçant une part importante de la conception et de la fabrication des éléments constructifs dans un environnement industriel contrôlé, on standardise et module les composants (2D, 3D ou volumétriques), ce qui facilite la répétition, l'extension ou la transformation ultérieure des bâtiments sans recourir à des reconstructions majeures sur site : les modules produits en usine peuvent être ajustés, combinés ou remplacés selon de nouveaux besoins d'usage, de performance énergétique ou de configuration, ce qui accroît la flexibilité d'usage des bâtiments rénovés.

Cette approche repose sur une conception numérique préalable (BIM, maquette numérique) qui rend possible la simultanéité et la répétabilité des phases de production, et ouvre la voie à des solutions évolutives adaptables à différents contextes urbains ou programmatiques.

En outre, la massification de la production hors-site contribue à créer des modèles reproductibles à grande échelle, nécessaires pour répondre à la demande croissante de rénovation performante (y compris en milieu occupé) tout en permettant des extensions futures ou des modifications d'usage plus simples et moins coûteuses que dans la construction traditionnelle.

INTERVIEW
de VOE
Victor JUMEZ,
Développeur de boucles locales d'énergie

Les chaufferies biomasse préfabriquées offrent des avantages structurants :

VOE-EHPAD de la Perriere HERIC-2024-Hedimag-ADEME-TE44-VOE

- *Modularité et Flexibilité (REX SIGH) : En phase d'exploitation, leur modularité et évolutivité sont essentielles, notamment pour des installations multiples (jusqu'à 4 chaufferies). Elles peuvent être déplacées sur un autre site, le coût de ce transfert étant très faible face au coût d'investissement.*
- *Délais et Sécurité (REX Tourcoing) : Le pré-montage hors-site réduit l'intervention sur site (env. 2 semaines), fiabilisant les délais. Le REX de Tourcoing a montré leur utilité pour maintenir le chauffage via un réseau provisoire en attente de raccordement définitif au réseau de chaleur.*
- *Optimisation Globale : Prix optimisé, maintenance aisée, respect des normes, et possibilité d'intégration architecturale/usages complémentaires (serre) complètent ces bénéfices.*

Quels sont les enjeux environnementaux et réglementaires à respecter ?

Dans une opération de rénovation intégrant des solutions hors-site, plusieurs enjeux environnementaux et réglementaires doivent être pris en compte pour garantir la conformité du projet et répondre aux exigences actuelles en matière de durabilité, d'efficacité énergétique et de respect des normes.

*Voici les **principaux enjeux** à respecter :*

① Les critères environnementaux à respecter

Une opération de rénovation hors-site doit se conformer aux normes et référentiels applicables à la rénovation énergétique - en particulier lorsqu'on vise qu'un niveau de performance ambitieux : BBC Effinergie rénovation (ou son niveau « première étape ») constitue aujourd'hui le standard de référence pour valoriser les rénovations performantes, qu'elles soient classique ou hors-site.
effinergie+2Ministères Écologie et Aménagement+2

Pour qu'un projet obtienne le label BBC Effinergie rénovation (niveau final), il faut notamment atteindre une **étiquette énergétique A ou B au Diagnostic de Performance Énergétique (DPE)**, ce qui correspond à une consommation conventionnelle ≤ 110 kWh EP/m²·an et des émissions de CO_2 ≤ 11 kg éqCO_2/m²·an.
effinergie+2effinergie+2

For the "première étape" de rénovation, le seuil minimal est une étiquette C du DPE (≤ 180 kWh EP/m²·an, ≤ 30 kg éqCO_2/m²·an).
Cegibat+1

Mais le respect d'une bonne étiquette DPE n'est pas suffisant : le référentiel BBC rénovation - et donc toute rénovation ambitieuse, y compris hors-site - impose des exigences techniques et qualitatives supplémentaires : isolation performante de l'enveloppe (murs, planchers, toitures), remplacement des menuiseries extérieures, bonne ventilation, perméabilité à l'air maîtrisée, traitement des ponts thermiques et bonne isolation des réseaux (eau chaude, chauffage, éventuellement froid), ainsi que le régime d'un chauffage/ECS peu carboné (interdiction des chaudières fioul ou d'équipements fossiles majoritaires).
Ministères Écologie et Aménagement+2Association Qualitel+2

Pour un projet hors-site, cela signifie que la préfabrication et l'assemblage doivent permettre d'atteindre ces exigences - et que les plans, les détails d'assemblage, les interfaces entre modules, l'étanchéité de l'enveloppe et l'isolation doivent être conçus avec soin pour répondre aux critères de performance énergétique, de confort, de ventilation et de qualité.

Enfin, l'obtention du label reste volontaire mais s'impose souvent dans un cadre d'aides publiques ou pour valoriser un bien rénové - et la rénovation hors-site devra donc se conformer aux exigences du label si l'on veut en bénéficier.
Ministères Écologie et Aménagement+1

② Gestion des matériaux et de l'économie circulaire

La rénovation hors-site doit respecter les principes de l'économie circulaire en optimisant l'utilisation des ressources et en réduisant les déchets :

→ **Concevoir démontable :** Dès lors de la conception, prendre en compte les déchets futurs de notre ouvrage. Si les matériaux de construction ne sont pas récupérables, c'est-à-dire collés, imbriqués les uns aux autres ou ne permettant pas le tri, ils ne seront pas valorisables.

→ **Réemploi et recyclage des matériaux :** L'intégration de matériaux recyclés ou réutilisables dans les solutions hors-site est essentielle pour limiter l'impact environnemental. Cela peut inclure l'utilisation de modules préfabriqués en matériaux durables (les isolants, par exemple) ou la réutilisation de composants de bâtiment existants (la charpente, par exemple).

→ **Gestion des déchets :** En **rénovation**, le **hors-site** entraîne **structurellement** une réduction des déchets et des consommations de ressources, car il repose sur la **préfabrication en atelier** et la **filière sèche**. La fabrication industrialisée permet une **optimisation des découpes**, une meilleure **maîtrise des approvisionnements** et le **recyclage direct des chutes en usine**, ce qui se traduit par une **réduction des déchets de chantier pouvant atteindre 50 à 80 %** par rapport à des méthodes traditionnelles. Cette logique est renforcée par la filière sèche (ossatures bois ou métal, panneaux, modules préassemblés), qui limite fortement les bétons coulés, mortiers et enduits réalisés sur site. En conséquence, la **consommation d'eau sur chantier diminue de l'ordre de 30 à 50 %**, notamment grâce à la réduction des besoins en eau de gâchage, de cure et de nettoyage des outils. Les guides et retours d'expérience de la Banque des Territoires confirment ces gains environnementaux, tandis que les programmes européens de rénovation industrialisée portés par Horizon Europe et l'initiative Built4People fixent des objectifs convergents : **-30 % de déchets, -30 % de durée de chantier** et une amélioration globale de la performance environnementale. Ces atouts font du hors-site une solution particulièrement adaptée à la rénovation en site occupé, en milieu urbain dense, et aux stratégies de construction bas carbone.

INTERVIEW
de BLAU

Marie BLANCKAERT,
Gérante, Architecte DPLG, Urbaniste

Le succès du réemploi réside dans une conception compatible avec l'intégration de matériaux ciblés et l'organisation des flux pour avoir les matériaux au bon moment. ***Le hors-site, avec sa conception millimétrée assistée par ordinateur et sa fabrication en atelier ou usine, est un facilitateur du réemploi****.*

De plus en plus numérisés, les stocks peuvent être identifiés pendant la conception et intégrés au développement ou au design du projet pour valider les éléments à récolter.

Maisons&Cites-Les Camus 2024-Bouygues Batiment Nord Est-Redcat Architecture-Blau-Nortec-Symoe-Must-© Anteale

Les gisements peuvent être livrés chez les préfabricants ou industriels qui en assurent le stockage au même titre que les autres matériaux pour leur mise en oeuvre. Ainsi, cela évite le stockage sur chantier et donc élimine tout risque de dégradation. Eléments de bardage, éléments de serrurerie, cloison ou faux-plafond peuvent être réemployés directement ou avec une phase de préparation, dans l'entreprise, dans un processus maîtrisé.

Mais ***le hors-site permet également de limiter les déchets et donc de limiter la création de gisement de réemploi, réutilisation ou recyclage ; grâce à l'outil numérique****. Sur le projet de logements modulaires 3D pour SIA Habitat et sur la massification de la rénovation des logements Camus pour Maisons&Cités, nous avons réussi à* ***optimiser les calepinages de façades afin de réemployer directement sur le chantier en question les chutes de bardage****.*

③ Confort thermique et acoustique

L'adoption de solutions hors-site - modules préfabriqués, éléments d'enveloppe usinés en usine, ossatures optimisées et isolation contrôlée - contribue fortement à un **meilleur confort thermique et acoustique**. En production industrielle, les composants (murs, planchers, toitures, façades) sont réalisés dans un environnement maîtrisé, ce qui garantit une pose très précise, des jonctions rigoureuses, une étanchéité à l'air bien contrôlée et une isolation homogène.
Kirschberg Technologies+2Arkitech+2

Grâce à cette précision, l'enveloppe bâtie atteint des performances supérieures : meilleure isolation thermique d'hiver comme d'été, réduction des ponts thermiques, maintien d'une température intérieure stable — ce qui améliore le confort tout en réduisant les besoins en chauffage ou climatisation.
Arkitech+2PROCONTAIN+2

Sur l'acoustique, le recours à des structures massives ou bien isolées (béton, ossature bois renforcée, panneaux isolants, doubles cloisons, etc.) combiné à une préfabrication rigoureuse permet de limiter les bruits extérieurs et intérieurs (trafic, passages, bruits d'impact, vibrations). Plusieurs retours d'expérience soulignent qu'un module préfabriqué offre des niveaux d'isolation phonique et vibratoire bien supérieurs à ceux d'un chantier traditionnel standard.
Groupe PELLETIER Ingénierie+2Modulbois+2

③ Confort thermique et acoustique

En outre, la préfabrication limite les risques de défauts d'exécution (malfaçons, joints mal calfeutrés, fuites d'air, ponts thermiques, fissures) qui peuvent compromettre la qualité de l'air intérieur, l'étanchéité et le confort global.
Kirschberg Technologies+2PROCONTAIN+2

De plus, la réduction des nuisances pendant la phase chantier — bruit, poussière, va-et-vient — améliore le cadre de vie des occupants et du voisinage, tandis que l'assemblage rapide minimise l'exposition à ces désagréments.
PROCONTAIN+1

Enfin, l'approche hors-site facilite l'intégration de matériaux performants ou biosourcés, d'équipements modernes, de systèmes d'isolation et de ventilation optimisés (contrôlés dès l'usine), ce qui contribue à un confort intérieur durable, à une bonne qualité de l'air, et potentiellement à une moindre consommation énergétique à l'usage.
Transition Nexus Europe+2Tigr+2

En résumé, le hors-site favorise un niveau de confort — thermique, acoustique et sanitaire — souvent difficile à atteindre de façon aussi fiable avec une rénovation classique, grâce à la qualité industrielle de fabrication, au contrôle accru des détails de construction, à l'étanchéité maîtrisée, et à la rapidité d'exécution.

INTERVIEW
de SYMOE

Maxime QUENTIN,

Associé, Chargé d'affaire

Quand on parle de rénovation hors-site, on pense souvent performance, rapidité, rationalisation. Pourtant, derrière ces mots un peu techniques, il y a quelque chose de beaucoup plus concret : le confort de celles et ceux qui vivront dans les bâtiments rénovés.

→ Confort thermique

Les rénovations hors-site gagnent en stabilité : des parois plus homogènes, des ponts thermiques "classiques" quasiment supprimés ; une étanchéité à l'air mieux maîtrisée. Parfait pour le confort thermique d'hiver. Mais l'isolation thermique par l'extérieure amplifie l'effet "bouillotte d'été » : un bâtiment qui garde très bien la chaleur… Pour équilibrer, on utilise des matériaux lourds (souvent biosourcés), qui jouent le rôle d'inertie pour freiner la surchauffe, et on limite les apports solaires : store, vitrage à contrôle solaire…

Suite...
INTERVIEW de SYMOE
Maxime QUENTIN

→ ***Confort visuel***

Le revers d'une réduction des apports, c'est qu'on réduit un peu les apports solaires gratuits et ça peut peser sur le confort visuel. L'épaississement des façades et les vitrages techniques peuvent diminuer légèrement la luminosité naturelle ou restreindre certaines vues. C'est un point que les usagers perçoivent immédiatement. Ce que nous avons appris, c'est qu'il faut anticiper : optimiser les orientations, travailler les embrasures, élargir les ouvertures quand c'est possible… et surtout ***expliquer*** *le compromis entre protection solaire, confort d'été et lumière naturelle. On ne peut pas jouer à fond sur tous les leviers en même temps, il faut trouver un équilibre honnête et assumé.*

→ ***Confort d'usage***

Le hors-site transforme aussi la façon d'habiter. Les façades épaissies créent des embrasures profondes : ça, c'est un vrai cadeau. On peut en faire une tablette, un coin lecture, un mini-bureau baigné de lumière. C'est simple, mais ça change la relation à la fenêtre, donc à l'espace. Côté chantier, la pose rapide limite les nuisances, et vivre dans un logement en rénovation devient beaucoup moins pénible. Ça, les habitants s'en souviennent longtemps.

→ ***Confort financier***

C'est le confort le plus pragmatique : moins de pertes, moins de fuites d'air, moins de déperditions = ***moins de consommation*** *et* ***moins de facture énergétique****.*

« L'énergie la moins chère est celle que l'on ne consomme pas »

Dans plusieurs projets que nous avons suivis, les habitants ont ressenti cette baisse très vite, dès le premier hiver. Le hors-site, en stabilisant la qualité, réduit l'écart entre la performance théorique et ce que les gens paient réellement. Et ça, c'est un confort réel, tangible.

→ ***Au final : une histoire de compromis***

Avec le hors-site, on gagne en maîtrise, en confort et en qualité perçue. Mais rien n'est automatique : on déplace les problèmes, on en crée parfois de nouveaux, et chaque choix (isolation, vitrage, inertie, lumière) implique un compromis. Pour nous, c'est ça le cœur du retour d'expérience : le hors-site n'est ni une solution miracle ni une contrainte ; c'est un outil puissant qui oblige à ***penser le confort dans toutes ses dimensions****, dès le début, et en assumant les arbitrages.*

④ Accessibilité et intégration au paysage

L'intégration paysagère et l'accessibilité aux personnes en situation de handicap sont également des enjeux importants. En fonction du type de rénovation, les solutions hors-site doivent garantir l'adaptation des bâtiments aux normes d'accessibilité (loi Handicap de 2005), notamment en ce qui concerne les espaces publics, les entrées et les circulations intérieures.

④ Accessibilité et intégration au paysage

L'intégration paysagère et l'accessibilité aux personnes en situation de handicap sont également des enjeux importants. En fonction du type de rénovation, les solutions hors-site doivent garantir l'adaptation des bâtiments aux normes d'accessibilité (loi Handicap de 2005), notamment en ce qui concerne les espaces publics, les entrées et les circulations intérieures.

Hors-Site Vilogia

⑤ Contrôle et suivi des performances

Enfin, il est essentiel de mettre en place un suivi des performances environnementales du bâtiment après la rénovation, afin de s'assurer que les objectifs fixés (réduction des consommations énergétiques, réduction des émissions de CO2, amélioration de la qualité de l'air, etc.) sont atteints.

Des outils de mesure et des systèmes de gestion de la performance énergétique peuvent être mis en place dès la conception pour garantir la conformité avec les exigences réglementaires.

Travailler en étroite collaboration avec l'architecte et l'industriel dès les premières phases du projet est essentiel pour réduire l'impact environnemental d'une opération réalisée avec des solutions hors-site. Cette approche intégrée permet de **concevoir les modules et éléments préfabriqués de manière optimisée**, en choisissant des matériaux durables, en limitant les déchets et en facilitant le recyclage ou la réutilisation.

L'architecte apporte une vision globale du bâtiment, assurant la cohérence architecturale et énergétique, tandis que l'industriel adapte les solutions techniques pour maximiser l'efficacité de la préfabrication et de l'assemblage. En anticipant ensemble les contraintes et en harmonisant les choix techniques et logistiques, il est possible de **réduire les émissions de carbone, d'optimiser la consommation d'énergie et de limiter les nuisances sur site**, tout en garantissant un résultat de qualité et conforme aux normes environnementales.

2

Évaluer la pertinence de la solution hors-site

Questions à se poser

→ **Pourquoi envisager une solution hors-site ?**
Quels sont les avantages spécifiques que le hors-site peut offrir dans ce projet (réduction des nuisances, rapidité de mise en œuvre, qualité de la rénovation, etc.) ?

→ **Le hors-site est-il adapté au type de bâtiment à rénover ?**
Quel est l'état actuel du bâti ? La structure existante permet-elle l'intégration de solutions hors-site ?

→ **Quelles solutions hors-site peuvent être intégrées à ce projet ?**
Préfabriqué, modulaire, éléments en béton, en bois, panneaux isolants, systèmes préassemblés, etc.

Éléments à avoir en tête pour poursuivre la réflexion

En **rénovation, le hors-site** est particulièrement pertinent pour des **bâtiments aux formes simples et répétitives**, construits majoritairement **entre les années 1950 et 1990**, période marquée par l'industrialisation du bâtiment et la standardisation des trames. Il concerne en priorité les **immeubles de logement collectif** de type **barres, plots et tours**, aux façades planes et aux portées régulières, initialement réalisés en **béton armé ou béton préfabriqué**, qui se prêtent très bien à la pose de **façades hors-site intégrant isolation thermique, menuiseries et finitions**.

Cette cible constitue le cœur des opérations de rénovation énergétique soutenues par la Banque des Territoires.

Les **bâtiments d'enseignement** (écoles, collèges, lycées) construits entre **1960 et 1985**, généralement en **structures béton avec façades préfabriquées ou maçonnées**, et organisés autour de **salles répétitives et de circulations linéaires**, sont également très adaptés au hors-site, notamment pour des rénovations rapides pendant les vacances scolaires, orientation partagée par la Direction de l'Immobilier de l'État.

Les **bâtiments de santé et médico-sociaux** édifiés entre **1970 et 1990**, souvent en **béton poteaux-dalles**, se prêtent à la préfabrication de **chambres, salles d'eau et gaines techniques**, limitant les interventions en site occupé, un enjeu clé pour le Ministère de la Santé.

Les **bureaux tertiaires des Trente Glorieuses**, caractérisés par des plateaux libres, des façades rideaux ou maçonnées, et une structure béton ou acier, sont particulièrement propices au hors-site pour la **rénovation des enveloppes, la réversibilité des usages** et l'intégration de systèmes techniques préassemblés, en cohérence avec les analyses de l'Institut Paris Region.

Enfin, les **bâtiments industriels et logistiques** des années **1960 à 2000**, aux **volumes simples, portiques métalliques et bardages légers**, ainsi que les **résidences gérées et hôtelières** à chambres standardisées, constituent des cibles privilégiées pour des solutions hors-site en rénovation.

À l'inverse, les bâtiments antérieurs à 1948, à **géométrie complexe**, en **maçonnerie massive ou patrimoine protégé**, relèvent davantage d'approches hybrides.

Globalement, la rénovation hors-site est la plus performante lorsque le bâti existant combine **formes simples, trames régulières et structures béton ou acier**, permettant une industrialisation efficace et une forte réduction des nuisances et des délais.

Nacarat-39 maisons individuelles-2015-Hornoy architecture © edwood

Analyse des contraintes techniques et de faisabilité

Questions à se poser

→ **Quels sont les impacts sur la structure existante ?**
Est-ce qu'une étude préalable de faisabilité est nécessaire pour intégrer ces solutions ? Quels travaux préparatoires seront requis ?

→ **Les solutions hors-site proposées s'adaptent-elles aux spécificités du site ?**
Problèmes d'accès, de logistique, de transport des éléments préfabriqués, contraintes géographiques, etc.

→ **Quel sera l'impact sur la gestion du chantier ?**
Comment le chantier sera-t-il organisé avec l'intégration du hors-site ? Quels sont les enjeux logistiques spécifiques ?

Éléments à avoir en tête pour poursuivre la réflexion

Dans l'analyse de la faisabilité technique de l'intégration de solutions hors-site en rénovation énergétique, il est indispensable d'aller au-delà du seul diagnostic énergétique pour considérer en détail les **contraintes constructives et structurelles du bâtiment existant**.

Cette phase vise à vérifier que les solutions industrialisées peuvent être adaptées, dimensionnées et pré-assemblées en tenant compte du mode constructif initial, de l'état du gros œuvre, des caractéristiques de l'enveloppe et des interfaces avec les éléments existants.

Elle repose notamment sur un **diagnostic thermique et technique approfondi** (performance de l'enveloppe, perméabilité, humidité, pathologies), mais aussi sur des relevés et études : nature des porteurs, capacité portante, gabarits des façades, hauteur du bâtiment, accès et logistique, possibilités de calepinage ou de modularisation, contraintes de levage et d'accrochage, continuité structurelle, et traitement des points singuliers.

L'objectif est de s'assurer que les éléments préfabriqués (panneaux, modules, façades rideaux, surfaçages isolants, éléments bois ou béton, systèmes techniques industrialisés) peuvent être intégrés sans modification lourde, et que le process hors-site apporte une plus-value réelle en termes de performance et de constructibilité.

Ce travail constitue un volet spécifique de faisabilité et se distingue de l'étude de conception classique, puisqu'il vise à valider en amont la compatibilité du bâti existant avec une approche industrialisée, condition indispensable pour sécuriser la suite du projet et optimiser le niveau de préfabrication.

L'impact sur le chantier est transformé : la phase d'assemblage sur site étant réduite à quelques semaines, contre plusieurs mois dans une approche traditionnelle.

À titre d'exemple, un bâtiment de 500 m² peut être assemblé en 3 à 5 jours sur site après livraison des modules. Toutefois, cela suppose une logistique parfaitement maîtrisée : il faut anticiper l'acheminement des modules volumineux (souvent jusqu'à 4 m de large), prévoir des moyens de levage adaptés et organiser les accès en fonction des contraintes urbaines ou topographiques.

INTERVIEW
de la ville de Raismes

Jean-Paul MOTTIER,

Adjoint à la transition, à l'aménagement et au développement du territoire communal

Rénovation de l'école Anne GODEAU dans la cadre de la démarche Energie Zéro Les premiers enseignements de ce qui reste une « belle aventure » largement plébiscité par les utilisateurs de l'école : les enfants et les enseignants !

→ ***Compétence du maitre d'ouvrage en matière d'écoconstruction.*** *Elle est indispensable dans les « grandes communes ». Elle peut être représentée par une personne qualifiée dans les domaines de la bioclimatique, des matériaux biosourcés, des procédés hors-site, des énergies renouvelables… à minima. Elle doit être en capacités d'assurer le suivi de chantier.*

→ ***Être accompagné par une équipe d'AMO, de la programmation jusqu'à la réception de l'ouvrage est impératif,*** *en particulier dans les petites communes qui ne disposent pas de services techniques. La Porte du Hainaut dans le cadre de son dispositif RENOV+, impose une AMO à toutes les communes engager dans un projet de rénovation/extension de bâtiments scolaires. Elle bâti le programme, lance les études diagnostics, en particulier les études structures, détection amiante pour s'éviter des mauvaises surprises, toujours préjudiciables, en phase travaux. Elles doivent être complétées d'études plus spécifiques en matière d'énergie (STD…), d'acoustique, de lumière (FLJ…) etc.*

→ *L'AMO doit veiller à ce que les équipes qui candidateront apportent des réponses sur le recours aux « hors-site » et exiger en phase travaux,* ***des tests de perméabilité à l'air*** *pour s'assurer de la bonne mise en œuvre de ces procédés.*

→ *Il est primordial que les* ***Bureaux de contrôles soient familiarisés avec les procédés Hors-site et le recours au bois*** *mais aussi à l'utilisation des matériaux biosourcés en particulier en matière d'isolants. Le confort d'été à désormais une place prépondérante dans la vie du bâtiment. Les utilisateurs doivent pouvoir bénéficier des vertus de ces éco matériaux autant en hiver qu'en été et durant toute la vie de l'ouvrage. Veiller à leur bonne mise en œuvre est donc essentiel pour ne plus avoir à intervenir durant toute la vie du bâtiment. Les bureaux de contrôles se doivent d'en être les promoteurs.*

→ ***Une attention particulière doit être portée sur les limites des travaux en site occupé****. Dans le cadre d'une réhabilitation « lourde » comme à Godeau, avec reprise des structures, désamiantage, évolution fonctionnelle de certains volumes (création d'une cantine…) recourir à une « école tiroir » est indispensable. Certes, installés des modulaires durant une petite année de travaux est couteux mais c'est le prix de la sécurité, de la tranquillité et de la sérénité pour tous les utilisateurs et particulièrement pour le maitre d'ouvrage !!*

→ *Dans une opération de rénovation, un regard attentif sur les espaces extérieurs doit être entrepris. Désimperméabiliser la cours d'école (de 40% à Godeau) pour planter des arbres, des espaces de jeux enherbés et générer des ilots de fraicheurs riches de biodiversité, est un premier pas. Le second est de récupérer les eaux pluviales résiduelles de toitures, de l'aire de sport etc. pour la diriger dans des cuves enterrées et l'utiliser pour l'arrosage, le nettoyage, les bacs de culture… il n'y a plus une goutte à perdre !*

INTERVIEW
de NORTEC
Guillaume MAURY,
Maître d'œuvre

→ ***Est-il possible de respecter les normes techniques et la réglementation (RE2020, sécurité incendie, accessibilité, etc.) avec le hors-site ?***

Les solutions hors-sites permettent de maîtriser le respect de la réglementation via l'industrialisation des process et la standardisation des matériaux. Les solutions industrielles existent et permettent des réponses variées pour les besoins spécifiques de chaque projet.

→ ***Quels sont les impacts sur la structure existante ?***

Ils sont à déterminer au cas par cas. Par exemple, sur le projet EnergieSprong de rénovation de 160 logements à Wattrelos pour VILOGIA, la mise en œuvre de modules de façades et toiture, en ossature métallique légère a nécessité la création de semelles filantes complémentaires en pied de façade afin de reprendre les nouvelles charges.

→ ***Est-ce qu'une étude préalable de faisabilité est nécessaire pour intégrer ces solutions ? Quels travaux préparatoires seront requis ?***

L'étude de l'existant est la première étape vers l'adoption d'une solution : sondages structurels, analyse des façades et de ses singularités, contraintes d'accès et surtout potentiel de standardisation.

SIGH-rénovation 40 maisons-2019 maîtrise d'œuvre NORTEC
©edwood

→ ***Les solutions hors-site proposées s'adaptent-elles aux spécificités du site ?***

Dans une certaine mesure, les solutions hors site ont une capacité d'adaptation, néanmoins, la standardisation est l'avantage principal des solutions hors site. Certains projets ne sont pas adaptés à ce choix : difficultés d'accès, exubérance de l'architecture, grande diversité de l'existant.

→ ***Problèmes d'accès, de logistique, de transport des éléments préfabriqués, contraintes géographiques, etc.***

Sur un projet comme Wattrelos, la mise en œuvre des panneaux de façade et de couverture implique l'immobilisation de la voirie pour la grue mobile ainsi qu'un roulement de véhicules poids lourds pour les livraisons. C'est un ballet à chorégraphier avec minutie afin de limiter l'impact pour les riverains.

→ ***Quel sera l'impact sur la gestion du chantier ?***

En gestion de chantier, l'impact se situe surtout dans la phase préparatoire qui doit être beaucoup plus poussée, en étroite collaboration avec le fournisseur afin d'entériner toutes les questions techniques dès la fabrication. De plus, il faut préparer les singularités de façade, exemple : l'enfouissement des réseaux ENEDIS, qui ne peuvent pas être gardés en façade.

→ ***Comment le chantier sera-t-il organisé avec l'intégration du hors-site ? Quels sont les enjeux logistiques spécifiques ?***

Le chantier va s'articuler autour de l'approvisionnement et de la mise en œuvre des panneaux de façade et couverture, qui créent un pic d'activité et qui rythment les travaux préparatoires à réaliser avant leur arrivée. Il est donc primordial d'en maîtriser le cadencement avec le fournisseur.

Analyser les impacts financiers et les sources de financement

Questions à se poser

→ **Quel est le coût global du projet avec la solution hors-site comparé à une rénovation traditionnelle ?**
Comparaison des coûts d'achat, de fabrication, de transport et de montage

→ **Quels sont les potentiels gains financiers (réduction des délais, optimisation des coûts de main-d'œuvre, économies d'énergie, etc.) ?**

→ **Quelles sont les sources de financement disponibles ?**
Subventions pour la rénovation énergétique, aides à l'innovation, prêts spécifiques pour le hors-site, partenariats public-privé, etc.

→ **Comment intégrer le financement dans le cadre du budget prévisionnel ?**

Éléments à avoir en tête pour poursuivre la réflexion

Le recours au hors-site, bien qu'il implique des coûts initiaux parfois plus élevés en phase de conception et de fabrication, tend à **réduire le coût global du projet** comparé à une rénovation traditionnelle. En effet, les coûts de main-d'œuvre sur site sont réduits de 30 à 50 %, car la majorité des tâches sont transférées en usine où la productivité est optimisée. De plus, la phase chantier est beaucoup plus courte : un projet modulaire peut être livré en 3 à 5 jours après la réalisation des fondations, contre plusieurs mois pour une rénovation classique.

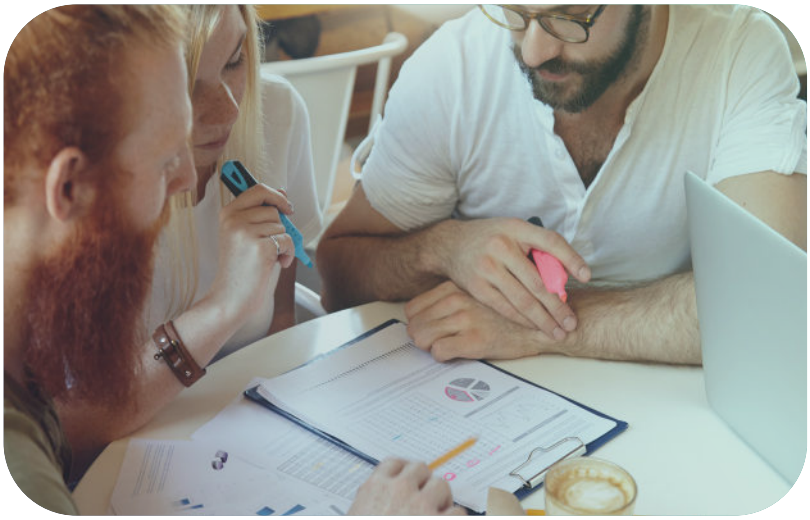
Ce **gain de temps** permet de **réduire les frais de maîtrise d'œuvre, de location et de gestion de chantier** (échafaudage, bases vie, sécurité), ce qui peut représenter jusqu'à 15 % d'économies. Côté **transport**, bien que le déplacement de modules volumineux implique un surcoût logistique, il est compensé par la baisse des rotations de camions liés à l'approvisionnement traditionnel.

Quant aux **coûts énergétiques post-rénovation**, ils sont significativement réduits grâce à la performance thermique des éléments préfabriqués : la démarche EnergySprong, appliquée dans les Pays-Bas et en France, permet d'atteindre des bâtiments à consommation énergétique quasi nulle, générant ainsi des **économies sur les factures pouvant aller jusqu'à 70 %**.

Concernant le **financement**, plusieurs dispositifs peuvent être mobilisés : les **aides de l'ANAH**, les subventions des collectivités (EPCI / Région), plutôt orientées sur la performance énergétique, ainsi que les dispositifs européens (FEDER) ou les appels à projets portés par l'ADEME.

Certains projets s'appuient aussi sur des **montages en partenariat public-privé (PPP)**. Des **prêts bonifiés** sont proposés par la Banque des Territoires pour les rénovations à haute performance environnementale.

Enfin, il est essentiel d'intégrer ces aides dans le **budget prévisionnel global** dès la phase de conception, en mobilisant des AMO spécialisés capables d'optimiser le plan de financement. Ainsi, malgré un investissement initial potentiellement plus structurant, la solution hors-site offre une **rentabilité à moyen terme plus favorable**, tant en termes financiers que de durabilité et d'image pour le maître d'ouvrage



INTERVIEW
de Vilogia

Pascal VANDENBUSSCHE,
Chef de projet R&D Ingénierie

→ *Plusieurs projets de rénovation Hors-Site ont été développés chez Vilogia, majoritairement cadrés par un projet Européen type Interreg ou autre, permettant de bénéficier de subventions spécifiques.* ***Ainsi, le surcoût du Hors-site est intégralement compensé. C'est dans ce cadre qu'un comparatif économique HS biosourcé (ballot de paille 22 cm) vs Tradi (non biosourcé, à performance thermique équivalente) a été réalisé.*** *Résultat : un surcoût de façades HS d'environ 25%.*

→ *Les aides financières paraissent fondamentales à l'incitation des MOA à la rénovation HS.*

→ *De même, la sollicitation des acteurs de la filière HS, à se lancer et à s'adapter aux marchés importants de la rénovation, est indispensable.*

→ *Concernant* ***les coûts associés au Hors Site, un point de vigilance doit être appréhendé concernant l'adaptation des éléments préfabriqués*** *vis-à-vis de l'existant et notamment la capacité portante de ce dernier. Un diagnostic structurel poussé et qualitatif est indispensable. Longrines support, fondations, déplacement de réseaux, etc… peuvent apporter un coût non négligeable à l'opération…*

→ ***Une approche en coût global doit être appréhendée pour la rénovation hors site : Une nouvelle façade très qualitative, thermiquement très performant, sans pont thermique, et perméable à l'air*** *permet des économies à moyen et long terme : longévité importante, réduction maintenance et entretien, protection de la brique, absence de sinistre, etc…, voir des économies sur les équipements de chauffage (convecteurs électriques par exemple au lieu de PAC).*

VILOGIA-Réhabilitation EnergieSprong 32logements-2023-DUJARDINAI PArchitectes ©ALTYN

INTERVIEW
d'Hors-site conseil
Pierric MARTIN,
Directeur Général Associé

En tant qu'assistant à maîtrise d'ouvrage, comment abordez-vous les enjeux de massification, souvent liés à des changements de méthode et au recours au hors-site, et comment cette approche se traduit-elle concrètement dans les démarches USH Pays de la Loire, Aura HLM, ARO HLM ainsi qu'à travers la méthode GRF et le projet LIFE mené avec RESSORTS et POUGET Consultants.

***En tant qu'AMO, nous considérons la massification comme un changement de modèle plus que comme un simple changement d'échelle.Elle suppose de passer d'opérations « uniques » à des séries, en s'appuyant sur la standardisation, la donnée et souvent le hors-site**, il est également apparu dernièrement la notion de mutualisation face à la massification, ce terme permet de se défaire d'une image trop souvent "répétitive" des projets face à des enjeux très locaux et urbains très spécifiques.*

L'enjeu n'est pas seulement de faire plus vite, mais de sécuriser qualité, coûts et performance énergétique dans la durée.

Les démarches régionales montrent que la clé n'est pas de commencer par les patrimoines les plus complexes mais bien de commencer par apprendre à faire ensemble et définir le plus tôt possible les règles du jeu entre les organismes qui vont embarquer dans la démarche..

L'expérience USH Pays de la Loire avec MASH et l'étude stratégique hors-site illustre une logique d'intelligence collective. Les bailleurs apprennent d'abord à partager leurs besoins, à qualifier un patrimoine compatible et à préfigurer des achats groupés, avec à chaque étape, un besoin de définir les détails programmatiques et budgétaires.

Cette première étape sert de socle à des montages ultérieurs plus ambitieux, avec des séries plus importantes et des typologies plus variées.

AURA HLM suit la même logique côté rénovation, avec une démarche de massification réunissant un large collectif de bailleurs.Le projet de centrale d'achat vise à acheter plus vite, mieux et moins cher, tout en laissant à chaque organisme la maîtrise de sa stratégie patrimoniale.

*Là encore, **la priorité est de construire des familles-types de bâtiments et des cahiers des charges communs, avant de viser des montages plus sophistiqués ou multi-territoires**.*

En Bretagne, l'ARO HLM travaille à un marché massifié de réhabilitation performante à l'échelle régionale. Le travail porte d'abord sur l'analyse du parc, l'identification des typologies favorables à l'industrialisation et la construction d'un langage commun entre bailleurs et entreprises.Cette montée en compétence partagée crée les conditions d'un recours plus sûr aux méthodes modernes de rénovation pour les enveloppes, façades et systèmes préfabriqués.

C'est dans ce cadre et grace au projet Life GIGA REGIO FACTORY que nous avons pu concevoir une méthode de classification des bâtiments et en lien avec de nombreux retours d'expérience, proposer un outil opérationnel au service de l'accélération de la rénovation pour les organismes.

La méthode GRF (Giga Regio Factory), portée dans le cadre du programme LIFE, vient structurer cette approche. Elle propose d'outiller l'agrégation : qualification fine des logements, stratégies de regroupement intelligentes, processus industriels ouverts et réplicables, pour des rénovations efficaces et pérennes. L'objectif est bien là de passer de quelques centaines à plusieurs milliers de logements très performants, sans perdre la maîtrise locale des projets.

Dans tous ces exemples, la massification ne commence pas par la mutualisation « XXL » de dossiers hétérogènes.

Elle commence par l'apprentissage : travailler ensemble sur un patrimoine compatible, stabiliser les standards, sécuriser la chaîne industrielle, ancrer les processus de pilotage. Ce n'est qu'ensuite que l'on peut élargir progressivement à des patrimoines plus complexes, en mobilisant pleinement les solutions hors-site.

Sélectionner les partenaires et les prestataire

Questions à se poser

→ **Qui sont les fournisseurs de solutions hors-site avec lesquels collaborer ?**
Quelles entreprises proposent des solutions adaptées à ce type de rénovation (préfabricants, entreprises spécialisées en hors-site, industriels locaux) ?

→ **Quels sont les critères de sélection des prestataires (qualité, expérience, références, certifications) ?**

→ **Quel est le rôle des différents acteurs sur le projet ?**
Architectes, bureaux d'études, entreprises de construction, experts en transition énergétique, etc.

Éléments à avoir en tête pour poursuivre la réflexion

Dans un projet de rénovation énergétique intégrant des solutions hors-site, la manière de travailler diffère sensiblement entre **maîtrise d'ouvrage publique (MOA publique) et maîtrise d'ouvrage privée (MOA privée)**. La MOA publique doit se conformer à des règles strictes de marché public, ce qui implique souvent des procédures formalisées pour la sélection des entreprises, la consultation des prestataires et le suivi administratif du projet, avec un accent sur la transparence, la traçabilité et la conformité réglementaire.

Les décisions passent généralement par plusieurs instances ou comités, ce qui peut allonger les délais mais assure un contrôle strict des dépenses et des critères de performance.

En revanche, la MOA privée bénéficie d'une plus grande flexibilité dans l'organisation et la contractualisation : elle peut engager plus rapidement des partenariats avec des industriels du hors-site, expérimenter des solutions modulaires ou préfabrication innovantes, et ajuster le niveau de service de l'AMO ou du bureau d'études selon les besoins du projet.

Le succès d'un projet de rénovation en hors-site repose largement sur le choix rigoureux des partenaires industriels et techniques. Le CD2E propose un référencement (non exhaustif) de ces professionnels, sur son site internet. Ces acteurs proposent des solutions adaptées à la rénovation : panneaux de façades isolants, modules techniques 3D, structures bois, béton bas carbone, etc.

Le choix du prestataire repose sur des **critères précis** : la qualité de fabrication, les références sur des projets similaires, la maîtrise des normes (RE2020, accessibilité, sécurité incendie), mais aussi la **capacité logistique** à gérer des chantiers complexes et occupés. Les certifications telles que **ISO 9001, CE**, ou **certifications environnementales (FSC, PEFC, E+C-)** sont également des gages de fiabilité.

Le rôle des acteurs du projet est profondément transformé dans une approche hors-site. **Les architectes** doivent penser la modularité dès la conception, en intégrant les contraintes d'assemblage et de transport.

Les bureaux d'études techniques (BET), souvent associés à un BET thermique, interviennent en amont pour anticiper les performances énergétiques, les raccords et l'intégration des modules.

Les entreprises de construction assurent la pose des modules et les travaux de fondation ou de finition. **Les AMO et experts en transition énergétique**, quant à eux, accompagnent la définition du programme, la recherche de financements (ex. : aides à la rénovation énergétique) et la coordination des phases. L'organisation devient **collaborative**, chaque acteur intervenant dès l'amont.

Ce travail transversal permet d'anticiper les aléas, d'optimiser les coûts et d'assurer la qualité globale de l'ouvrage rénové.

INTERVIEW
de Pas de Calais Habitat
Gauthier TRUBLIN,
Expert Innovation

L'industrialisation et la construction Hors site modifient radicalement les pratiques du secteur du bâtiment. cependant le terme "hors-site" recouvre deux approches très distinctes :

- *Le modulaire 3D (neuf) : la fabrication en usine de volumes complets permet une standardisation maximale, une grande répétabilité et un contrôle qualité optimal. c'est l'application pleine et entière de la logique industrielle (production en série, rapidité de chantier, coûts et performances maîtrisés) dans un environnement contrôlé*
- *Le hors site sur bâti existant : cette approche est bien plus complexe et moins prévisible, elle doit s'adapter aux défauts de l'existant (tolérances imprécises, géométries irrégulières, pathologies). Chaque élément préfabriqué doit être adapté sur semure à un support non conçu pour lui, ce qui complexifie la standardisation et exige une ingénierie en conséquence.*

Pas-de-Calais habitat a fait le choix de se concentrer dans un premier temps au modulaire 3D en se basant sur une approche industrialisée et une construction hors site, visant à optimiser l'efficacité, la flexibilité et la qualité.

Cela se traduit par :

- *Structure primaire flexible : Les logements sont conçus avec une trame de poteaux-poutres en béton, formant un grand plan libre à chaque niveau, ce qui permet **un aménagement intérieur entièrement modulable avec des cloisons non porteuses, offrant une grande adaptabilité aux besoins des locataires**.*
- *Préfabrication en usine (Techniques Sèches) : **Les panneaux de façade en ossature bois, incluant l'isolant, les menuiseries et le bardage, sont préfabriqués en usine et assemblés sur site**, avec chaque panneau ayant la hauteur d'un niveau. Les modules sanitaires (salles d'eau et salles de bain) sont également préfabriqués et livrés finis sur site. Cette approche utilise des «techniques sèches», évitant l'usage de matériaux en phase aqueuse en atelier et garantissant des produits finis de haute qualité, prédécoupés selon la modélisation 3D.*
- *Simplification des volumétries : Les bâtiments arborent **une forme rectangulaire sans redent**. Ce choix est dicté par la volonté de limiter les coûts de construction, d'assurer de bonnes performances thermiques et de faciliter l'industrialisation des façades en bois préfabriquées, ainsi que leur mise en œuvre rapide et efficace sur site.*
- *Optimisation de l'emprise au sol et gestion des eaux : La faible hauteur des constructions et la faible imperméabilisation des sols sont des choix structurels qui limitent les coûts de VRD (Voirie et Réseaux Divers) et favorisent l'infiltration naturelle des eaux pluviales sur le site.*
- *Évolutivité des logements : Le système constructif intégré permet de **modifier facilement les typologies de logements (ex: transformer des T2 en T3, T4, voire T6) et de prolonger les volumes** avec l'ajout de trames supplémentaires si nécessaire, assurant une pérennité et une adaptabilité de l'habitat.*
- *Intégration paysagère : La conception intègre des éléments tels que la faible hauteur des constructions, l'utilisation du bois pour les façades et les toitures à deux pans, contribuant à **une insertion harmonieuse du projet dans son environnement**, particulièrement en lisière de commune.*

Éléments à avoir en tête pour poursuivre la réflexion

Le ***hors-site*** en rénovation transforme le secteur du bâtiment en déplaçant la majorité des opérations de conception, fabrication et assemblage des éléments en atelier ou usine, avant leur mise en œuvre sur site, ce qui améliore la qualité, réduit les délais, les coûts et les nuisances de chantier tout en maîtrisant les performances environnementales.

Cette approche repose fortement sur l'intégration précoce et la **coopération étroite entre maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, industriels préfabricateurs, bureaux d'études et fournisseurs**, qui partagent leurs savoir-faire, planifient ensemble et structurent des synergies (réseaux d'acteurs, écosystèmes de coopération) pour optimiser la conception et la production de modules adaptés aux besoins du projet ; cette mutualisation des compétences favorise l'innovation organisationnelle et technique dans les modes constructifs et lors de la mise en œuvre de solutions bas carbone.

Par exemple, des partenariats récents entre opérateurs du hors-site, des assistants à la maîtrise d'ouvrage et des clusters régionaux montrent comment la coopération territoriale permet de structurer une **offre innovante intégrée et adaptée à la rénovation industrielle des bâtiments**, tout en renforçant la structuration des filières locales et les compétences des acteurs impliqués. Batipresse+1

L'innovation dans ce contexte ne se limite pas à la technologie, mais implique une transformation collective des pratiques professionnelles et des chaînes de valeur.

Enfin, loin d'être un risque pour le maître d'ouvrage, le hors-site peut réduire l'incertitude du projet : la préfabrication en atelier permet d'anticiper les problèmes, de tester et valider plus facilement les assemblages et de limiter les aléas de chantier - ce qui se traduit par une meilleure maîtrise des coûts et des délais et par une diminution des imprévus pour le maître d'ouvrage, tout en offrant la possibilité d'intégrer des systèmes et matériaux performants répondant aux exigences environnementales actuelles. Direction générale des Entreprises+1

INTERVIEW
du CSTB

Franck LEGUILLON,
Responsable de Pôle recherche et expertise

La préfabrication hors-site constitue une piste prometteuse pour accélérer la massification des rénovations des bâtiments. Le CSTB a accompagné plusieurs concepts de solutions à base d'éléments préfabriqués dans le cadre des projets RENOSTANDARD et RESTORE du programme PROFEEL.

En effet, la préfabrication permet de limiter les étapes de mise en œuvre en assemblant directement un ensemble de composants en atelier. Le temps de présence des artisans sur le chantier est ainsi réduit offrant un confort pour la réalisation des gestes techniques à l'abri des intempéries.

Suite...
INTERVIEW du CSTB
Franck LEGUILLON

Deux grandes familles de préfabrication semblent émerger : grands panneaux préfabriqués pour les toitures et les murs ou les caissons manuportables. Les grands panneaux présentent l'avantage de limiter le nombre d'interface souvent le siège de non-qualité.

Ils impliquent néanmoins un changement important des habitudes de mise en œuvre des artisans devant se spécialiser dans l'utilisation des moyens de levages lourds.

Les caissons manuportables constituent une alternative intermédiaire intéressante mixant certains avantages de la préfabrication sans changer en profondeur les habitudes. Ils offrent par ailleurs plus de souplesse en termes de choix de matériaux de remplissage isolant (insufflation, vrac, panneaux souples, panneaux semi-rigide).

Dans le cas d'une rénovation plusieurs enjeux importants doivent être considérés dans l'emploi de ce type de procédé.

*En premier lieu, **les enjeux liés à la sécurité sont à prendre en considération comme la sécurité incendie ou bien les aspects structuraux**.*

Bien que les panneaux rapportés ne soient en général pas des éléments structuraux ceux-ci ne doivent pas s'effondrer ou risquer de blessé des personnes sous l'effet des charges statiques ou dynamiques (séisme, vent).

Les règles de dimensionnement ne seront donc pas les mêmes selon la localisation du projet. Un diagnostic approfondi du bâtiment existant sera primordial afin de connaître précisément la nature des murs, la nature du sol (étude géotechnique) et le type de fondation afin de dimensionner convenablement les organes de fixations et s'assurer que le bâtiment a la capacité de supporter le poids des composants rapportés.

*Les enjeux thermiques et hygrothermique sont également très important à considérer dans la conception d'une solution d'isolation à base de panneau préfabriqué. En particulier **il faudra éviter la circulation d'air froid entre le panneau et le mur support soit en assurant un traitement soigné de l'étanchéité à l'air à la périphérie des panneaux soit en concevant un panneau préfabriqué capable d'épouser parfaitement les irrégularités du support existant**.*

Sans cela, une circulation d'air froid entre le panneau isolant et le mur est susceptible de se créer ce qui limitera considérablement la performance de l'isolation et accentuera le risque de condensation entre le panneau et le mur. Par ailleurs, afin de vérifier l'absence de risque lié à l'humidité dans le panneau, la réalisation d'une étude spécifique est recommandée en s'appuyant sur le guide SIMHUBAT consultable sur le site proreno (SimHuBat - Pro'Réno).

Ceci est particulièrement important lorsque des éléments sensibles à l'humidité sont utilisés comme les ossature bois ou les isolants Biosourcés.

L'impact des ponts thermiques à l'interface entre panneaux est un élément important à prendre en considération même lorsque le cadre du panneau est en bois. En effet, le bois a une conductivité thermique en générale 3 à 5 fois plus élevé qu'un isolant courant...

Ce phénomène sera d'autant plus impactant que les panneaux sont petits impliquant une dégradation de la performance thermique pouvant aller jusqu'à 25% (cf site applications aux règles Th-bat « parois opaque » Documents d'application | RT-RE-bâtiment).

***Le CSTB a mis en place depuis quelques années une certification QB53 sur la construction modulaire offrant un cadre d'évaluation tierce partie de la qualité de la fabrication des composants modulaires**.*

Dans le cas de panneaux à ossature en bois ou en structures bois conforme aux normes NF DTU 31.4 ou disposant d'un Avis Technique, cette certification permet de fiabiliser les caractéristiques attendues des panneaux selon la mise en œuvre visées.

INTERVIEW
de BLAU

Marie BLANCKAERT,
Gérante, Architecte DPLG, Urbaniste

Imaginée pour le concours innovation Energie Sprong 2021, ELEMENT'R est une solution modulaire, standardisée et préfabriquée pour l'isolation de la façade. Dans le cadre du projet Restore, mené par le CSTB, nous avons développé **la version « maison individuelle », ajoutant aux facteurs de conception le caractère manuportable**.

*Le système de "***caissons sur catalogue***" permet par combinaison d'isoler des façades rapidement. L'index de produits est évolutif dans le temps (innovation matériaux, adaptation à la mise en œuvre) et dans l'espace (ressources locales). Le dimensionnement des modules en conception paramétrique a permis de fixer les dimensions des caissons grâce aux données d'entrées suivantes : dimensions des matériaux isolants, panneaux de contreventement, matériaux de bardage permettant d'avoir des éléments manuportables avec la volonté de* **limiter les chutes et de couvrir 80% d'une façade par des éléments standards** *(cas d'étude donné au logiciel) ; les 20% restants étant des modules constitués sur mesure qui s'adaptent à la trame ou à une spécificité du bâti.*

MAISONS & CITES-CAMUS-2024-BBNE-REDCAT-BLAU-NORTEC- SYMOE © REDCAT Architecture

Gérer les risques et la conformité juridique

Questions à se poser

→ **Quels sont les risques juridiques et assurantiels liés à l'intégration de solutions hors-site ?**
Responsabilité des acteurs, assurance décennale, conformité aux normes de sécurité et d'accessibilité.

→ **Quels sont les impacts en termes de contrats et de gestion des travaux ?**
Modèle contractuel spécifique pour le hors-site, respect des délais et gestion des litiges éventuels.

→ **Comment anticiper les risques liés à la chaîne d'approvisionnement (retards de fabrication, transport, etc.) ?**

Éléments à avoir en tête pour poursuivre la réflexion

L'intégration de solutions hors-site dans un projet de rénovation implique des **risques juridiques et assurantiels spécifiques**, qu'il convient d'anticiper dès la phase de conception. Sur le plan de la **responsabilité des acteurs**, le hors-site modifie les rôles classiques : les fabricants de modules deviennent des constructeurs au sens de l'article 1792 du Code civil, ce qui les engage au titre de la **garantie décennale** sur les éléments qu'ils produisent.

Il est donc essentiel de s'assurer que tous les intervenants disposent d'une **assurance adaptée couvrant les ouvrages hors-site**, notamment en ce qui concerne la solidité, la conformité aux normes de sécurité incendie, d'accessibilité et thermiques (RE2020).

Les **assureurs** doivent être impliqués très en amont pour valider les systèmes constructifs, les procédés et les modes d'assemblage utilisés. En matière contractuelle, le hors-site impose souvent un **modèle de marché global de performance** ou de conception-réalisation, dans lequel l'engagement sur les délais et les performances énergétiques est intégré dès la commande.

Ce type de contrat permet de mieux gérer les risques de litiges, mais demande une coordination renforcée entre tous les acteurs.

Par ailleurs, les **risques logistiques et industriels** sont majeurs : un **retard de fabrication en usine**, une **rupture dans la chaîne d'approvisionnement** ou un **incident de transport** peuvent désorganiser tout le projet, puisque le chantier dépend entièrement de l'arrivée des modules.

En 2021, près de 38 % des projets hors-site en Europe ont subi des retards liés à des problèmes logistiques ou de sous-traitance (source : Patch Conseil, Observatoire Construction Tech®).

Pour limiter ces risques, il est recommandé de recourir à des prestataires locaux ou intégrés (ayant leur propre chaîne de production), de prévoir des **clauses contractuelles sur les délais**, et d'organiser une **planification logistique fine** (fenêtrage des livraisons, conditions de grutage, stockage tampon).

Enfin, l'usage du **BIM et des maquettes numériques** facilite le suivi contractuel, le contrôle qualité, et la traçabilité des composants, permettant ainsi de **sécuriser juridiquement le projet** dans sa globalité.

INTERVIEW
de LPA LAW

Stephan LESAGE-MATHIEU,
Avocat Associé

***Sur l'approche juridique**, que l'on raisonne en contrat hybride fourniture-travaux ou en marché de travaux intégrant du hors-site, **nous utilisons le plus souvent une matrice contractuelle baptisée CORELIAS**, pour Conception Réalisation Livraison Assemblage, car ces quatre termes balisent chaque étape juridique importante d'un processus hors site.*

Cette matrice prévoit une organisation du travail en cotraitance avec un contrat de groupement momentané d'entreprises associant le fabricant et l'architecte et, en cas de contrat unique avec le client, un contrat de conception-réalisation, avec un nouveau positionnement du maître d'œuvre.

En effet, le client / maître d'ouvrage ne va pas vouloir jouer un rôle actif dans l'usine, qui se situe généralement en dehors de sa sphère d'influence (sauf usine sauf usine éphémère dédiée ?). La maîtrise d'œuvre, au sens de conception, de design du projet puis de conduite et coordination des opérations intervient pour l'essentiel dans l'usine.

Se profile une dissociation entre la maîtrise d'œuvre de conception (+ d'exécution jusqu'en sortie d'usine et jusqu'à la technique d'assemblage en passant par la logistique / DfMA) et la maîtrise d'œuvre d'exécution à la sortie d'usine et sur le chantier pour le compte du client / de la maîtrise d'ouvrage qui voudra s'assurer que le projet avance bien selon le cahier des charges qu'il a validé. Le maître d'œuvre entre dans l'usine, où il lui incombe désormais à la fois d'assurer l'unicité de chaque projet et d'être le garant du process.

*Contractuellement, **la maîtrise d'œuvre de conception se situe plus du côté de l'entrepreneur que du côté du client / maître d'ouvrage**, d'où une inclination vers la conception-réalisation.*

INTERVIEW
d'Hors-site conseil

Pierric MARTIN,
Directeur Général Associé

En tant qu'AMO spécialisé dans le hors-site, comment orientez-vous les procédures et montages de marché en fonction des types d'ouvrages ?

*Le point de départ n'est pas la procédure, mais le **type d'opération** et le **niveau d'industrialisation recherché face aux enjeux de notre maître d'ouvrage**.*

À partir de là, on choisit un montage qui permet d'intégrer les industriels suffisamment tôt, de maîtriser les interfaces et de sécuriser délais, coûts et performances en fonction de la complexité architecturale du dossier et des technologies qui nous semblent pertinantes.

*Sur les projets **neufs**, lorsque le hors-site est structurant (3D, façades, salles de bains préfabriquées), la **conception-réalisation** est souvent la plus pertinente pour garantir une innovation maîtrisée et permet au maître d'ouvrage de faire*

Suite...
INTERVIEW d'Hors-site conseil
Pierric MARTIN

des opérations avec un impact fort dès les premiers programmes.

Elle permet :

- *d'associer très tôt architecte, bureaux d'études et industriels dans une logique de co-conception*
- *de laisser au groupement une réelle marge d'optimisation technique et industrielle,*

Nous portons, sur ce type de montage, une attention particulière à la place de l'architecte dans les groupements. La procédure mise en place sera également avec négociation, pour pouvoir, dès les premiers échanges, comprendre les enjeux des équipes et favoriser une réelle mise en concurrence.

Il nous arrive également d'accompagner des projets en "loi MOP", mais dans ce cas, nous privilégions des techniques d'achat plus spécifiques pour les macro-lots hors-site avec des consultations sur AVP ou la mise en place de dialogues compétitifs sur les lots concernés. Cela demande une certaine maîtrise du hors-site par la MOE et un Maître d'ouvrage impliqué souhaitant innover. Nous privilégions ce type de montage pour la 2D et les Salles de Bains.

*En **rénovation**, le contexte est différent : bâti existant à diagnostiquer, pathologies possibles, présence éventuelle d'occupants, contraintes de phasage. En fonction de la taille de l'opération, il arrive de plus en plus fréquement que nous privilégionsl la mise en place d'une Loi MOP avec des macro-lots le tout en procédure avec négociation ou dialogue compétitif.*

Le projet sera alors articulé suivant des étapes structurantes :

- *une phase de diagnostics et d'études permettant d'ajuster finement le programme en fonction de l'existant,*
- *une MOE capable de gérer les interfaces entre solutions hors-site (façades, salles de bains, pods techniques...) et structure existante,*
- *des marchés de travaux en macrolots alignés sur les grands blocs techniques (macro-lot enveloppe / façades préfabriquées », macro-lot « logements / salles de bains industrialisées », macro-lot « systèmes énergétiques », etc.).*

*Ce montage donne plus de **souplesse d'arbitrage** au maître d'ouvrage au fil des études : adaptation des choix techniques hors-site/traditionnel, intégration des contraintes de site ou d'occupation, ajustement des niveaux de performance. Ce type de montage en macro lots reste compatible avec le hors-site, tout en offrant un pilotage fin des risques liés à l'existant".*

La rénovation en hors site nécessite une **sélection rigoureuse des matériaux adaptés à leur usage prévu** afin de garantir à la fois **la performance structurelle, la sécurité des utilisateurs et la conformité juridique** de l'ouvrage.

Choisir le bon matériau - qu'il s'agisse de bois, de béton ou de métal - implique non seulement de répondre aux exigences techniques classiques (durabilité, résistance, compatibilité avec d'autres composants), mais aussi d'assurer que ces matériaux **respectent les normes et standards de construction applicables**.

Dans le contexte actuel, cela inclut l'obligation de conformité aux codes du bâtiment et aux normes techniques pertinentes, ainsi que la traçabilité complète des matériaux, notamment pour répondre aux obligations environnementales et de performance.

INTERVIEW
de la SOCOTEC

Olivier EMSCHWILLER,

Directeur de l'activité hors-site

Les risques d'inversion des flux de vapeur dans les murs à ossature : vigilance en phase provisoire

Dans un mur ou une façade à ossature bois, la vapeur d'eau migre naturellement de l'intérieur chauffé vers l'extérieur plus froid durant la saison hivernale.

Ce phénomène, parfaitement maîtrisé dans les conceptions modernes, repose sur un principe fondamental : concevoir la paroi de sorte que l'humidité puisse migrer et s'évacuer vers l'extérieur, en assurant un gradient de perméance et un comportement hygrothermique cohérents. Les membranes pare-vapeur côté intérieur et les pare-pluie perméables côté extérieur orchestrent ces transferts hygrothermiques, conformément aux prescriptions des DTU 31.2 et DTU 31.4 relatifs respectivement à la construction de maisons et bâtiments à ossature en bois et de façades à ossature en bois.

La phase provisoire de construction ou de rénovation constitue une période critique souvent sous-estimée. *Durant cette étape transitoire, l'enveloppe du bâtiment n'est pas totalement achevée : absence de parement extérieur, de finitions intérieures, ou de chauffage régulé.*

Dans ce contexte, les conditions climatiques extérieures, soit une forte humidité relative et un ensoleillement de la face extérieur de la paroi, peuvent générer des inversions de flux de vapeur particulièrement problématiques pour les parois à ossature bois.

En effet, en construction neuve, lorsque le mur ou la façade à ossature bois est exposée sans parement extérieur (ex. bardage ventilé), la membrane pare-pluie, souvent de couleur noire, est surchauffée par les rayonnements solaires.

Cette élévation de température côté extérieur inverse le gradient thermique habituel. La vapeur d'eau, présente dans l'air ambiant, migre alors vers l'intérieur de la paroi. Si le pare-vapeur est déjà posé côté intérieur, il devient une barrière empêchant l'évacuation de cette humidité, ce qui se traduit par une augmentation de l'humidité dans la paroi, voire une condensation derrière cette membrane.

Ceci est particulièrement problématique pour les isolants et matériaux biosourcés si cette humidité ne peut pas sécher rapidement. Si ce problème est récurrent, il peut devenir nécessaire d'ouvrir les membranes pare-vapeur afin de libérer le flux de vapeur et ventiler l'intérieur du mur.

En rénovation, la problématique peut être intensifiée. Les supports existants contiennent fréquemment de l'humidité résiduelle issue de leur vie antérieure. L'ajout d'une isolation par l'intérieur en ossature bois modifie significativement le comportement hygrothermique du mur existant.

Les matériaux biosourcés, hygroscopiques par nature, peuvent absorber cette humidité, augmentant leur teneur en eau bien au-delà des seuils admissibles (quantité et durée). L'inversion des flux peut mobiliser cette humidité stockée, la conduisant vers des zones où elle se condense.

Ces inversions de flux peuvent générer des pathologies graves : développement fongique de moisissures, dégradation des isolants biosourcés (ouate de cellulose, fibre de bois), voire, altération des éléments structuraux en bois. L'humidité excessive favorise le développement des moisissures et des

Suite...
INTERVIEW de la SOCOTEC
Olivier EMSCHWILLER

champignons lignivores. Dans les configurations les plus défavorables, si une humidité relative des bois supérieure à 20%HR est maintenue pendant une longue période, la durabilité du bois peut être affectée (NF EN 335, FD P20-651).

Afin d'anticiper ces phénomènes, des calculs par modélisation numérique peuvent être réalisés. Cependant il est nécessaire d'intégrer des multiples paramètres couplés : transferts thermiques par conduction et convection, capacité hygroscopique des matériaux, influence des discontinuités constructives, expositions à l'ensoleillement-pluie-vent, conditions climatiques variables... (NF EN 15026) Les simulations numériques hygrothermiques dynamiques (logiciel WUFI ou Delphin par exemple) permettent de prendre en compte ces paramètres.

Les problèmes liés aux inversions de flux ne sont pas instantanés mais résultent d'accumulations progressives sur plusieurs cycles journaliers, d'où l'importance de réaliser des calculs dynamiques transitoires qui tiennent compte de l'accumulation d'eau dans le temps et du possible séchage de la paroi. Le facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau (μ) ou son équivalent en épaisseur d'air (Sd) constitue un paramètre essentiel dans la conception de la paroi. Ce sont eux qui permettent d'anticiper correctement les risques de condensation interne.

Pour maîtriser ces risques, plusieurs stratégies doivent être déployées simultanément, en cohérence avec le DTU 31.2, le DTU 31.4 et les Règles Professionnelles et guides applicables en construction bois.

En phase provisoire, l'installation de protections temporaires sur les façades exposées au sud limite les surchauffes extérieures. La ventilation traversante de la structure, avant fermeture complète, permet l'évacuation de l'humidité de chantier. En rénovation, un diagnostic hygrométrique préalable du support existant est impératif, éventuellement complété par un séchage contrôlé avant pose de l'ossature bois. *Le phasage des travaux doit privilégier une fermeture rapide de l'enveloppe pour minimiser l'exposition aux variations climatiques. L'utilisation de membranes hygro variables validées par les Avis Techniques du CSTB, dont la perméance s'adapte à l'humidité relative ambiante, constitue une solution technique performante pour gérer les flux bidirectionnels.*

Enfin, l'instrumentation temporaire par capteurs d'humidité et de température au sein de la paroi permet un monitoring en temps réel, autorisant des interventions correctives précoces avant que les pathologies ne s'installent durablement, dans le respect des exigences normatives et réglementaires.

Lorsque les points d'attention hygrothermiques sont rigoureusement identifiés et les risques associés correctement managés, la construction hors-site s'impose comme une solution d'avenir particulièrement avantageuse pour les maîtres d'ouvrage, tant en construction neuve qu'en rénovation.

Cette approche industrialisée offre des performances remarquables : réduction de la durée d'exposition aux aléas climatiques, maîtrise de la qualité de mise en œuvre en environnement contrôlé, et conformité aux exigences normatives. Ainsi maîtrisée, la construction hors-site répond efficacement aux enjeux techniques et environnementaux de la construction".

Évaluer les impacts sur l'exploitation du bâtiment

Questions à se poser

→ **Comment l'intégration du hors-site impactera-t-elle l'utilisation et la durabilité du bâtiment ?**
La performance énergétique, la maintenance future, l'accessibilité, la flexibilité des espaces, la durée de vie des solutions hors-site.

→ **Comment garantir une bonne qualité de finition et l'adaptation des modules à l'usage du bâtiment ?**

→ **Quel suivi sera mis en place pour assurer la conformité du projet ?**

Éléments à avoir en tête pour poursuivre la réflexion

L'intégration du hors-site a un impact direct et durable sur l'**usage, la performance et la flexibilité** du bâtiment rénové. Grâce à la fabrication en usine dans des conditions maîtrisées, les éléments hors-site offrent une **qualité de finition élevée** et constante, bien supérieure à celle obtenue sur chantier traditionnel.

Les modules peuvent être livrés en 4D (pré-équipés) ou 6D (prêts à vivre), incluant isolation, revêtements intérieurs, réseaux et équipements, ce qui réduit les erreurs d'exécution sur site. Cette rigueur se traduit par une **meilleure performance énergétique**.

Le **suivi qualité** est assuré dès l'usine, avec des contrôles rigoureux à chaque étape (dimension, conformité, tests d'étanchéité, performances thermiques), suivis de **tests de réception sur site** lors de l'assemblage. Le **BIM** est un outil central dans cette approche : il permet d'anticiper les interférences, de simuler l'usage, et d'assurer une traçabilité complète du bâtiment.

Enfin, **un plan de maintenance** est souvent intégré dans les contrats globaux, facilitant le suivi dans le temps, notamment pour les composants remplaçables comme les façades ou les équipements techniques. Le hors-site ne transforme donc pas seulement la manière de construire, il améliore aussi l'**expérience d'usage et la pérennité du bâti**.

INTERVIEW
de VOE

Victor JUMEZ,
Développeur de boucles locales d'énergie

La conception de chaufferie en skid (châssis mobile préfabriqué) est une solution optimisée, offrant des bénéfices majeurs et une meilleure gestion de projet.

→ ***Maîtrise du Projet et Logistique :***

La construction en atelier réduit significativement les délais de chantier et la main-d'œuvre sur site, optimisant les coûts et le planning. Le concept «hors-site» permet un déploiement plus agile («mieux voyager»), facilitant l'accès à des marchés éloignés et étant plus acceptable pour les équipes d'installation.

→ ***Qualité et Performance :***

Les équipements sont intégralement testés et réglés en usine, garantissant un niveau de fiabilité et de performance maximal dès la mise en service. Le contrôle qualité est ainsi renforcé.

→ ***Installation et Sécurité :***

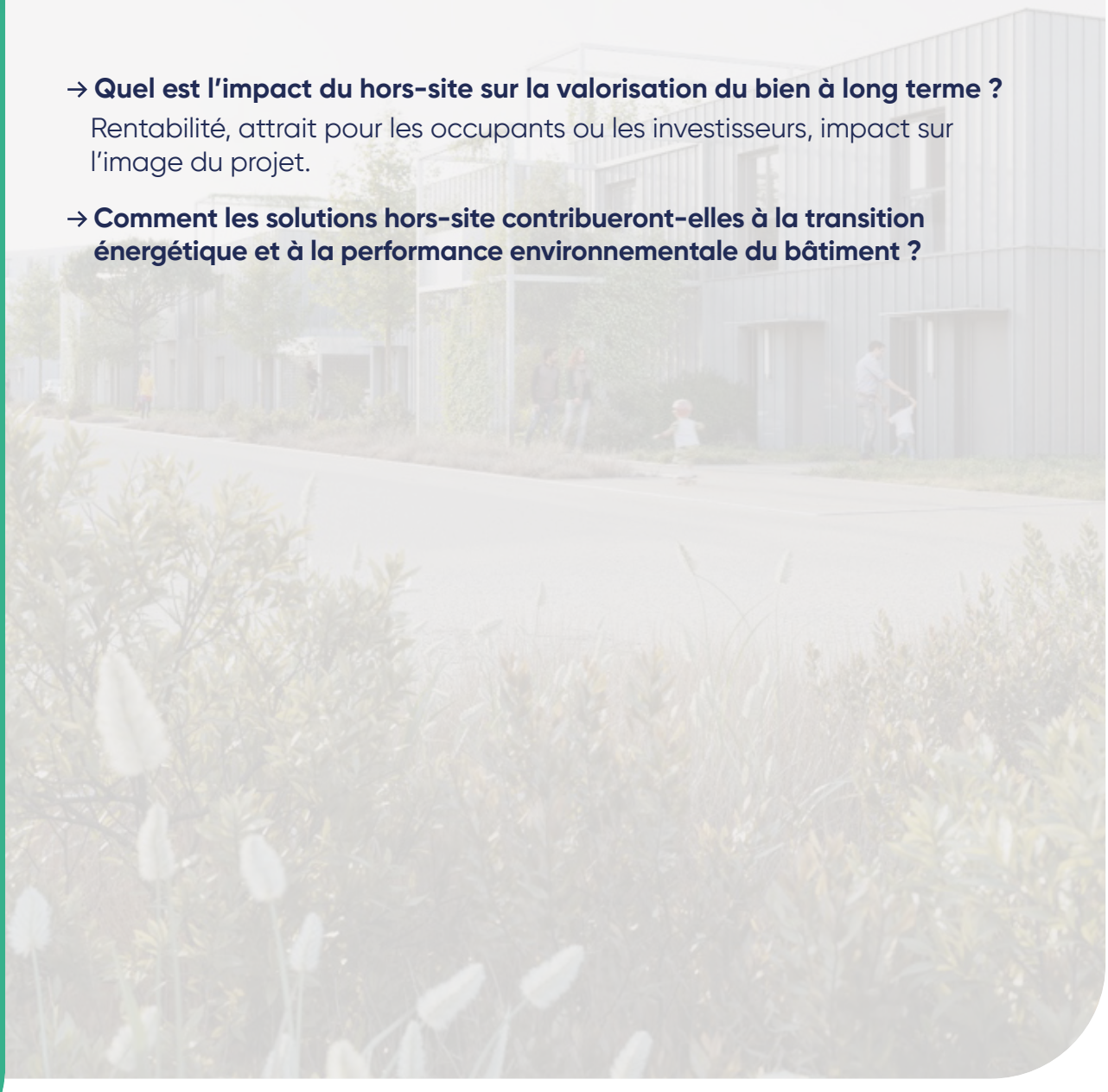
Livré prêt à raccorder, le skid simplifie l'installation et réduit les risques liés à la co-activité sur le chantier. Sa conception compacte et modulaire s'adapte aux contraintes d'espace et facilite les opérations de maintenance.

Mesurer les bénéfices à long terme

Questions à se poser

→ **Quel est l'impact du hors-site sur la valorisation du bien à long terme ?**
Rentabilité, attrait pour les occupants ou les investisseurs, impact sur l'image du projet.

→ **Comment les solutions hors-site contribueront-elles à la transition énergétique et à la performance environnementale du bâtiment ?**



Éléments à avoir en tête pour poursuivre la réflexion

L'intégration du hors-site dans un projet de rénovation a un **impact positif direct sur la valorisation du bien à long terme**, tant du point de vue économique qu'environnemental et symbolique. D'une part, la **qualité de construction industrialisée**, la **réduction des coûts d'exploitation** et la **maîtrise des performances énergétiques** renforcent la rentabilité globale du projet.

Des bâtiments rénovés avec des modules hors-site atteignent fréquemment des niveaux de performance qui les rendent **plus attractifs pour les investisseurs et les usagers** : réduction des charges, confort thermique et acoustique, maintenance facilitée.

Par exemple, les projets de rénovation énergétique menés via la démarche Energy Sprong en France ont permis de passer de logements énergivores à des bâtiments à énergie zéro, tout en maintenant les occupants en place.

À l'échelle de l'image du projet, le hors-site constitue un **vecteur fort d'innovation et d'exemplarité environnementale**. Il valorise le bâtiment comme une opération modèle en matière de transition écologique, un critère devenu essentiel dans les politiques publiques, les appels d'offres, ou encore pour répondre à des exigences ESG (environnement, social, gouvernance) dans le secteur immobilier.

Le recours à des **matériaux biosourcés** (bois, chanvre, isolants naturels), à une **logistique optimisée** (moins de déchets, moins de transport), et à une filière sèche limite drastiquement l'empreinte carbone du chantier. Selon SOCOTEC, **la réduction des émissions de CO2 peut dépasser 40 %** par rapport à une rénovation classique.

Enfin, cette démarche renforce la **résilience du bâtiment face aux évolutions climatiques et aux usages futurs** : modularité, adaptabilité, entretien facilité. Ces caractéristiques contribuent à maintenir, voire à augmenter, la valeur du bien dans le temps, en anticipant les futures obligations environnementales et les attentes des utilisateurs. Le hors-site devient ainsi un levier stratégique pour la **valorisation durable de l'immobilier**.

INTERVIEW
de SYNERPOD

Sébastien FOURNIER,
Fondateur et Gérant

L'entreprise SYNERPOD a une approche par composants conçus, standardisés, assemblés hors site et adaptés aux lots techniques fluides (électricité / CVC). SYNERPOD a développé la solution EnerPOD, le module énergétique, avec un focus sur le monitoring développé par l'entreprise.

*Intégrée à chaque EnerPOD, la **SynerBOX** assure le pilotage local de l'ensemble des équipements techniques du logement (PAC, VMC, compteurs, etc.), via une liaison filaire sans piles ni batteries. Tous les équipements, sélectionnés pour leurs performances, leur robustesse et leur réparabilité, communiquent selon des protocoles ouverts.*

Suite...
INTERVIEW de SYNERPOD
Sébastien FOURNIER

USH Pays de Loire - Savigné l'Evêque (72) - Maitre d'ouvrage : Mancelle Habitations - Juillet 2024

*Fonctionnant en local et en continu, la SynerBOX collecte les données et pilote les équipements pour assurer un confort optimal en toute saison. En parallèle, chaque SynerBOX est connectée en 4G (sans passer par la box internet du résident) aux serveurs de l'entreprise SYNERPOD. Ceux-ci centralisent les données et les analysent via la plateforme **SynerView**, dotée d'intelligence artificielle, qui permet à l'entreprise :*

- *De superviser en temps réel l'ensemble du parc installé : à noter, sur 300 POD installés au 24 novembre 2025, l'entreprise SYNERPOD affiche un taux de service de 98,8 % sur l'ensemble du parc.*
- *D'ajuster dynamiquement les logiques de pilotage selon les caractéristiques du logement, les usages, la météo, la disponibilité, le coût et l'empreinte carbone des énergies.*
- *D'assurer une maintenance prédictive et à distance, réduisant les déplacements, évitant les remplacements inutiles ou tardifs, et guidant les techniciens pour des interventions ciblées, sur site ou dans l'usine pour des opérations de rétrofit, ce qui permet à l'entreprise d'aider la maîtrise d'ouvrage dans ses choix techniques sur la base de données avérées.*
- *De coacher énergétiquement les locataires : à noter que sur 300 POD installés, plus de 85 % des appels concernent l'accompagnement des occupants.*

Grâce à cette organisation, l'entreprise SYNERPOD est en mesure de garantir confort, performance et coût global optimisés en continu et sur le long terme. Cette maîtrise permet même de s'engager sur un TCO connu (coût global de possession) et, dans certains projets comme EnergieSprong, sur des factures énergétiques nulles (E=0) pour les usagers.

Issue de l'expérience du lot 2 de MASH, l'entreprise SYNERPOD a identifié plusieurs leviers utiles pour la maîtrise d'ouvrage afin de réussir pleinement un projet hors site :

Suite...
INTERVIEW de SYNERPOD
Sébastien FOURNIER

→ ***Contractuel :***

- ***Privilégier la conception-réalisation****, ce qui permet un dialogue dès les phases amont pour une meilleure intégration des composants industriels.*
- ***Maîtriser le planning :*** *jalons respectés pour la validation des études afin de pouvoir lancer les approvisionnements et la préfabrication ; rôle de l'AMO sur le pilotage.*
- ***Donner de la visibilité****, assurer une récurrence (accord-cadre) avec du volume (marchés subséquents) et surtout une régularité dans l'enchaînement des projets afin de maintenir un rythme.*
- ***Prévoir une boucle de rétroaction à la fin de chaque marché*** *pour améliorer et optimiser dans un principe gagnant/gagnant.*

→ ***Finance :***

- *En phase CAPEX, le financement du hors-site diffère du traditionnel :* ***« quand c'est préfabriqué, c'est payé »****, même si ce n'est pas encore posé, ce qui impose un modèle économique spécifique pour pérenniser les entreprises du secteur. L'objectif est de générer un BFR positif afin de soutenir le développement social (par exemple avec des partenaires issus de l'économie solidaire tels que Chênelet) et l'amélioration technique plutôt que de financer du stock.*
- *En OPEX, adopter* ***une approche en coût global incluant la garantie de performance des systèmes sur le long terme :*** *non seulement la maîtrise des interventions et des pièces détachées, mais également le coaching énergétique et un meilleur paramétrage des équipements grâce au monitoring.*

Selon une analyse récente, les bâtiments conçus avec des solutions hors-sites présentent une meilleure performance en phase exploitation et nécessitent moins d'efforts de maintenance, tout en offrant une plus grande adaptabilité aux évolutions d'usage (par exemple, démontage ou réaménagement de modules) - ce qui est un facteur clé pour réduire les coûts d'exploitation à long terme. HORS SITE

D'autre part, la **modularité inhérente aux solutions hors-site** favorise une **maintenance plus simple et moins intrusive :** les composants standardisés peuvent être **remplacés individuellement sans perturber l'ensemble du bâtiment**, ce qui diminue les coûts et les temps d'arrêt, et améliore la prévisibilité des interventions.

Cette logique s'inscrit parfaitement dans une approche de **coût global**, qui prend en compte non seulement l'investissement initial, mais aussi les dépenses liées à la maintenance, à la gestion des équipements et à la fin de vie du bâtiment ; comme le rappelle la définition du coût global, ces phases peuvent représenter une part majoritaire des dépenses sur la durée de vie d'un ouvrage, bien au-delà des coûts de construction initiaux. Ministère de la Transition écologique

Enfin, des études et retours d'expérience montrent que l'usage de solutions hors-site peut **réduire les coûts totaux de projet et d'exploitation**, tout en accélérant la mise en service et en améliorant la performance énergétique des bâtiments, ce qui se traduit par des charges réduites de maintenance et d'exploitation sur le long terme - un argument financier très pertinent pour les maîtres d'ouvrage soucieux de maîtriser leur budget sur l'ensemble du cycle de vie. Construction Modulaire en France

3

Conclusion

Avant de lancer une opération de rénovation hors-site, plusieurs études doivent être réalisées afin de garantir la faisabilité, la rentabilité et la conformité du projet.

Ces études permettent d'identifier les opportunités et les contraintes spécifiques à ce type de projet, tout en assurant que les exigences techniques, réglementaires, environnementales et économiques sont respectées. Voici les principales études à mettre en place avant le démarrage d'une opération de rénovation hors-site.

① Étude de faisabilité technique

L'étude de faisabilité technique est essentielle pour évaluer la viabilité du projet en termes d'intégration des solutions hors-site. Elle permet de vérifier si les caractéristiques du bâtiment existant sont compatibles avec les techniques de préfabrication et d'assemblage hors-site.

→ Analyse de l'état actuel du bâtiment

Cette étude comprend l'évaluation de la structure, de la façade, des installations électriques et mécaniques, ainsi que de l'isolation. L'objectif est de déterminer si des modifications structurelles ou des renforcements sont nécessaires pour accueillir les modules préfabriqués.

→ Sélection des procédés hors-site adaptés

Selon les résultats de l'analyse de l'état du bâtiment, cette étude identifie les procédés de construction hors-site les plus appropriés (modules préfabriqués, panneaux de façade, éléments porteurs, etc.).

② Étude de faisabilité financière

L'étude de faisabilité financière permet de déterminer la rentabilité de l'opération de rénovation hors-site en comparant les coûts estimés et les avantages financiers potentiels.

→ Estimation du coût global

Cela comprend l'ensemble des coûts liés à la préfabrication, au transport, à l'assemblage sur site, à l'adaptation du bâtiment existant et aux coûts associés aux démarches administratives et réglementaires.

→ Analyse des sources de financement et des aides disponibles

L'étude permet également d'explorer les différentes sources de financement, y compris les subventions, les prêts, les incitations fiscales et les aides liées à la rénovation énergétique et à la réduction de l'empreinte carbone (aides à la rénovation, Crédit d'Impôt pour la Transition Énergétique, etc.).

→ Retour sur investissement (ROI)

Une analyse du ROI et des économies potentielles grâce à la réduction des coûts de construction, des délais raccourcis et de l'amélioration de l'efficacité énergétique du bâtiment.

③ Étude de faisabilité réglementaire et environnementale

Cette étude vise à évaluer la conformité du projet aux normes réglementaires et environnementales en vigueur, notamment la RE2020 (réglementation thermique et environnementale), les normes de construction, et les labels environnementaux.

→ Respect des normes environnementales

Évaluer les matériaux à utiliser, le respect des principes de l'économie circulaire (recyclage, réutilisation des matériaux), et les solutions d'optimisation de la gestion des déchets.

→ Étude de l'impact carbone

Calculer l'empreinte carbone du projet en tenant compte des matériaux utilisés, de la fabrication hors-site et du transport des éléments préfabriqués.

④ Étude de l'adéquation du site

L'étude du site d'implantation est cruciale pour s'assurer que l'emplacement du bâtiment est adapté au processus de rénovation hors-site. Elle comprend plusieurs sous-études :

→ **Accessibilité pour le transport des modules**
Vérification de l'accès du site pour le transport des éléments préfabriqués (taille des routes, accès aux zones de livraison, etc.).

→ **Caractéristiques géotechniques du sol**
Il est important de s'assurer que la fondation du bâtiment existant ou les travaux d'adaptation du sol sont compatibles avec les exigences des techniques de construction hors-site.

→ **Conditions climatiques**
L'étude des conditions climatiques locales permet de déterminer les éventuels impacts sur les délais de construction ou la gestion des matériaux (par exemple, humidité, températures extrêmes, vent).

⑤ Accompagnement et acceptabilité des usagers

Cela permet d'évaluer l'impact de la rénovation sur les occupants, les usagers et le quartier environnant. Elle permet également d'anticiper les contraintes liées à l'intégration du projet dans son environnement urbain.

→ **Impact sur les habitants**
Évaluer l'impact sur le confort des occupants pendant les travaux (bruit, poussière, sécurité) et les avantages à long terme en termes de qualité de vie, d'accessibilité et de confort thermique.

→ **Impact sur le voisinage**
Prendre en compte les impacts visuels, sonores et la gestion des nuisances pour les riverains pendant la phase de rénovation, notamment en ce qui concerne les travaux de préfabrication et d'assemblage.

→ **Conformité avec les règles d'urbanisme**
Vérifier que le projet respecte les normes d'urbanisme locales (hauteur des bâtiments, esthétique, respect de la densification urbaine, etc.).

⑥ Accompagnement et acceptabilité des usagers

ette étude permet de planifier l'approvisionnement en matériaux, ainsi que la logistique liée à la fabrication et au transport des éléments hors-site. Elle inclut :

→ **Choix des fournisseurs et des fabricants**
Identifier les entreprises capables de produire les éléments préfabriqués nécessaires à la rénovation.

→ **Planification de la production**
Établir un calendrier précis de la fabrication des éléments hors-site en usine, en prenant en compte les délais de production, les périodes de livraison et les contraintes liées à la gestion des stocks.

→ **Transport et livraison des modules**
Planifier les modalités de transport des modules vers le chantier, en prenant en compte les distances, les conditions de circulation et les contraintes logistiques.

⑦ Étude des risques et gestion des aléas

L'étude des risques permet d'identifier les risques potentiels liés au projet (retards, surcoûts, problèmes techniques, etc.) et de prévoir des mesures de gestion pour limiter ces aléas.

→ **Évaluation des risques techniques**

Identifier les risques techniques liés à la préfabrication (défauts de fabrication, mauvaise qualité des matériaux) et à l'assemblage sur site (problèmes d'adaptation avec l'existant, erreurs d'assemblage).

→ **Planification des mesures correctives**

Prévoir des solutions de remplacement en cas de problème avec les éléments préfabriqués, et élaborer des plans de contingence pour limiter les retards ou les coûts supplémentaires.

La mise en place de ces études préalables est cruciale pour la réussite d'une opération de rénovation hors-site. Elles permettent de garantir que le projet soit techniquement viable, financièrement rentable, et conforme aux exigences réglementaires et environnementales. Elles facilitent également une gestion de projet optimale, en minimisant les risques et en maximisant les chances de succès à chaque étape de la rénovation.

Pour conclure, le recours au hors-site apparaît comme une solution pertinente pour **massifier la rénovation énergétique**, à condition de structurer le processus autour d'une connaissance fine du parc existant et d'une planification rigoureuse.

L'expérience montre que la préfabrication et l'industrialisation des composants permettent d'accélérer les chantiers, de fiabiliser la qualité et d'optimiser les coûts, mais leur succès repose sur une **analyse détaillée du bâti**, incluant diagnostics thermiques et techniques, relevés structurels et calepinages précis. La caractérisation du parc est également essentielle afin d'identifier les opérations éligibles à la préfabrication et de regrouper les projets similaires pour atteindre une **masse critique** suffisante.

Cette approche, combinée au **lancement de marchés groupés ou à des accords-cadres**, permet de mutualiser les approvisionnements, d'assurer un rythme industriel régulier et de soutenir la filière hors-site.

Les retours d'expérience, tels que ceux de la Communauté urbaine de Dunkerque illustrent que la visibilité sur les volumes, l'agrégation des projets et l'industrialisation des composants permettent de répondre efficacement à des besoins de logements importants tout en maîtrisant la performance énergétique et environnementale.

Des initiatives comme les surélévations et rénovations globales portées par Moon Architectures ou les programmes modulaires bois de Vilogia montrent concrètement que le hors-site, associé à une planification et une standardisation réfléchies, peut devenir un levier de **massification rapide et qualitative** de la rénovation énergétique.

INTERVIEW
de MOON architectures
Guillaume HANNOUN,
Gérant et Architecte

Travailler sur l'existant est un challenge pour la construction Hors Site ; car la rénovation pose la question de ce qui est déjà là et donc la nécessaire adaptabilité à des situations bien différentes, à des bâtiments conçus et construits avec d'autres modes de faire. Le défi est donc important !

En effet, pour pouvoir optimiser ses couts, la construction Hors Site tend vers l'industrialisation et donc vers une certaine standardisation. Cela ressemble à un oxymore !

Pourtant, il existe un chemin qui consiste à résonner non pas en termes de produit, mais plutôt en termes de process. Ainsi ce qui est standardisé n'est pas la forme ni la dimension, mais les produits utilisés, leurs modes de mises en œuvre, la logistique, etc…

Le meilleur exemple d'une industrialisation réussie et adaptée au monde de la construction se trouve il me semble du côté des fabricants de menuiseries extérieures. Tous les détails, les profils, les modes de fixation, la qualité des joints, … ont été standardisés ; et pourtant les industriels ont la capacité de fabriquer leurs fenêtres de façon industrielles, en série, ce qui permet d'en améliorer très significativement le ratio cout / qualité et donc d'optimiser les consommations énergétiques des bâtiments.

Enfin la construction Hors Site, en intégrant une part significative du travail de mise en œuvre en atelier, offre des avantages très significatifs du point de vue des nuisances liées à un chantier notamment par réduction et sécurisation des délais. Ceci peut être décisif dans le cadre d'une rénovation ou d'une surélévation en milieu urbain, ou à fortiori en site occupé, qu'il s'agisse de logements occupés ou d'équipements de type écoles en limitant les interventions sur site aux périodes de vacances scolaires.

INTERVIEW
de l'Union Régionale pour l'Habitat Hauts-de-France
Simon RAMBOUR,
Responsable du Pole Territoires

De la donnée à l'action : l'Observatoire régional de la programmation, levier de la massification hors-site.

La massification de la production neuve et de la rénovation constitue un enjeu majeur pour répondre aux besoins d'investissement du parc Hlm et accélérer la transition environnementale. Dans cette dynamique, le recours au hors-site représente une solution clé : il permet d'industrialiser, d'accélérer et de fiabiliser les opérations, tout en améliorant leurs performances. ***L'Observatoire régional de la programmation de chantiers, fondé sur une donnée prévisionnelle de programmation (neuf et rénovation) continue, consolidée et territorialisée, offrira un levier inédit pour identifier des opérations mobilisables, agréger des volumes et structurer une masse critique de projets.*** *Cette visibilité partagée contribuera à soutenir la filière hors-site régionale et à accompagner son développement.*

INTERVIEW
de Filière Hors-site France
Céline BEAUJOLIN,
Déléguée Générale

L'association Filière Hors Site France regroupe des acteurs de la construction (aménageurs, constructeurs, promoteurs, industriels, architectes, ingénieurs, ...) tous convaincus qu'il faut faire évoluer les approches constructives et de rénovation pour retrouver de la capacité à construire et à rénover.

La massification de la rénovation énergétique, nécessaire à l'atteinte des objectifs de décarbonation du parc existant, passera par des réponses industrialisées. Les solutions techniques sont connues et la filière industrielle est en capacité de fournir les éléments préfabriqués dans une logique de sur-mesure.

L'enjeu est de former les maîtres d'ouvrage et les prescripteurs à ces approches et de les outiller pour que leurs appels d'offre ou démarche d'achat ne ferment pas la porte à des réponses industrialisées (logique de macro-lot, approche permettant un travail avec les industriels ...). *Pour un maître d'ouvrage, Le hors site constitue une formidable opportunité d'adopter une approche stratégique de la rénovation de son parc et de travail à une autre échelle via une cartographie son parc puis une définition de lots ayant des caractéristiques identiques permettant des travaux en multi-sites.*

Les maîtres d'ouvrage vont y gagner en visibilité et en prévisibilité des coûts et des délais, mais aussi en sérénité de chantier et en capacité à engager des travaux.

L'industrialisation de la rénovation énergétique des immeubles passera par une mobilisation de l'ensemble de la chaîne de valeur. *Elle doit embarquer les artisans, les TPE et PME du bâtiment autant que les grands groupes. Des partenariats sont à nouer entre petites structures pour répondre à des appels d'offres conséquents. Les industriels ont aussi un rôle à jouer dans l'appropriation par les artisans, TPE, PME des produits et techniques de pose".*

L'intégration de **solutions hors-site en rénovation** est aujourd'hui considérée comme une voie pertinente pour **massifier les opérations à grande échelle**, tout en présentant des **constats et avantages transposables à la construction neuve**. En France, le développement de la filière « hors-site » est explicitement soutenu à la fois pour la **rénovation énergétique et la construction** dans le cadre de programmes nationaux comme l'appel à projets CRHOS du plan France 2030, qui vise à industrialiser et amplifier l'usage des procédés hors-site sur l'ensemble du territoire. Cet appel à projets encourage des opérations à plus grande échelle en favorisant l'industrialisation de la production et la mutualisation des démarches pour répondre aux besoins croissants de rénovation et de construction bas carbone. info.gouv.fr+1

De plus, la structuration d'acteurs via des associations et guides spécialisés montre une volonté de massifier l'usage de solutions hors-site tant en rénovation qu'en construction, en standardisant les processus et en favorisant les **économies d'échelle** propres à l'industrialisation : cette approche est jugée indispensable pour « déverrouiller la capacité à construire et à rénover » dans un contexte de forte demande et de contraintes réglementaires et environnementales croissantes. AEF info

Ainsi, loin d'être une solution isolée à la rénovation, le hors-site constitue un **modèle d'industrialisation cohérent à grande échelle**, qui peut être mis en œuvre dans les deux contextes - rénovation et construction - pour accélérer la production, structurer les filières et répondre massivement aux besoins de transformation du parc bâti. info.gouv.fr

INTERVIEW
de la CUD

Henri LEFEVRE,
Chef de projet Innovation et Habitat

Le hors-site : une réponse agile au choc de production de logements

Le logement est au cœur des débats sur le développement industriel du dunkerquois. Plus de 20 000 emplois directs pérennes seront créés au sein de la plate-forme industrialo-portuaire du Dunkerquois notamment liés à la décarbonation de l'industrie. D'après les premières estimations, jusqu'à 40% de ces emplois seront occupés par des salariés extérieurs au territoire de la Communauté urbaine de Dunkerque (CUD). Le besoin en logement est donc réel et concret pour ce territoire.

Pour répondre aux besoins des habitants actuels et futurs, la CUD s'est fixé un objectif de ***14 000 nouveaux logements sur la période 2023 - 2034*** *mais également de* ***6 000 logements temporaires à destination des salariés en mobilité****.*

Dans ce contexte, la construction hors-site peut constituer une solution stratégique pour les maîtrises d'ouvrage.

Dans la maîtrise du temps tout d'abord : les gains de temps attendus grâce à la préfabrication en usine et la limitation des aléas de chantiers (dus aux intempéries notamment) peuvent permettre de répondre à l'accroissement du rythme de construction nécessaire au dunkerquois.

Le hors-site constitue également une réponse aux exigences qualitatives que la collectivité s'est fixée dans sa Charte Qualité d'Habiter*. La production des éléments dans des environnements contrôlés permet de maîtriser la qualité, la performance énergétique, et la performance environnementale favorisée par l'optimisation des matériaux, la réduction des déchets et le développement du recyclage.*

La réduction des nuisances sur site (bruit, déchets, circulation) participe également à une meilleure acceptabilité locale.

La construction hors-site permet également de contenir les coûts de construction, par l'élimination des surcoûts liés aux retards ou aux conditions climatiques, et la compétitivité des matériaux.

Enfin, le hors-site constituera pour le territoire une solution évidente pour le logement temporaire pour les salariés en mobilité. De fait, une large partie des 6 000 places produire devra être, à la fin de la période des chantiers, démontée et réutilisée sur d'autres sites.

Pour le territoire dunkerquois, le hors-site dessine de véritables opportunités permettant ***de conjuguer innovation, durabilité, rapidité et qualité d'habiter****.*

Un projet de 41 logements en construction hors-site est déjà en cours de réalisation sur la ZAC du Grand Large. Ce programme de 41 logements (T2 et T3 en LLI) en modulaire bois sera réversible en grandes typologies. Il atteindra un niveau de performance énergétique conforme avec la norme RE2028 avec label BBCA. Porté par le bailleur social Vilogia en partenariat avec le groupe industriel TH et l'entreprise Groupe L'Hotelier, ce chantier devrait être finalisé pour l'été 2026.

4

Annexes

→ 1 · Cadre réglementaire, normes et référentiels techniques

→ 2 · Ouvrages et publications scientifiques

→ 3 · Guides, rapports et documents institutionnels

→ 4 · Programmes nationaux et initiatives publiques

→ 5 · Études, observatoires et données sectorielles

→ 6 · Ressources audiovisuelles et diffusion

① Cadre réglementaire, normes et référentiels techniques

→ **CSTB** / *Certification QB53 - Construction modulaire*, référentiel qualité pour les procédés constructifs hors-site, CSTB

→ **CSTB** / *Avis Techniques et Documents Techniques d'Application*, relatifs aux façades et panneaux à ossature bois

→ **NF DTU 31.2** / *Maisons et bâtiments à ossature bois*

→ **NF DTU 31.4** / *Façades à ossature bois*

→ **NF EN 15026** / *Performance hygrothermique des composants et éléments de construction*

→ **NF EN 335** / *Durabilité du bois et classes d'emploi*

→ **FD P20-651** / *Guide français sur la durabilité des ouvrages bois*

→ **RE2020** / *Réglementation environnementale des bâtiments neufs*

→ **WUFI** / *Logiciel de simulation hygrothermique dynamique*

→ **Delphin** / *Logiciel de simulation hygrothermique transitoire*

② Ouvrages et publications scientifiques

→ **Pellegrino M., Wernert C., Chartier A. (2025)** / *Rénovation énergétique hors-site de l'habitat. Enjeux, premières réalisations et débats en France et aux Pays-Bas* / Paris : Presses des Ponts

→ **Delpont S., Gaillard C., Gauzin-Müller D. (2024)** / *Rénovation globale et performante d'aujourd'hui. L'approche zéro énergie d'EnergieSprong* / Éditions Muséo

→ **Beddiar K., Cléraux A., Chazal P. (2021)** / *Construction hors-site* / Dunod

③ Guides, rapports et documents institutionnels

→ **Filière Hors-Site France** / *Guide de la commande publique pour le hors-site*

→ **Banque des Territoires** / *Guide Construction & Rénovation Hors-Site* / septembre 2024

→ **Ministère de la Transition écologique** / Publications sur le **coût global**, la rénovation énergétique et la performance environnementale

→ **USH** / *Guide rénovation hors-site* / édition interne

→ **Campus Hors-Site** / *Référentiel Rénovation hors-site*

→ **Institut Français de la Construction Lean** / *Livre blanc Construction Lean et industrialisation* / avec Dassault Systèmes

→ **Centrale Lille** / Articles scientifiques sur la construction modulaire et le *Smart Module Concept*

→ **DREAL** / Notes de cadrage et études sur la construction hors-sit

④ Programmes nationaux et initiatives publiques

→ **EnergieSprong** / Programmes de rénovation zéro énergie

→ **CRHOS** / Appel à projets du plan France 2030 dédié à l'industrialisation du hors-site

→ **AEF Info** / Articles de fond sur la structuration de la filière hors-site

→ **info.gouv.fr** / Informations institutionnelles sur les politiques publiques liées au hors-site

⑤ Études, observatoires et données sectorielles

→ **Patch Conseil** / *Observatoire Construction Tech®* / données sur les retards logistiques (2021)

→ **Observatoire régional de la programmation** / Données de programmation territorialisées (neuf et rénovation)

⑥ Ressources audiovisuelles et diffusion

→ **CD2E** / Chaîne YouTube : *Intégration du hors-site dans les entreprises générales du bâtiment*

Ce guide a été réalisé grâce au soutien financier de l'ADEME et de la Région Hauts-de-France, dans le cadre de la dynamique REV3 (Troisième Révolution Industrielle). Nous adressons nos sincères remerciements à **Dorize REMY** (Référente Hors-site, CD2E), pour la rédaction et la coordination de ce guide, ainsi qu'à **Florent DUPUIS** (Ingénieur Batiment Durable, ADEME Hauts-de-France), **Marion HUMEZ** (Responsable de projets, Direction REV3, Région Hauts-de-France), **Guillaume MENET** (Consultant Batiment Durable, CD2E) et **Arnaud DELOBEL** (Consultant Biosourcés, CD2E) pour leur relecture attentive.

Nous remercions également l'ensemble des personnes interviewées, dont les contributions ont enrichi ce guide par la diversité et la qualité de leurs retours d'expérience :

→ **Céline BEAUJOLIN**,
Déléguée Générale - Filière Hors-site France

→ **Antoine BISBROUCK**,
Directeur Général Associé - Edwood

→ **Marie BLANCKAERT**,
Gérante, Architecte DPLG, Urbaniste - BLAU

→ **Valentin BOUQUE**, Co-gérant - UTILITI

→ **Romain DROUARD**, Ingénieur Chargé d'Opération - Communauté d'Agglomération Lens-Liévin (CALL)

→ **Stéphane DUFRESNE**, Directeur Général - DUJARDIN

→ **Olivier EMSCHWILLER**,
Directeur de l'Activité Hors-site - SOCOTEC

→ **Sébastien FOURNIER**,
Fondateur et Gérant - SYNERPOD

→ **Yohan GIRARD**, Directeur de l'Agence Artois - Bouygues Bâtiment Nord-Est

→ **Guillaume HANNOUN**, Gérant et Architecte - MOON architectures

→ **Victor JUMEZ**, Développeur de boucles locales d'énergie - VOE

→ **Zoubeir LAFHAJ**, Professeur des Universités - Centrale Lille

→ **Henri LEFEVRE**, Chef de Projet Innovation et Habitat - Communauté Urbaine de Dunkerque (CUD)

→ **Franck LEGUILLON**,
Responsable de Pôle Recherche et Expertise - CSTB

→ **Stephan LESAGE-MATHIEU**,
Avocat Associé - LPA LAW

→ **Guillaume MAURY**, Maître d'Œuvre - NORTEC

→ **Jean-Paul MOTTIER**, Adjoint à la Transition, à l'Aménagement et au Développement du Territoire Communal - Ville de Raismes

→ **Jordan POLIS**, Responsable de Projets - ALTEREA

→ **Maxime QUENTIN**, Associé, Chargé d'Affaire - SYMOE

→ **Simon RAMBOUR**, Responsable du Pôle Territoires - Union Régionale pour l'Habitat Hauts-de-France

→ **Édouard ROBIC**,
Architecte Gérant - REDCAT Architecture

→ **Gauthier TRUBLIN**,
Expert Innovation - Pas-de-Calais Habitat

→ **Pascal VANDENBUSSCHE**,
Chef de Projet R&D Ingénierie - Vilogia

→ **Pierric MARTIN**,
Directeur Général Associé - Hors-site Conseil

CD2e

ACCÉLÉRATEUR
DE L'ÉCO-TRANSITION

Rue de Bourgogne - Base 11/19
62750 Loos-en-Gohelle
www.cd2e.com
@CD2E

Les partenaires

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Région Hauts-de-France

rev3
TRANSFORMONS LES HAUTS-DE-FRANCE

Ambition Matériaux Hauts-de-France