



LA PRÉFABRICATION POUR LA RÉNOVATION DES MAISONS INDIVIDUELLES EN FRANCE

État des lieux, potentiel et
perspectives pour la filière artisanale

RAPPORT COMPLET | RESTORE | SEPTEMBRE 2025



Remerciements

Membres du comité de suivi :

Marie-Pierre ARNAUD-GUIRAUDET (DHUP)
Alain CHOUGIAT (CAPEB)
Christian GARCIA (Socabat)
Guillaume GAUTIER (Socabat)
Thibault GIMOND (FFB)
Giovanni LECAT (Pôle Habitat FFB)
Jonathan LOUIS (ADEME)
Stéphane LUTARD (CNOA)
Jean-Michel MARTIN (CAPEB)
Yolaine PAUFICHET (CNOA)

Rédaction

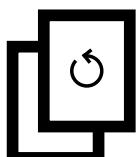
Romain GERARD (FrameWorks)
Mathieu LEGOUT (Emenda)
Thomas ZUCKMEYER (Emenda)

Coordination

Frédéric BOUGRAIN (CSTB)
Mathilde DOUTRELEAU (CSTB)

Relecture

Madeleine DEVYS (CSTB)
Caroline BOUTELOUP (CSTB)
Faustine GEROMEL (CSTB)
Miguel d'ARCANGUES (CSTB)
Billy RAKOTOMALALA (CSTB)
Rémi BOUCHIE (CSTB)
Olivier GRESLOU (CSTB)



VERSION
Initiale

DATE DE LA PUBLICATION
Février 2025

MODIFICATIONS
Septembre 2025

SOMMAIRE

INTRODUCTION	04
MÉTHODOLOGIE	06
1 ÉTAT DES LIEUX DE LA PRÉFABRICATION ET ZOOM SUR LA RÉNOVATION DES MAISONS INDIVIDUELLES	08
1.1 PANORAMA DE LA FILIÈRE PRÉFABRICATION ET STRUCTURATION NEUF VERSUS RÉNOVATION	09
1.2 CARACTÉRISTIQUES DES SYSTÈMES CONSTRUCTIFS PRÉFABRIQUÉS UTILISÉS POUR L'ISOLATION	30
1.3 ANALYSE TECHNICO-ÉCONOMIQUE DE LA SOLUTION TRADITIONNELLE ET DE LA SOLUTION PRÉFABRIQUÉE	46
2 ANALYSE DES MUTATIONS EN COURS/PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT DE LA PRÉFABRICATION	67
2.1 ANALYSE DU CONTEXTE, DES MUTATIONS ET DES PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT DE LA PRÉFABRICATION	70
2.2 ESTIMATION DU GISEMENT	95
2.3 ESTIMATION DE L'OFFRE	113
2.4 CONDITIONS DE DÉPLOIEMENT DES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE FAÇON ARTISANALE DÉDIÉES AU MARCHÉ DE LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DE MI	119
3 CONCLUSION DE L'ÉTUDE	129
3.1 RAPPEL DES AVANTAGES DES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES	130
3.2 LES OBSTACLES CÔTÉ « OFFRE »	131
3.3 LES OBSTACLES CÔTÉ « DEMANDE »	133
3.4 LES LEVIERS POUR STRUCTURER ET DÉVELOPPER LA FILIÈRE	134
3.5 CONCLUSION	136
BIBLIOGRAPHIE	138
TABLE DES MATIÈRES	139
ANNEXES	143
A1.1 FILIÈRES PRÉFABRICATION BÉTON, MODULAIRE 3D ET SYSTÈMES TECHNIQUES	144
A1.2 FILIÈRE PRÉFABRICATION « MODULAIRE 3D »	146
A1.3 FILIÈRE PRÉFABRICATION « COMPOSANTS VOLUMÉTRIQUES NON STRUCTURELS » ET « SYSTÈMES TECHNIQUES »	153
A2.1 LES ACTEURS DE LA PRÉFABRICATION BÉTON	155
A2.3 LES ACTEURS DES PANNEAUX SANDWICH	157

CONTEXTE DE LA MISSION

Les projets RENOSTANDARD puis RESTORE ont été engagés pour favoriser la massification de la rénovation des maisons individuelles ayant pour objectifs la lutte contre la précarité énergétique et l'atteinte des objectifs nationaux de réduction des émissions de gaz à effet de serre. En effet, le parc de maisons individuelles en France (16,5 millions de maisons en résidence principale) est un vivier important pour la réduction du besoin énergétique et l'impact environnemental du secteur des bâtiments (plus de 40% des maisons ont un DPE noté E, F ou G).

Le programme de recherche PROFEEL a pour objectif d'apporter des réponses concrètes et innovantes aux besoins prioritaires remontés par les professionnels du terrain. Il vise à répondre à deux enjeux majeurs :

- favoriser des décisions de rénovation performante et ainsi augmenter le volume de travaux de rénovation ;
- sécuriser l'atteinte des performances recherchées et améliorer la qualité des travaux de rénovation engagés.

Le projet RESTORE vise à enrichir l'objectif général de PROFEEL, il a pour but de développer et fiabiliser des offres techniques intégrées et innovantes, réplicables à grande échelle, pour faciliter le déploiement de la rénovation globale performante de la maison individuelle, il s'articule autour de 7 lots :

- Lot 1 : identification des bâtiments cibles et des familles d'innovations prioritaires.
- Lot 2 : développement de solutions et d'offres techniques intégrées pour la rénovation globale alternatives à l'industrialisation.
- Lot 3 : chantiers PROFEEL de rénovation globale : réalisation, suivi et analyse de la mise en œuvre.

- Lot 4 : chantiers PROFEEL de rénovation globale : évaluation de la performance globale et de la durabilité des solutions.
- Lot 5 : accompagnement des maîtres d'ouvrage à la calibration des projets de rénovation globale et au déclenchement de la décision.
- Lot 6 : évaluation de la réplicabilité technique, géographique et commerciale - viabilité économique des offres intégrées.
- Lot 7 : diffusion et formation des connaissances et outils.

La présente mission rentre dans le cadre du lot 6 du projet RESTORE.

OBJECTIFS DE LA MISSION

L'objectif principal de la mission est de dresser un état des lieux de la préfabrication pour le marché de la maison individuelle et d'identifier les perspectives et le potentiel pour la filière artisanale.

Une première phase dressera un état des lieux du marché de la préfabrication en France, avec un focus particulier sur l'organisation des acteurs et les caractéristiques des systèmes constructifs préfabriqués utilisés ou utilisables en rénovation. Une étude comparative des coûts entre solution traditionnelle et solution préfabriquée sera également réalisée.

Une seconde phase portera quant à elle sur les perspectives de développement de la préfabrication artisanale pour la rénovation énergétique. Il s'agira de lister les avantages et les contraintes de la préfabrication pour la rénovation énergétique des maisons individuelles puis d'étudier les conditions de déploiement de ces solutions préfabriquées. Cette étude a été réalisée sur la période allant de mars 2024 à décembre 2024.

DÉFINITIONS RETENUES

PRÉFABRICATION

La définition de la préfabrication qui sera retenue pour cette étude est celle de l'article L. 111-1-1 du Code de la construction et de l'habitation (CCH) : « la préfabrication consiste à concevoir et réaliser un ouvrage à partir d'éléments préfabriqués assemblés, installés et mis en œuvre sur le chantier. Ces éléments préfabriqués font indissociablement corps avec les ouvrages de viabilité, de fondation, d'ossature, de clos et de couvert de la construction et peuvent intégrer l'isolation et les réserves pour les réseaux divers. Ils sont produits sur un site qui peut être soit une usine ou un atelier, soit une installation temporaire jouxtant le chantier ».

PRÉFABRICATION ARTISANALE

La préfabrication artisanale est une méthode de construction où des éléments de bâtiment, tels que des murs, ou des éléments de toitures sont préfabriqués dans des ateliers locaux par des artisans. Ces éléments sont ensuite transportés et assemblés sur le chantier.

CARACTÉRISTIQUES CLÉS



1. Production locale

Les éléments sont fabriqués dans des ateliers de taille modeste, favorisant l'emploi et le savoir-faire local.

2. Flexibilité et adaptabilité

Technique de préfabrication qui conserve la capacité à s'adapter aux spécificités de chaque projet, notamment en rénovation, en permettant des ajustements sur mesure.

3. Qualité artisanale

Maintien de la qualité et de la précision grâce à l'expertise des artisans et à l'utilisation de matériaux de haute qualité, notamment sur le plan environnemental.

4. Rapidité de mise en œuvre

Réduction des délais de construction sur site, avec moins de perturbations, surtout dans les projets de rénovation de bâtiments occupés.

5. Moyens et investissements limités

Moins de besoins en investissements lourds comparé à la préfabrication industrielle, avec des ateliers de production plus petits et moins coûteux à mettre en place.

6. Environnement et durabilité

Possibilité d'utiliser des matériaux locaux et durables, et réduction des déchets sur le chantier grâce à une production en atelier mieux planifiée. Cette production est réalisée dans un environnement protégé à l'abri des intempéries, idéal pour déployer des matériaux biosourcés avec des performances thermiques et d'étanchéité (air/eau) renforcées.

MÉTHODOLOGIE

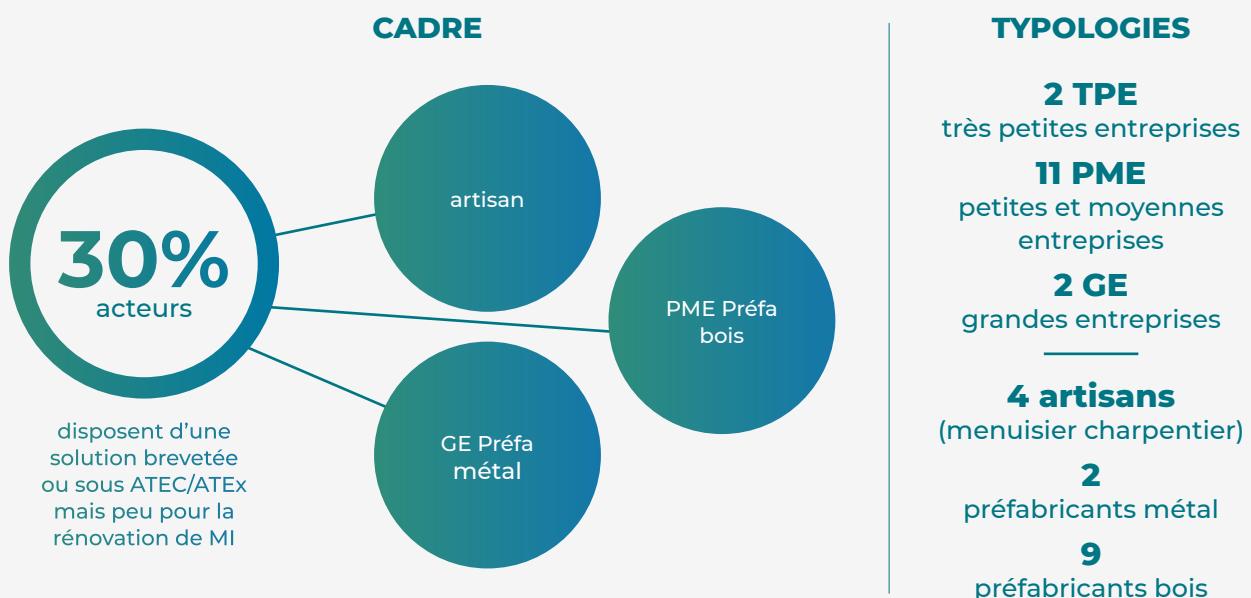
Une première phase de collecte de données et d'analyse qualitative du marché a été mené par le biais d'interviews et de recherche documentaire.

Les entretiens ont été menés à l'aide d'une trame de questions communes selon les profils interrogés. Des visites d'atelier ont également été réalisées.

Catégorie	Nombre d'acteurs rencontrés	%
Acteur de la préfabrication	15	50 %
Organisation professionnelle, fédération et coopérative	3	10 %
Client final/Bailleur ou particulier	2	6 %
Accélérateur éco-transition	2	6 %
Architecte/MOE	2	6 %
Plateforme/Intermédiation	2	6 %
Entreprise générale	2	6 %
Préfabricants systèmes	1	3 %
Entreprise de rénovation	1	3 %
Total	30	100 %

Focus sur les acteurs de la préfabrication

Parmi les 15 acteurs interrogés :



REOURS À LA PRÉFABRICATION ET MARCHÉ



La recherche documentaire s'est focalisée sur la réglementation en vigueur, les prix pratiqués et l'état des lieux du marché (nombre d'acteurs, taille, emplois...) en France et en Europe.

La deuxième phase de l'étude s'est attelée via quelques entretiens complémentaires à affiner certains enseignements de la première phase, collecter des données manquantes ou encore confronter des pistes de recommandations auprès des acteurs concernés.

1

ÉTAT DES LIEUX DE LA PRÉFABRICATION ET ZOOM SUR LA RÉNOVATION DES MAISONS INDIVIDUELLES

1 1

PANORAMA DE LA FILIÈRE PRÉFABRICATION ET STRUCTURATION NEUF VERSUS RÉNOVATION

L'objectif de cette première partie est de dresser un panorama de l'organisation du marché de la préfabrication en France et de caractériser les acteurs qui le compose, à la fois sur le marché du neuf et de la rénovation.

Il s'agit d'identifier les différentes filières et acteurs composant cet écosystème de la préfabrication, de comprendre la composition et l'organisation de l'échiquier et les évolutions (macro) qui ont permis de faire murir et structurer certaines filières (différenciées par systèmes constructifs et matériaux). Cette lecture historique du développement et de la maturation d'autres filières de préfabrication semble être une piste intéressante pour favoriser la compréhension des mécanismes en place, et de pouvoir en tirer les enseignements nécessaires.

Pour ce faire, un premier temps sera consacré à l'analyse du marché sous le prisme des différentes familles de systèmes constructifs et matériaux, à la présentation des caractéristiques principales de chacun de ces sous segments, et un détail des acteurs types et leaders de chaque filière. En synthèse, il sera présenté pour chaque segment de marché une analyse croisée détaillant les raisons pour lesquelles certaines filières sont présentes ou non sur le marché de la rénovation, et la possibilité ou non qu'elles l'adressent dans un futur proche.

En fonction de la maturité de chaque sous segment, il existe un niveau de données très hétérogène. Un travail de collecte, analyse et formatage des données a été réalisé, mais pour certains segments, les données n'existent simplement pas.

Une partie des systèmes constructifs préfabriqués n'étant pas adaptable à la rénovation, une analyse plus fine sera réalisée sur les acteurs et systèmes préfabriqués déjà présents sur le marché de la rénovation, et ceux qui pourraient l'être demain.

À l'exception de la filière béton (filière plus ancienne et plus structurée), le choix d'une cartographie des acteurs de la préfabrication par famille de « Matériaux » ne permet pas d'établir un panorama représentatif de l'organisation de la filière préfabrication.

“ Le choix a donc été fait de présenter une organisation du secteur par famille de « systèmes constructifs » qui semble bien plus en adéquation avec la réalité des forces en présence et de l'organisation du marché.

FOCUS



Dans ce panorama élargi de la préfabrication, nous retrouvons 5 grandes familles d'éléments préfabriqués :

Les systèmes constructifs dits « 1D »

Ils regroupent des éléments préfabriqués généralement simples (mono corps d'état) et linéaires. On y retrouve l'ensemble des poteaux et poutres préfabriqués, que ce soit en béton, métal ou bois.

Les systèmes constructifs dits « 2D »

Ils regroupent des éléments préfabriqués en « plan », à savoir des éléments d'enveloppe : murs, planchers, toitures. Ces éléments sont conçus à partir de divers matériaux de structure (bois, métal, béton...) et présentent une grande variabilité de complexité technique : du simple élément mono corps d'état (pré dalle béton) à un système complexe TCE (FOB intégrant des systèmes techniques, parement intérieur et parement de façades).

Les systèmes constructifs « 3D ».

Cette famille regroupe les « modules 3D » qui sont les systèmes préfabriqués les plus aboutis (à savoir présentant la valeur ajoutée réalisée en usine la plus grande) pouvant aller jusqu'à des modules TCE intégralement finis en usine.

Les systèmes constructifs

« 3D non structurels »

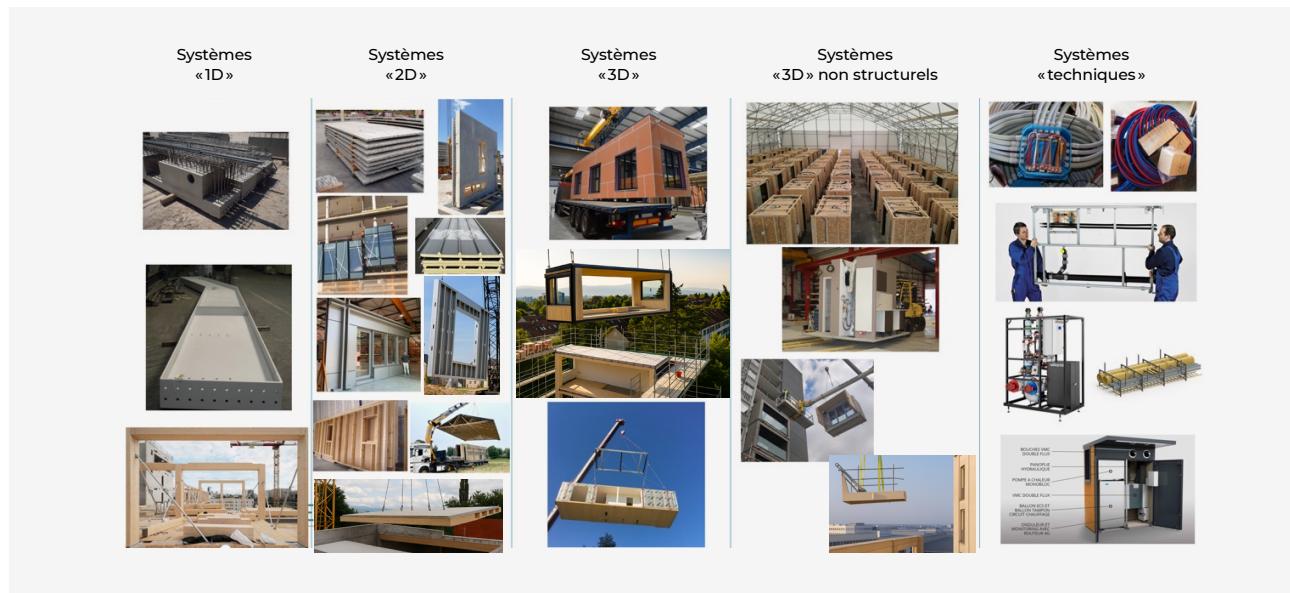
Comme leur nom l'indique, cette famille regroupe des éléments volumétriques « rapportés » qui ne participent pas à la structure du bâtiment. On y retrouve notamment les salles de bains, les cuisines préfabriquées, les balcons, escaliers, loggias...

Les systèmes constructifs « Techniques »

Cette famille est très hétérogène et les éléments les plus aboutis pourraient être intégrés dans la famille des « composants 3D non structurels ». Il s'agit de systèmes constructifs préfabriqués qui participent exclusivement aux CET. On y retrouve des éléments comme la préfabrication de pieuvres électriques ou hydrauliques, jusqu'à des systèmes préfabriqués avancés : modules techniques, sous stations, ensemble des réseaux préfabriqués...



Cartographie de la filière préfabrication par famille « systèmes constructifs »



Étant donné l'objet de la présente étude, ce rapport est amené à approfondir l'étude des systèmes constructifs « 2D » qui sont les plus utilisés dans le cadre de travaux d'enveloppe thermique (isolation). Néanmoins, afin de proposer une vision transverse de la filière préfabrication en France, nous présenterons l'organisation des autres filières en Annexe 1 :

- filière préfabrication béton ;
- filière préfabrication modulaire 3D ;
- filière préfabrication de « systèmes constructifs non structurels » et de « systèmes techniques » .

1.1.1. FILIÈRE PRÉFABRICATION « ÉLÉMENTS 2D »

Pour la filière préfabrication des systèmes constructifs « 2D », cinq grandes familles d'acteurs se distinguent :

1. Acteurs de la préfabrication béton
2. Acteurs des panneaux sandwichs
3. Acteurs de la façade légère
4. Acteurs des systèmes constructifs à profilés minces acier (LGS)
5. Acteurs des systèmes constructifs à ossatures bois

Les 3 premières catégories d'acteurs présentent des systèmes constructifs **peu ou pas compatibles avec les enjeux de la rénovation énergétique de MI**. Ces familles d'acteurs seront brièvement présentées en Annexe 2, afin de se concentrer plus spécifiquement sur les catégories d'acteurs 4 et 5 dans les paragraphes suivants.



1.1.1.1 Filière préfabrication éléments 2D à structures bois

Marchés principaux

Quasiment tous, notamment porté par les enjeux de transition environnementaux (RE2020)

Résidentiel

- Maisons individuelles
- Logements collectifs
- Résidences gérées
- Hôtellerie

Non Résidentiel

- Bureaux
- Bâtiments publics (majoritairement écoles, crèches et bâtiments administratifs, et plus ponctuellement : hôpitaux)

Neuf/Rénovation

Neuf/Rénovation/Extensions et surélévations

Organisation de la filière

Au sein de la construction bois, l'ossature bois reste la technique constructive la plus utilisée, quel que soit le marché (85% dans la construction de maison individuelle, 63% dans les logements collectifs et 67% dans les bâtiments tertiaires), même si sa part diminue pour les logements collectifs et les bâtiments tertiaires.

La famille des « préfabricants constructeurs » en éléments 2D bois regroupe une variété d'entreprises qui intègrent la préfabrication d'ossature bois, incluant des ateliers de différentes tailles et niveaux de sophistication technologique. Ces constructeurs se spécialisent dans la fabrication de murs, planchers, et toitures en bois.

Ces entreprises se positionnent comme

des entreprises de travaux capables de répondre sur des marchés complets de clos et couvert, ou en tant que simple fournisseur de solutions techniques. Pour le segment de la préfabrication d'éléments 2D à ossatures bois, trois familles d'acteurs principaux représentatifs de la filière ont été identifiés :

- **Famille 1 : Les préfabricants constructeurs**
 - Menuisiers/Charpentiers
 - Entreprises générales de construction et filiales de grands groupes
- **Famille 2 : Les préfabricants non poseurs (centre de production externalisé)**
- **Famille 3 : Les constructeurs de maisons individuelles**

À noter que certains acteurs se positionnent indépendamment dans les familles 1 et 2.

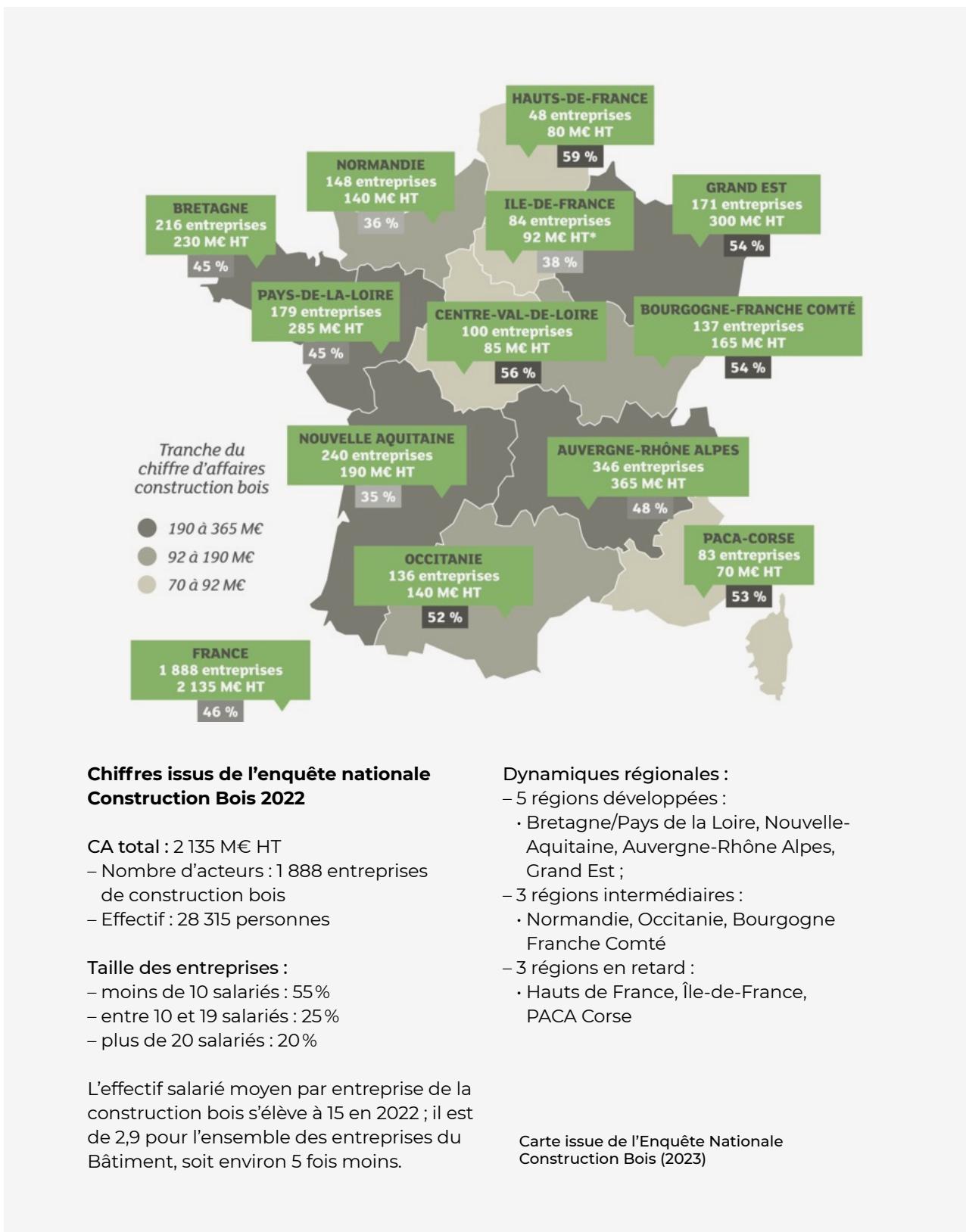
Il est également important de dissocier les acteurs en fonction de leur niveau « d'approche produit », à savoir :

- Les acteurs qui ont développé des systèmes spécifiques (techniques non courantes) ayant fait l'objet de RetD et souvent sous brevet, ATEX, ATEC,
- Les acteurs qui proposent des solutions constructives en techniques courantes (conformes DTU 31.2 et 31.4)

Chiffres clés filière « Construction Bois »

Il n'existe pas de chiffres spécifiques à la préfabrication dans la construction bois mais il est possible d'extrapoler qu'une partie importante des acteurs de l'ossature bois préfabriquent en usine leurs panneaux MOB/FOB (avec des niveaux de finition hétérogènes).

→ L'activité construction bois par région en 2022



Caractéristiques génériques des produits/systèmes

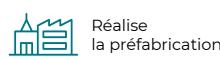
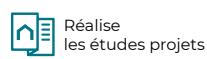
- **Niveau d'industrialisation** : Hétérogène. Faible chez des artisans menuisiers charpentiers de petite taille jusqu'à des niveaux d'industrialisation très élevés chez certains acteurs ayant développé des solutions techniques spécifiques.
- **Capacité d'adaptation/flexibilité** : Moyenne à élevée en fonction des familles et des acteurs. Pas d'approche « catalogue », les études sont toujours réalisées sur mesure.
- **Maturité technologique** : Moyenne : bien maîtrisée sur les bâtiments de faible hauteur (équivalent 1^{re}/2^{re} famille habitation). Plus complexe sur les IMH/IGH (sujets de déformations des structures, charges élevées, gestion de l'humidité/fuite d'eau, gestion des contraintes incendie) ;
- **Maturité normative** : Faible à moyenne en fonction des domaines d'emploi, notamment pour ce qui a trait à l'intégration d'isolants biosourcés et aux sujets « incendie ».

DÉTAILS DES FAMILLES ET ACTEURS REPRÉSENTATIFS

• Famille 1 : Les préfabricants constructeurs

Cette famille regroupe 3 profils d'acteurs types :

- A. Les constructeurs à ossatures bois
- B. Les menuisiers/charpentiers
- C. Les entreprises générales de construction et filiales de grands groupes



A. CONSTRUCTEURS À OSSATURES BOIS

PME spécialisées en ossatures bois

Acteurs de tailles variables (de 30 à 70 pers) ayant généralement investi plusieurs centaines de milliers d'euros (voire millions) dans un outil de production « industriel » avec un logique de ligne de production permettant de produire plus de 50 000 m²/an.

- Chiffre d'affaires moyen compris entre 5 et 15 M€
- Chiffre d'affaires moyen des leaders du secteur ~ 30 M€

Grâce à des BE internes généralement bien structurés, certains acteurs investissent dans la RetD et développent des solutions techniques spécifiquement adaptées à leur outil de production permettant de s'affranchir de certaines limites technico-réglementaires (notamment pour l'intégration d'isolants biosourcés : paille/ouate/béton de chanvre) et gagner en productivité.

Ces entreprises ont généralement des équipes de pose internalisées ou s'appuient sur des équipes en sous-traitance. À noter que ces acteurs se positionnent généralement aussi en fourniture seule (famille n°2 des fabricants non poseur).

La plupart de ces entreprises ont une implantation unique.

Entreprise	PME spécialisée en ossatures bois		
Chiffre d'affaires	5 à 15 M€		
Effectifs	30 à 70 personnes dont BE : 5 à 10 personnes		
Équipements industriels	Ligne de production (invest. entre 500 k€ et 3 M€)		
Capacité de production	50 000 m ² (2D) 1 à 2 sites de production		
CONCEPTION	FABRICATION		POSE



Réalise
la RetD produits



Réalise
les études projets



Réalise
la préfabrication



Réalise
la pose

B. MENUISIERS/CHARPENTIERS

Menuisiers-charpentiers ayant évolués vers la préfabrication

Menuisiers-charpentiers ayant évolués vers la préfabrication

Entreprises historiques souvent familiales avec plusieurs générations de dirigeants depuis la création. Certaines entreprises ont conservé leur activité historique de charpente, et certaines se sont développées uniquement autour de l'ossature bois en investissant progressivement dans des machines et équipements spécifiques.

Taille moyenne avec un chiffre d'affaires de 1 à 5 millions d'euros, certaines pouvant atteindre 10 millions d'euros. On y retrouve des TPE (artisans de moins de 10 salariés) réalisant un CA <= 1 M€ avec des ateliers agiles et peu outillés, jusqu'à des PME de plus de 40 personnes réalisant un CA ~ 5M€ avec des ateliers de fabrication bien équipés (moyens de levage, tables de cadrage, dérouleur de membrane...)

Ces entreprises réalisent elles-mêmes la pose de leurs ouvrages et il n'est pas rare que ce soient les mêmes personnes qui préfabriquent en atelier et qui réalisent la pose sur chantier. C'est la cohérence de l'approche de « PME Artisanale » qui vise à garantir une haute qualité en favorisant l'amélioration continue entre chantier et atelier.

Entreprise	Entreprise de charpenterie menuiserie ayant évolué vers la préfabrication	
Chiffre d'affaires	TPE ~ 1 M€	PME ~ 5 M€
Effectifs	10 personnes BE : 1 à 2	40 personnes BE : 3 à 7
Équipements industriels	Atelier charpenterie menuiserie	Ateliers outillés (~ 500 K€ invest.)
Capacité de production	Qq MI/an	10 000 m ² /an (2D)

CONCEPTION	FABRICATION	POSE



C. ENTREPRISES GÉNÉRALES DE CONSTRUCTION ET FILIALES DE GRANDS GROUPES

Entreprises créées/rachetées par des groupes de construction

Certaines entreprises générales ont fait le choix d'une stratégie d'intégration verticale en créant ou rachetant des entreprises spécialisées en construction et ossatures bois.

Entreprises avec plusieurs sites de production et la capacité de réaliser des projets importants ($> 5000 \text{ m}^2$). Ces entreprises se positionnent alors comme des fournisseurs privilégiés pour leur maison mère mais également en tant que fournisseur pour d'autres entreprises, voire même prendre des marchés en direct dans certains cas. Ces entreprises sont souvent impliquées dans des projets de grande envergure en Île-de-France en tant que mandataires ou sous-traitants.

Ces entreprises ont généralement une double casquette « Charpente » et « Ossatures » pour pouvoir répondre sur des lots Structure / Clos et couvert complet dans la lignée des périmètres de responsabilité habituels des EG.

Ces activités sont généralement bien scindées au niveau de l'outil de production avec des investissements spécifiques pour la taille (charpente) et des investissements dans des lignes de production pour l'ossature.

Dotée d'une importante force d'ingénierie en interne, ces entreprises développent généralement des solutions constructives propres pour gagner en compétitivité et se différencier de la concurrence, souvent avec des solutions d'enveloppe complètes s'appuyant sur plusieurs produits : murs, planchers, toitures, façades...

Entreprise	Filiales de grands groupes de construction
Chiffre d'affaires	20 à 50 M€
Effectifs	80 à 140 personnes. Dont BE : 20 à 30 personnes
Équipements industriels	Atelier de charpente très outillé + ligne de production ossatures bois (invest. $> 3 \text{ M€}$)
Capacité de production	<ul style="list-style-type: none"> • 50 000 m^2 (2D) + 1 000 m^3 bois charpentes • 2 à 3 sites de production

CONCEPTION	FABRICATION	POSE
		

Comme évoqué ci-avant, il est important de dissocier les acteurs en fonction de leur niveau « d'approche produit », à savoir que certaines entreprises (majoritairement profils A et C) investissent dans la RetD pour développer des concepts innovants ou éviter certains écueils réglementaires/

normatifs. Les acteurs qui ont développé des systèmes spécifiques (techniques non courantes) ayant fait l'objet de RetD sont généralement sous ATEX, ou ATEC, pour pouvoir massifier le développement de leurs solutions sans risque technique.

• **Famille 2 : les préfabriquants non poseurs (centre de production externalisé)**

PME spécialisées en ossatures bois avec un rôle d'industriel assumé.

Entreprises spécialisées dans la conception et fabrication de structures et ossatures bois se positionnant comme un fournisseur auprès d'acteurs B2B (charpentiers, entreprises construction bois, industriel modulaire 3D, entreprises générales...).

Ce positionnement lui permet de se concentrer sur l'amélioration continue : le développement de son outil de production et l'optimisation de ses méthodes de travail (Lean/RetD/approche produit...).

Deux catégories d'acteurs se distinguent :

- La grande majorité ne développent pas de solutions techniques spécifiques et se contentent de mettre à disposition du marché leurs capacités de production.
- Certains acteurs (largement minoritaires) ont eux développé des solutions techniques spécifiques et se chargent de leur fabrication, mais s'appuient sur des réseaux d'entreprises pour la pose (et même parfois pour la commercialisation de ces solutions).



Source : Xylo / André SA

Dans les acteurs sans solution propre, il apparaît deux profils d'entreprises :

- Des PME régionales composées d'une quinzaine d'employés, réalisant entre 2 et 5 M€ de CA avec des outils de production bien équipés mais relativement modestes en terme de taille ($\sim 1500 \text{ m}^2$)
- Des gros centres de production initialement destinés à la maison individuelle (MI) qui sont contraints de s'ouvrir vers le marché B2B avec la chute du marché de la construction neuve de MI. (voir focus famille n°3)



Réalise la RetD produits



Réalise les études projets



Réalise la préfabrication



Réalise la pose

Sans solution propre | Présence d'acteurs hétérogènes

CONCEPTION	FABRICATION	POSE

Avec solution propre* | Acteurs minoritaires

CONCEPTION	FABRICATION	POSE

* Développement de solutions spécifiques (ATEX/ATEC)

Le rôle de simple préfabricant n'entraînant aucun besoin de présence sur chantier, il est à noter que ces **entreprises interviennent généralement dans des zones géographiques élargies** (jusqu'à 500 km sans problème). Cela est d'autant plus vrai quand le niveau de finition (et donc la valeur ajoutée du produit) augmente, rendant la part « transport » relativement dérisoire.

• Famille 3 : les Constructeurs de maisons individuelles

Constructeurs de maisons individuelles à ossatures bois ayant développé **son propre outil de production** d'ossatures bois pour alimenter son activité de constructeur et ayant possiblement développé un système constructif spécifique.

En tant que CMIste, ces acteurs se positionnent comme des acteurs globaux, depuis la recherche du client jusqu'à la livraison des maisons.

Il faut cependant distinguer les outils de production du reste de l'activité de CMIste. Ces acteurs industriels sont généralement issus ou rattachés à des groupes de constructeurs de maisons individuelles important (dont le volume annuel est suffisant pour se lancer dans l'internalisation de la production).

En tant que centre de production pour leurs maisons mères, on retrouve un positionnement proche de la famille n°2. La grande différence réside dans le fait qu'ils **fabriquent des produits très standardisés** avec une approche de maisons « catalogues » (avec options et variantes possibles en fonction des acteurs...).

Ils présentent de très importantes capacités production avec entre 1 à 8 maisons préfabriquées par jour.

Ils favorisent généralement une production d'éléments à haute valeur ajoutée en maximisant l'intégration en usine (menuiseries extérieures et parements de façades notamment).

Ces acteurs possèdent des **bureaux d'études interne généralement très faibles en proportion** par rapport aux autres familles d'acteurs étudiés ci-avant. Cela est notamment possible grâce au haut niveau de standardisation de leurs produits et induit par contre une plus faible capacité d'adaptation.

À noter qu'avec la chute du marché de la construction neuve de MI, certains industriels s'ouvrent vers les marchés B2B pour compenser leur chute de commande. (cf famille n°2).

Entreprise	Constructeur de maisons individuelles en bois ayant développé son propre outil de production
Chiffre d'affaires	Entre 20 M€ et 150 M€ Production annuelle : > x 100 maisons
Effectifs	50 à 300 personnes dont département commercial important
Équipements industriels	Ligne de production avec approche standardisé (invest. 3 à 10 M€)
Capacité de production	1 à 8 maisons / jour 1 à 2 site de production

CONCEPTION	FABRICATION	POSE
		



Source photo : groupe TRECOPAT

Analyse croisée marchés neufs et rénovation « Filière préfabrication 2D bois »

Largement portée par la filière bois, et par le développement progressif des techniques constructives à ossatures bois, la filière des systèmes préfabriqués 2D à ossatures bois est l'une des plus développées parmi les filières de préfabrication en France.

Les acteurs sont très présents sur le marché du neuf, notamment grâce à la RE2020 et au développement de plus en plus de bâtiments hybrides avec des façades bois rapportées.

En rénovation, la filière de préfabrication se développe, notamment via des expérimentations à grande échelle comme « EnergieSprong » ou des solutions innovantes comme dans le projet Profeel RESTORE mais cela reste encore relativement à la marge, notamment à cause du coût des solutions préfabriquées encore élevé.

À noter qu'en rénovation, les acteurs de la préfabrication se concentrent quasi exclusivement sur des bâtiments de grandes dimensions (habitat collectif, tertiaire, scolaire, équipements publics...). Il existe à ce jour, très peu d'acteurs ayant déjà mis en œuvre des systèmes constructifs préfabriqués dans le cadre d'opérations de rénovation de maisons individuelles.

Les grands acteurs de la préfabrication bois semblent mal adaptés pour répondre aux contraintes des petits chantiers de rénovation de MI, cependant les artisans et PME (~ 80 % des entreprises de la construction bois) présentent des organisations bien adaptées aux enjeux de la rénovation de MI. Il reste néanmoins à lever un frein majeur : les surcoûts encore importants de la préfabrication par rapport à une solution faite sur chantier.

3. 1502 entreprises sur 1888 ont moins de 19 salariés, soit 79,5% - Données issues de l'enquête nationale construction bois 2022

1.1.1.2 Les acteurs des structures métalliques légères (LGS)

FOCUS



Qu'est-ce que l'ossature métallique légère, aussi appelée « light gauge steel » (LGS) ?

- Le light gauge steel (LGS) désigne des profilés en acier galvanisé formés à froid, utilisés pour réaliser l'ossature des bâtiments. Ils sont obtenus en passant des tôles d'acier minces dans des machines de profilage à froid pour leur donner une forme en «C» ou «U».

Avantages du LGS

- Légèreté : 60 à 70 % plus léger que le bois, facilitant la mise en œuvre
- Résistance : très résistant aux charges, aux séismes, aux termites, au feu et à la corrosion
- Durabilité : durée de vie de 150 ans avec une isolation adaptée
- Rapidité de construction : 50 à 60 % plus rapide qu'une construction traditionnelle
- Flexibilité de conception : permet des portées importantes et des plans ouverts
- Durabilité : ne se déforme pas, ne se fissure pas et ne pourri pas
- Rapport qualité/prix avantageux

Principaux enjeux

Bien que cette « technologie » soit très développée à travers le monde, elle reste marginale en France. Il n'y a donc pas à proprement parler de marché français à l'heure actuelle même si de nouveaux acteurs tentent de la remettre au goût du jour à l'heure de la transition environnementale, notamment en positionnant des offres spécialement dédiées à la rénovation énergétique.

En résumé, le light gauge steel est un système constructif léger, résistant, durable et rapide à mettre en œuvre, qui connaît un regain d'intérêt en France, notamment face aux enjeux de la rénovation énergétique grâce à sa haute performance du couple « Propriétés mécaniques/poids ».

Marchés principaux

- Logements individuels (et collectifs en moindre mesure).
- Bâtiments tertiaires et commerciaux.
- Bâtiments industriels.

Neuf/Rénovation

Neuf, Rénovation, extension, surélévation.

Caractéristiques génériques des produits/systèmes :

- Niveau d'industrialisation : faible à moyen - machine(s) de profilage.
- Capacité d'adaptation/flexibilité : élevée.
- Maturité technologique : élevée - très développé à l'étranger mais marginale en France.

- Maturité réglementaire : faible en France (DTU « sommaire »).

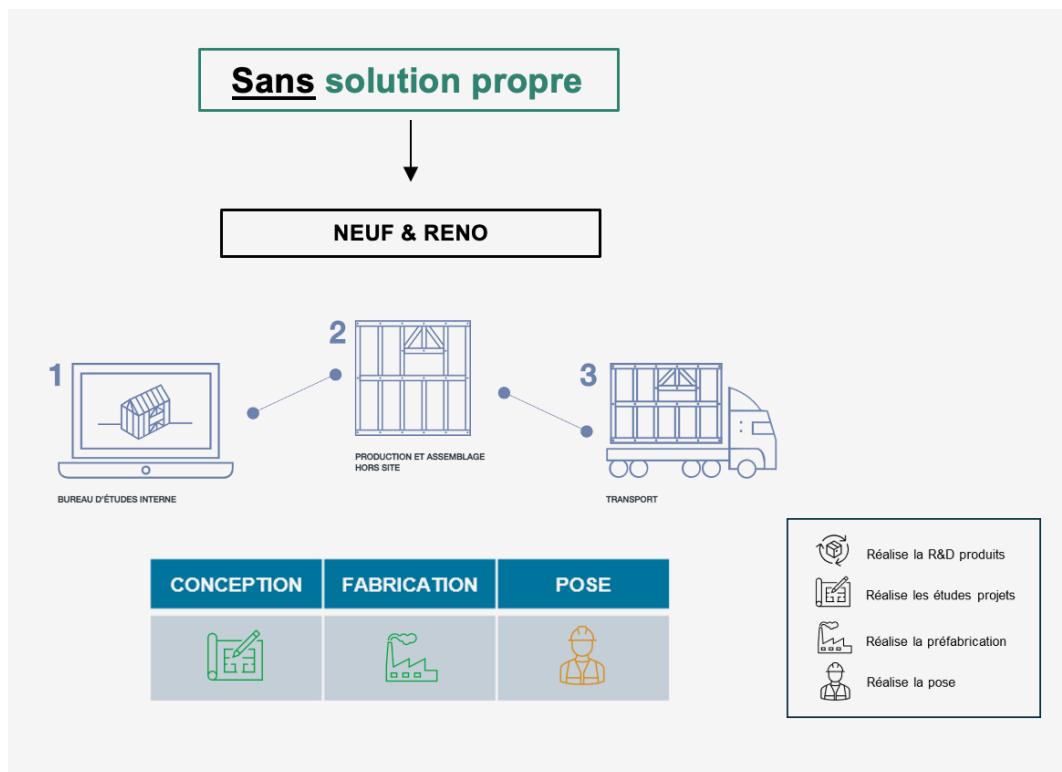
Organisation de la filière

Il est important de noter que ce marché de l'ossature métallique légère est très peu développé en France et reste extrêmement marginal. Concernant l'organisation du marché, deux principaux types d'acteurs ont été identifiés : sans solution propre ou avec solution propre.



Source : FranceStructures

→ **Les acteurs «agiles» sans solution propre**



- PME avec outillage industriel limité / approche flexible et adaptable ;
- Pas de solution propre, activité principale de fabrication d'ossatures en LGS ;
- Modèle organisationnel variable :
- Tous les acteurs réalisent les études et la fabrication ;
- En fonction des cas, ils se limitent à ce rôle de fournisseur ou se positionnent sur des marchés complets de clos et couvert possiblement importants (majoritairement dans la rénovation car peu développé sur le marché du neuf)

Ces acteurs industriels sont majoritairement des **petites structures** (PME) avec peu d'ancienneté, et des équipes relativement réduites. Grâce à leur **bureau d'étude interne** et des machines de profilage multi-profilés, ce sont des structures agiles avec une forte capacité d'adaptation pour proposer des **solutions sur mesure à leurs clients**.

Ces acteurs se positionnent indépendamment sur les marchés de constructions neuves, rénovation, extension ou surélévation, avec des offres de service variables allant de la fourniture

de « kitting » de panneaux LGS, à la fourniture de produits plus avancés (façades complètes).

Ces acteurs peuvent assumer des rôles très différents : simple fournisseur à des entreprises de façades ou entreprises générales (SWEELCO), jusqu'au rôle d'entreprise en charge de macrolot « Clos et Couvert » dans le cas de rénovations d'ampleurs (BIM STEEL).

Deux acteurs représentatifs de ce segment de marché ont été analysés : SWEELCO/ BIMSTEEL.

ACTEURS REPRÉSENTATIFS

SWEELCO

SWEELCO est une entreprise spécialisée dans la préfabrication d'ossatures métalliques légères pour la construction et la rénovation de bâtiments. Voici les principaux chiffres clés de l'entreprise :

Date de création : fondée en juillet 2021.

Localisation : basée à Angers, France.

Chiffre d'affaires : moins de 3 M€ en 2023.

Effectif : 10 employés, répartis entre le bureau d'études (ingénieurs structures, dessinateurs) et la production.

Atelier de production :

– Atelier de 2 000 m² équipé de deux profileuses numériques multiprofilées.

– Capacité de profiler des éléments de 89 mm à 350 mm d'épaisseur et de 0.6 mm à 2 mm d'épaisseur d'acier.

Activités et marchés ciblés :

- Rénovation énergétique : 30% de l'activité.
- Fabrication de modules : 30% de l'activité.
- Construction neuve, extensions et surélévations : 30% de l'activité.

Technologie utilisée :

- Préfabrication de profilés métalliques légers à partir de modèles numériques, permettant un assemblage par vissage et boulonnage sans soudure ni découpe sur chantier.

Segments de marché :

- SWEELCO cible des projets avec des particularités architecturales complexes, des surélévations et des terrains peu porteurs, où la légèreté de la structure métallique est un avantage.

Stratégie de développement :

- Développement de partenariats avec des entreprises générales en tant que fournisseur.
- Formation des entreprises à l'utilisation de la technologie de l'ossature métallique légère.
- Intégration de plus de valeur ajoutée dans leurs produits, comme la livraison de panneaux « hors d'eau hors d'air » avec isolation et éléments de finition.

ACTEURS REPRÉSENTATIFS

BIM STEEL

BIM STEEL est une entreprise spécialisée dans la conception et la fabrication de structures en acier léger pour la construction modulaire et hors site.

Voici les points clés concernant l'entreprise :

Activités principales :

- Conception et fabrication d'éléments 2D à structures en acier léger en usine pour une assemblage rapide sur site.

Chiffres clés :

- Effectif : 10 employés, dont la moitié en bureau d'études.
- Chiffre d'affaires : moins de 3 M€.
- Atelier de production : 2 000 m² équipé de profileuses numériques.

Marchés ciblés :

- Principalement orientés sur la rénovation énergétique et extension de bâtiments existants grâce à la légèreté et à la flexibilité des structures en acier. Plusieurs réalisations d'ampleurs sur la réhabilitation de lycées en région Grand Est en tant que titulaire de macrolots « Enveloppe ».

Avantages et innovations :

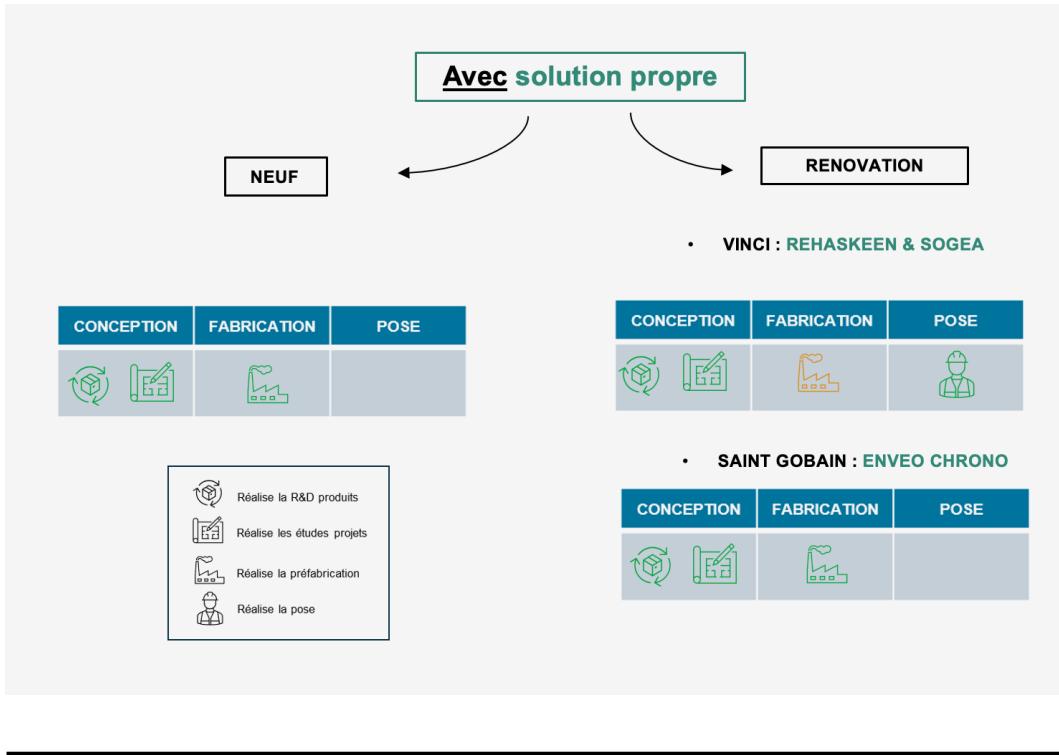
- Utilisation du BIM pour optimiser la conception, réduire les erreurs et améliorer la collaboration entre les différents intervenants du projet.
- Préfabrication en usine des éléments structurels, assemblage par vissage et boulonnage sans soudure, facilitant la rapidité de mise en œuvre sur chantier.
- Réduction des délais de construction grâce à la préfabrication.

- Flexibilité pour des projets architecturaux complexes grâce à la légèreté des structures.

Stratégie de Développement :

- Expansion sur les marchés de la rénovation énergétique et de la construction modulaire.
- Renforcement des partenariats avec des entreprises générales et des acteurs clés du secteur de la construction.
- Investissements continus en RetD pour intégrer des solutions innovantes et durables, telles que l'utilisation d'acier à faible émission de CO₂.
- Développement d'une usine hautement robotisé à très forte capacité de production pour massifier les réponses aux sujets de rénovation énergétique.

→ **Les acteurs avec solution propre spécialisés en rénovation**



- Groupes industriels ou de construction ayant fortement investi en RetD pour développer des solutions sur des marchés ciblés.
- Études sur mesure dans la limite du domaine d'emploi des solutions techniques ;
- Production interne ou partiellement externalisée.
- Fourniture seule pour les industriels / vs / Importants marchés de FetP pour les groupes de construction.

EXEMPLE D'ACTEUR INDUSTRIEL

GROUPE SAINT GOBAIN

Chiffre d'affaires : 51,2 Mds€ (2022)

Employés : 167 000 personnes dans 70 pays.

Exemple de produits

«ENVEVENT» :

«Façade F4» --> Solutions nouvellement commercialisées sous le nom de «EVEVENT», la société a développé deux systèmes en fonction des typologies de supports :

EnveoVent Chrono : neuf et rénovation

Description : système d'isolation thermique par l'extérieur (ITE) destiné aux murs maçonnés.

Applications : adapté pour les constructions neuves et les rénovations. Il optimise les temps de construction tout en garantissant une performance thermique élevée.

Niveau de préfabrication : partiel

- Une mise en œuvre rapide en filière sèche :
- Une livraison en kit chantier avec nomenclature et plan de repérage. Les éléments principaux du système d'isolation thermique par l'extérieur (ITE) sont pré-calepинés, pré-découpés et pré-percés en usine, incluant les panneaux isolants et les couches de protection.

EnveoVent Duo : Neuf

Description : Système de façade légère conçu pour les structures poteaux-dalles. Il offre une excellente performance thermique et acoustique, tout en étant léger et facile à installer.

Applications : bâtiments

industriels, commerciaux et résidentiels nécessitant des solutions de façade performantes sur structure poteaux / poutres.

Niveau de préfabrication : partiel

- Un gain de temps sur l'exécution du chantier : prédécoupe des éléments, identification sur le plan de calepinage, kitting.



Source : Saint Gobain

EXEMPLE D'ACTEURS ISSUS DE GROUPES DE CONSTRUCTION

GROUPE VINCI : REHASKEEN (SOLUTION TECHNIQUE) / SOGEA (FILIALE)

Filiales de grands groupes de construction ayant développé des solutions spécifiquement dédiées à la rénovation énergétique, notamment dans le cadre d'opérations EnergieSprong (Nord / Pays de la Loire). A noter que ces solutions techniques sont généralement commercialisées sous un nom commercial spécifique.



Image Réhaskeen – Groupe VINCI



SOGEA – Groupe Vinci - EnergieSprong

Analyse croisée marchés neufs et rénovation « Filière préfabrication 2D Ossatures métalliques légères »

L'ossature métallique légère reste peu développée en France et par conséquent il existe encore peu d'acteurs spécialisés sur ce segment de marché. Cette « technologie » est cependant très mature,

nécessitant peu d'investissements industriels tout en garantissant un important gain de matière et une grande légèreté des structures.

Des avantages parfaitement adaptés aux enjeux des solutions techniques préfabriquées pour la rénovation énergétique.

1.1.2 SYNTHÈSE DES ANALYSES CROISÉES DES FILIÈRES DE PRÉFABRICATION AVEC LE MARCHÉ DE LA RÉNOVATION

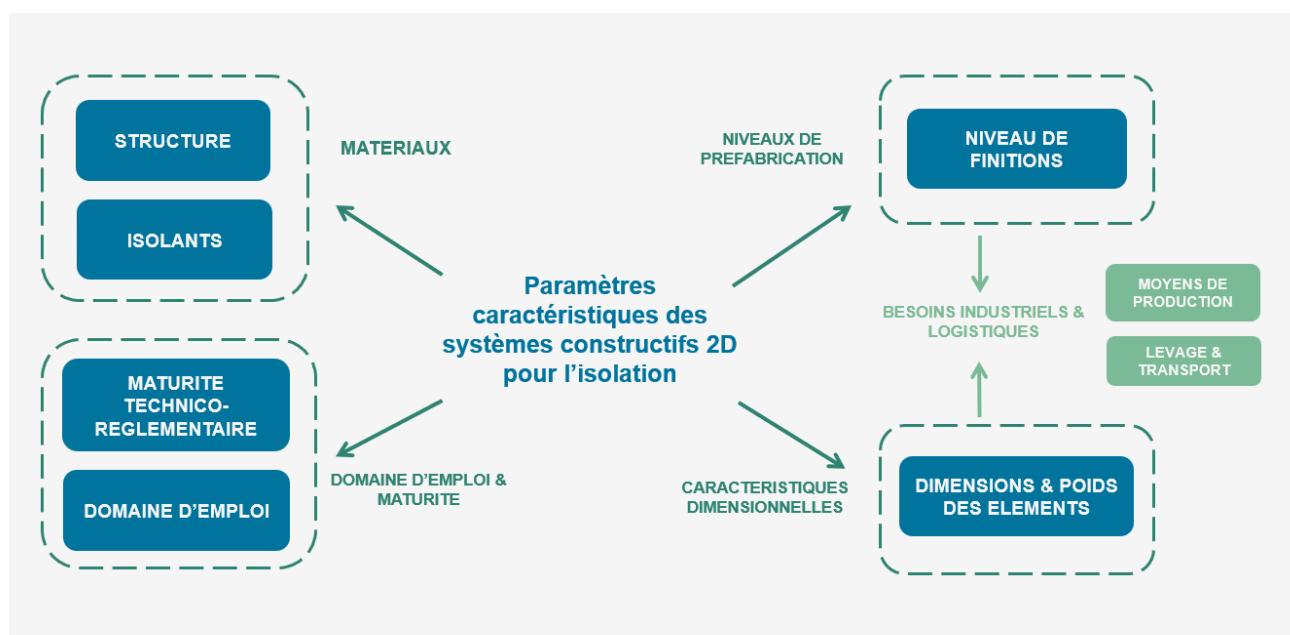
		Potentiel d'application au marché de la rénovation de MI	Potentiel d'application au marché de la rénovation de MI
FILIÈRE PRÉFABRICATION BÉTON			
	Le segment de marché des produits préfabriqués béton concerne quasi exclusivement des composants liés à la structure. Or, à l'exception des cas de réhabilitation lourde, les opérations de rénovation énergétique ne nécessitent pas d'évolution structurelles, ces composants sont donc totalement absents du marché de la rénovation énergétique.	(-)	(-)
FILIÈRE PRÉFABRICATION MODULAIRE 3D			
Modules 3D métal	Les systèmes constructifs modulaires à ossatures métalliques étant majoritairement présents sur le marché du neuf et de la location, ces solutions ne sont pas transposables dans le cas de marchés de rénovation énergétiques. Ces solutions peuvent néanmoins être des solutions complémentaires pertinentes dans le cas d'extension ou de surélévation, mais dans ce cas, les solutions modulaires bois seront privilégiées car bien plus orientées vers le marché résidentiel.	(-)	(-)
Modules 3D bois	Solutions modulaires non adaptées pour la rénovation énergétique, mais les solutions modulaires bois peuvent s'avérer être d'excellents outils dans le cas d'extension ou de surélévation. Elles peuvent également être très pertinentes en cas de division parcellaire (densification) au profit du financement des travaux de rénovation énergétique du bâtiment principal. Avec une partie des acteurs du marché qui gravitent déjà dans le marché de la maison individuelle, ces solutions semblent pouvoir être facilement déployables auprès de propriétaires particuliers.	(-)	(+)
Modules 3D béton	Même logique que pour les modules à ossatures bois. Pas adapté en rénovation énergétique sauf en cas d'extension. Néanmoins, le poids des modules béton les rend difficilement compatibles avec des projets de surélévation.	(-)	
FILIÈRE PRÉFABRICATION PODS ET SYSTÈMES TECHNIQUES			
	Ces solutions sont généralement mal adaptées à la rénovation, surtout les systèmes préfabriqués de taille importante dont les contraintes d'accès/levage complexifient largement la possibilité de mise en œuvre en rénovation. Il faut cependant distinguer deux familles dont le potentiel en rénovation semble intéressant : Les systèmes de préfabrication CET « basiques » comme les pieuvres élec/ hydro et approches kitting peuvent s'avérer des outils très intéressants pour massifier et accélérer les travaux CET dans le cas de rénovation tout en garantissant un haut niveau de qualité. Certains nouveaux produits comme les « pods PCVC multifonctions » ciblent spécifiquement le marché de la rénovation (ex : Synerpod) avec des systèmes autonomes qui se raccordent directement en extérieur sur un bâtiment existant (MI ou collectif).	(+)	(+)

1 (2)

CARACTÉRISTIQUES DES SYSTÈMES CONSTRUCTIFS PRÉFABRIQUÉS UTILISÉS POUR L'ISOLATION

Après avoir dressé un panorama de la filière préfabrication dans la première partie de l'étude, cette deuxième partie traitera de la caractérisation des systèmes constructifs 2D utilisés pour l'isolation. Cette partie présentera en premier lieu les paramètres caractéristiques des systèmes constructifs 2D :

→ **Synthèse des paramètres caractéristiques des systèmes constructifs 2D utilisés pour l'isolation**

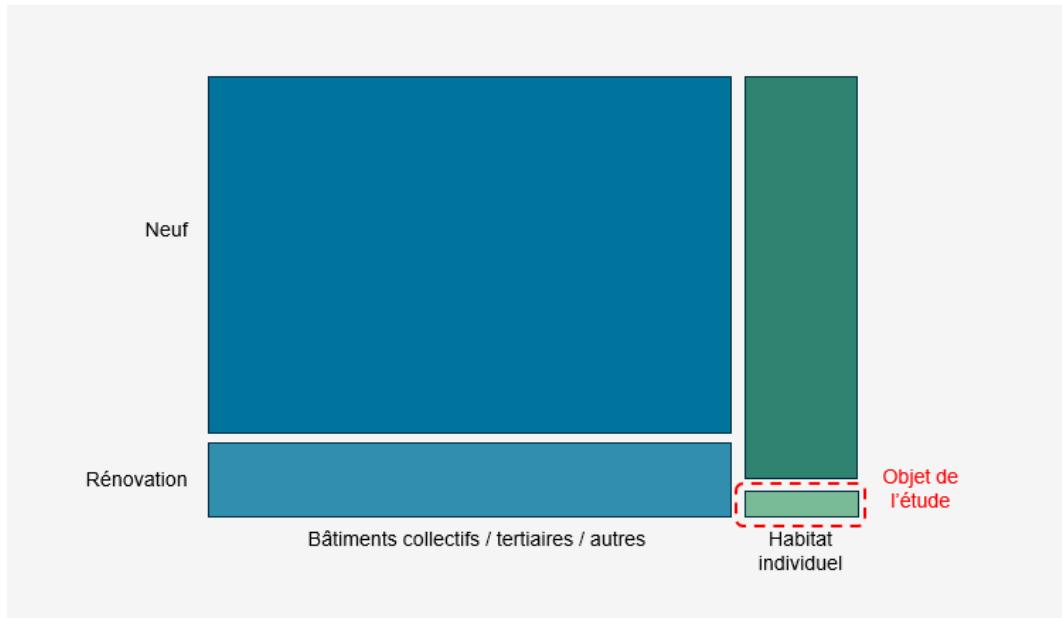


La mission portant sur les enjeux de la massification de la rénovation énergétique, les systèmes constructifs préfabriqués applicables au marché de la rénovation seront particulièrement étudiés.

Cependant, ce marché de la préfabrication en rénovation étant encore peu mature, la grande majorité des applications concernent le marché du neuf.

L'étude portera donc plus largement sur l'ensemble des systèmes constructifs préfabriqués utilisés pour l'isolation, qu'ils soient employés sur les marchés du neuf ou de la rénovation. De même, si la présente mission porte sur la rénovation des maisons individuelles, ce marché de la préfabrication en habitat individuel reste largement minoritaire par rapport à celui des bâtiments collectifs, sur lequel les solutions préfabriquées commencent à être plus largement employées.

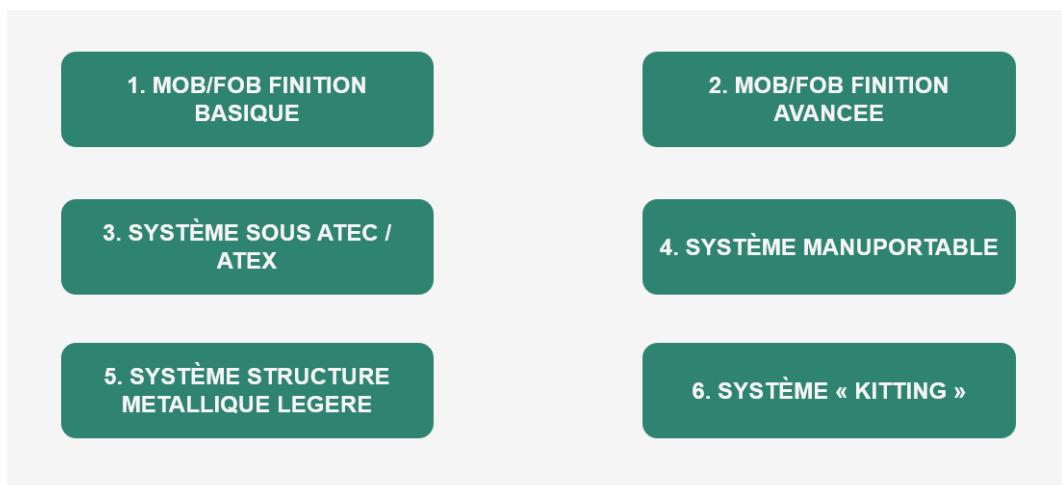
→ **Parts de marché estimatives des solutions préfabriquées utilisées pour l'isolation**



Pour la suite, 6 systèmes constructifs représentatifs seront analysés en détail.

Pour chacun d'entre eux, il sera précisé : les caractéristiques de la solution, le profil des préfabricants et les principaux marchés d'application.

→ **Les 6 typologies de systèmes constructifs retenus dans le cadre de l'étude**



Pour chacun d'entre eux, il sera précisé : les caractéristiques de la solution, le profil des préfabricants et les principaux marchés d'application.

1.2.1 CARACTÉRISATION DES SYSTÈMES CONSTRUCTIFS

Sont présentés ci-dessous une synthèse des principaux paramètres permettant de catégoriser les différents systèmes constructifs préfabriqués.

Matériaux de structure	<ul style="list-style-type: none"> – Ossatures bois – Ossatures métalliques – Autre
Familles d'isolants mises en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> – Isolants traditionnels (laine de verre/laine de roche) – Isolants synthétiques (PU) – Isolants biosourcés panneaux ou insufflation (fibre de bois/ouate de cellulose/panneaux lin) – Isolants alternatifs (paille/béton de chanvre...)
Niveau de préfabrication/finition	<ul style="list-style-type: none"> – Ossatures/contreventement – Ossatures/contreventement/isolation – Ossatures/contreventement/isolation/membranes – + Menuiseries – + Vêtures – + Revêtement intérieur
Adaptabilité du système constructif (= capacité à s'adapter à une conception donnée)	<ul style="list-style-type: none"> – Faible – Modérée – Élevée
Besoins en moyens de production	<ul style="list-style-type: none"> – Basique : Petit atelier d'artisan faiblement équipé en machines, pas d'automatisation, investissement < 200 K€ – Outilé : Atelier de taille moyenne - Présence de machines-outils possiblement avancées, peu à pas d'automatisation, moyens de levage/ transports limités (investissement < 200-1 000 K€). – Industriel : Atelier (ou usine) lourdement équipé en machines de production, et en moyens de levage/transport (investissement > 1 000 K€).
Caractéristiques dimensionnelles (poids et dimensions)	<ul style="list-style-type: none"> – Grands éléments préfabriqués – Petits éléments manuportables
Maturité technico-normative	<ul style="list-style-type: none"> – Systèmes conforme DTU – Conformité au DTU conditionné au domaine d'emploi (qui peut ne pas correspondre à certaines rénovations) – Systèmes sous Avis technique/Atex – Systèmes hors cadre normatif, non encore certifiés
Propriétés structurelles	<ul style="list-style-type: none"> – Système porteur, participant à la reprise et diffusion des charges du bâtiment. – Système non porteur, ne participant pas à la reprise et diffusion de charges du bâtiment autre que son poids propre.

1.2.2 EXEMPLES DE SYSTÈMES CONSTRUCTIFS TYPES

1.2.2.1 MOB/FOB finition basique conforme DTU

Il s'agit d'un mur à ossature bois (MOB) ou d'une façade à ossature bois (FOB) de dimension moyenne à grande, n'incluant pas en atelier les menuiseries et le bardage.

Caractéristiques techniques

Matériaux	Ossature bois
Isolants	Laine de verre/Laine de roche/(Fibre de bois ⁽⁵⁾)
Niveau de préfabrication	Ossatures/Contreventement/Isolation/Membranes
Adaptabilité	Modérée
Besoins en moyens de production	Basique
Poids et dimensions	Panneaux grandes dimensions (jusqu'à 4 m de haut ⁽⁶⁾ x 12 m de long) Nécessite moyens de levage et transport adaptés
Conformité	DTU 31.2/31.4



Source : Atelier Isac

5. Uniquement dans le cadre d'isolants fibres de bois semi-rigides sous avis techniques

6. 4 mètres est un grand maximum avec des contraintes importantes de transport et manutention, en moyenne plutôt limité à 3 mètres de haut.

Profils des pré-fabricants

C'est le produit le plus fabriqué. Ces MOB/FOB sont réalisés par tout type d'acteur, qu'il s'agisse d'artisans menuisier-charpentier disposant de machines standards ou de constructeurs d'ossature bois spécialisés disposant de moyens de production plus importants.

Constructeurs réalisateurs			Fabriquant non poseur	CMI
Constructeur ossature bois	Menuiserie/Charpente	EG/Filiale EG		
+++	+++	+++	+++	+

Principaux marchés

On retrouve ces systèmes constructifs sur l'ensemble des segments de marché du neuf (MI/Collectif/Autre). Certaines rénovations ont été réalisées avec ce procédé mais cela reste à ce jour marginal (voire expérimental), notamment car le peu d'opérations de rénovations réalisées avec des façades préfabriquées privilégient des systèmes à valeur ajoutée plus élevée (avec menuiseries et revêtements extérieurs).

À noter qu'il n'est pas rare que le pare pluie soit réalisé à l'aide de panneaux de fibres de bois rigide qui reçoivent ensuite des enduits dans le cadre d'une isolation par l'extérieur, sous Avis technique.

	Neuf	Rénovation
MI	+++	/
Collectif	+++	/
Autre	+++	

1.2.2.2 MOB/FOB finition avancée conforme DTU

La finition « avancée » diffère du modèle de MOB/FOB « basique » dans la mesure où elle inclut les menuiseries et/ou la vêtue (et possiblement le parement intérieur dans certains cas).

Caractéristiques techniques

Matériaux	Ossature bois
Isolants	Laine de verre/Laine de roche/(Fibre de bois ⁽⁸⁾)
Niveau de préfabrication	MOB/FOB basique + Menuiserie/Vêtures/Parement intérieur
Adaptabilité	Faible/Modérée
Besoins en moyens de production	Outilé + nécessite une entreprise assurée pour la pose des menuiseries
Poids et dimensions	Panneaux grandes dimensions (jusqu'à 4 m de haut ⁽⁹⁾ x 12 m de long). Nécessite moyens de levage et transport spécifiques pour s'adapter aux contraintes MEX + bardage
Conformité	DTU ⁽¹⁰⁾ 31.2 (MOB)/31.4 (FOB)/36.5 (MEX)/DTU façade en fonction de la typologie de matériaux



LMB Martin Frères



Illustration livraison de façade © EMENDA

8. Uniquement dans le cadre d'isolants fibres de bois semi-rigides sous avis techniques

9. 4 m est un grand maximum avec des contraintes importantes de transport et manutention, en moyenne plutôt limité à 3,00m de haut 10. Il est essentiel de noter que de base, les DTU ne concernent que les travaux réalisés sur site et n'intègrent pas la préfabrication...

Profils des pré-fabricants

Ces MOB/FOB complets sont généralement réalisés par des acteurs disposant de moyens de production plus outillés que les MOB/FOB basiques, notamment car la pose de menuiseries et de parement de façades implique généralement des équipements spécifiques où les murs sont mis à la verticale. Certains artisans peuvent en réaliser mais il s'agira principalement de constructeurs ossature bois et de gros constructeurs de maisons individuelles.

À noter : la pose des menuiseries entre dans le cadre de l'assurance décennale et nécessite d'être assurée en conséquence, ce qui n'est pas le cas de tous les acteurs.

Constructeurs réalisateurs			Fabriquant non poseur	CMI
Constructeur ossature bois	Menuiserie/Charpente	EG/Filiale EG		
+++	+/++	+/++	++	+++

Principaux marchés

Le marché principal est à ce jour essentiellement celui du neuf. Certaines rénovations ont pu être réalisées avec ce procédé comme sur les projets EnergieSprong mais cela reste à la marge. On note cependant une croissance de l'activité sur le marché de la rénovation de bâtiments collectifs, tertiaire et équipements publics.

	Neuf	Rénovation
MI	+++	/
Collectif	+++	+ (en croissance)
Autre	+++	+ (en croissance)

1.2.2.3 Système sous ATEC/ATEx

Cette famille regroupe des procédés très hétérogènes qui sortent de la technique courante pour différentes raisons : emploi d'une structure métallique légère, mise en œuvre d'isolants non conventionnels, innovations diverses (structure porteuse, systèmes de jonctions/joints de panneaux, traitement incendie, système d'assemblage...).

Les systèmes de façades préfabriquées sous ATEC/ATEx sont généralement le fait d'entreprises structurées et outillées, qui investissent dans la RetD pour s'affranchir de contraintes réglementaires/normatives ou gagner en productivité avec une démarche d'industrialisation.

Caractéristiques techniques

Matériaux	Ossature bois/métal
Isolants	Laine de verre/PU/Laine de roche/Fibre de bois/Ouate de cellulose/Paille/Béton de chanvre
Niveau de préfabrication	MOB Basique jusqu'à MOB avancé
Adaptabilité	Généralement limité par l'ATEC/ATex
Besoins en moyens de production	Outilé/Industriel
Poids et dimensions	Variables
Conformité	ATEC/ATEx



Façade Rehaskeen de VINCI ©VINCI



Façade SYBOIS © Emenda

Profils des pré-fabricants

Les solutions sous ATEC/ATEx sont à ce jour le fait d'entreprises disposant de moyens de production importants, principalement des constructeurs ossature bois et des grandes entreprises. Des artisans peuvent également obtenir une ATEx sur leur solution, notamment lorsque des isolants alternatifs sont utilisés (paille, béton de chanvre).

Constructeurs réalisateurs			Fabriquant non poseur	CMI
Constructeur ossature bois	Menuiserie/Charpente	EG/Filiale EG		
+++	+	+++	+	+

Principaux marchés

Le marché de la rénovation étant encore très immature, ces systèmes préfabriqués ont majoritairement été développés pour le marché du neuf, mais sont en train d'émerger plusieurs initiatives destinées au marché de la rénovation (de bâtiments collectifs/tertiaires principalement). Le marché de la MI étant intrinsèquement moins contraint réglementairement parlant, il y a naturellement moins de besoins de process de certification parallèle.

	Neuf	Rénovation
MI		
Collectif	+++	+ (en croissance)
Autre	+++	+ (en croissance)

1.2.2.4 Système manuportable

Le système manuportable permet de s'affranchir des contraintes de levage et de transport et peut avoir un intérêt particulier pour la rénovation de maisons individuelles.

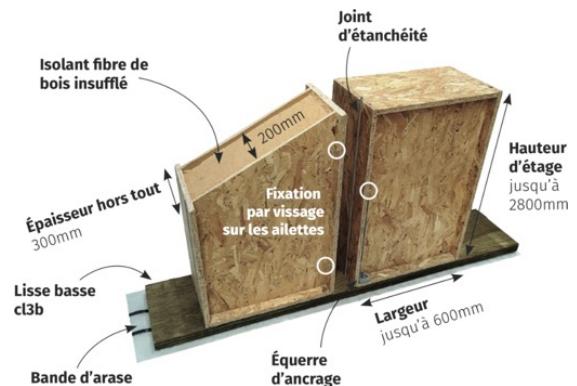
En effet, dans le cas d'un pavillon 4 faces, toutes les façades ne sont pas toujours accessibles par un camion grue et l'élément préfabriqué manuportable devient alors une alternative à la solution PSE ou ITE sous bardage.

Caractéristiques techniques

Matériaux	Ossature bois/(possiblement métal)
Isolants	Laine de verre/Laine de roche/Fibre de bois/Autre
Niveau de préfabrication	Ossatures + isolation
Adaptabilité	Modérée/Élevée
Besoins en moyens de production	Minimal
Poids et dimensions	Panneaux légers de petites dimensions (en moyenne 1 à 2 m ² par panneau)/Aucun moyens de levage nécessaires/Transport avec moyens habituels
Conformité	ATEX



Système manuportable Blokiwood



Profils des pré-fabricants

Cette famille de solutions reste encore très marginale et est aujourd'hui portée par deux types d'acteurs : des entreprises générales (ou par leur filiale) et par des fabricants non poseurs ayant développé un concept spécifique.

Constructeurs réalisateurs		Fabriquant non poseur	CMI
Constructeur ossature bois	Menuiserie/Charpente	EG/Filiale EG	
	/	+++	+++

Principaux marchés

Les solutions manuportables se destinent essentiellement au marché des « petits bâtiments » (MI / petits équipements publics...)

Étant bien conscient des limites de mise en œuvre de « grands » éléments préfabriqués, mais souhaitant malgré tout améliorer leur productivité sur site, les entreprises générales ont développé ces solutions avec un ciblage exclusif sur les marchés de la rénovation.

	Neuf	Rénovation
MI	/	+++
Collectif		
Autre		

1.2.2.5 Système structure métallique légère

Le système à structure métallique légère n'est pas le plus représenté mais permet de limiter l'apport de poids sur la façade existante. Il dispose également d'une adaptabilité avancée qui permet de réaliser des formes non standard.

Caractéristiques techniques

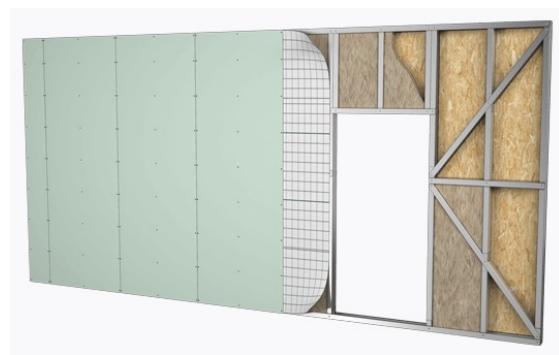
Matériaux	Ossature métal
Isolants	Laine de verre/Laine de roche
Niveau de préfabrication	Ossatures + isolation
Adaptabilité	Modérée
Besoins en moyens de production	Outillé
Poids et dimensions	Panneaux légers possiblement de grandes dimensions (jusqu'à 4 m de haut ¹¹ x 12 m de long)/Moyens de levage et transport spécifiques
Conformité	DTU 32.3 (neuf)/hors champ réglementaire en rénovation (ATEX/ATEC)



Usine Sogea © EnergieSprong



Façade Sogea posée © EMENDA



Système Sweelco



11. 4 m est un grand maximum avec des contraintes importantes de transport et manutention, en moyenne plutôt limité à 3 m de haut.

Profils des pré-fabricants

Consciente du besoin de limiter le poids des éléments rapportés sur une façade existante, les systèmes à structure métallique légère sont portés par des entreprises générales. Pour autant, elles ne produisent pas directement la structure métallique et font aujourd'hui appel à des préfabRICANTS LGS (Light Gauge Steel).

Certains acteurs se sont spécialisés dans ces solutions et proposent des offres complètes d'enveloppe en neuf et rénovation.

Constructeurs réalisateurs		Fabriquant non poseur	CMI
Constructeur ossature bois	Menuiserie/Charpente	EG/Filiale EG	
	++ (réno)	++ (Spécialiste LGS)	

Principaux marchés

En France, cette solution est marginale et utilisée pour la construction neuve de maisons individuelles, bâtiments de petites hauteurs et pour les extensions ou les surélévations. (acteurs spécialisés).

Ces solutions se développent de plus en plus dans le cadre d'une réhabilitation de bâtiment collectif puisque la masse rapportée est plus faible que pour une FOB, et l'ossature peut s'avérer compétitive et facile à assembler.

	Neuf	Rénovation
MI	+	/
Collectif		+
Autre		+

1.2.2.6 Système « Kitting »

Le système de kitting consiste à préparer tous les éléments composants une paroi rapportée en usine (prédécoupage, préperçage de l'ossature, panneaux, isolants, membranes...) et à les assembler sur site. En ce sens, il s'agit davantage d'une innovation méthodologique que d'une innovation du système constructif.

Caractéristiques techniques

Matériaux	Ossature métal ou bois
Isolants	Tous
Niveau de préfabrication	Pré-découpage/pré-perçage des ossatures, isolants et panneaux
Adaptabilité	Élevée
Besoins en moyens de production	Limité
Poids et dimensions	Dimensions variables/nécessite moyens de levage et transport limités
Conformité	Variable



Exemple de solution « Poly » développée par la société Bati-Production

Profils des pré-fabricants

Seules quelques entreprises ont développé cette méthode qui reste marginale sur le marché. Il peut s'agir d'une petite entreprise générale de rénovation (marché MI) ou d'un industriel comme Saint-Gobain (marché neuf bâtiments de grandes dimensions).

Constructeurs réalisateurs		Fabriquant non poseur	CMI
Constructeur ossature bois	Menuiserie/Charpente	EG/Filiale EG	
		+	

Principaux marchés

Cette solution peut se décliner sur tous les marchés tant elle permet des gains de temps, et réduction de déchets à moindre frais. En rénovation, cette méthode implique néanmoins un relevé de l'existant qui peut impacter le modèle économique mais permet de s'affranchir de moyens d'accès ou de levage complexes.

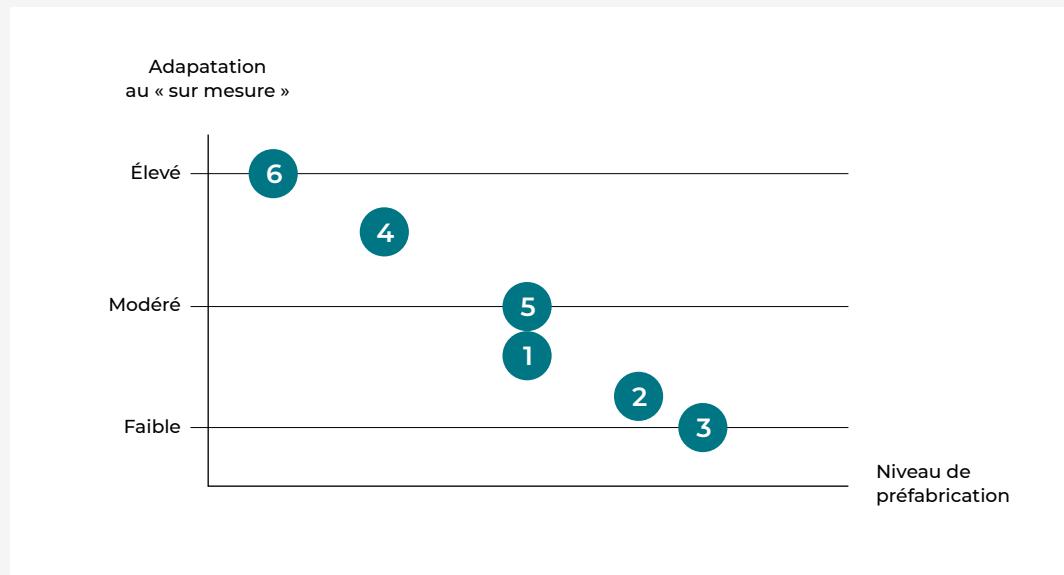
	Neuf	Rénovation
MI		/
Collectif	/	/
Autre	/	/

1.2.3 ADAPTABILITÉ DES SYSTÈMES CONSTRUCTIFS TYPES

Le schéma ci-après permet d'apprécier le niveau de préfabrication en fonction de l'adaptabilité de la solution (capacité à s'ajuster à une façade qui aurait une géométrie particulière).

À titre d'exemple, le système kitting requiert un niveau de préfabrication faible mais permet de s'ajuster à tout type de formes. A contrario, le système MOB/FOB « finition avancée » est entièrement conçu hors site mais ne pourra être utilisé que pour des formes de façades relativement standards.

→ Niveau de préfabrication en fonction de l'adaptabilité de la solution



- ① MOB/FOB finition basique sous DTU
- ② MOB/FOB finition avancée sous DTU
- ③ Système sous ATEC/ATEx
- ④ Système manuportable
- ⑤ Système structure métallique légère
- ⑥ Système « kitting »

1 3

ANALYSE TECHNICO-ÉCONOMIQUE DE LA SOLUTION TRADITIONNELLE ET DE LA SOLUTION PRÉFABRIQUÉE

Cette section a pour objet d'apporter un éclairage sur les solutions techniques mobilisables pour l'isolation de l'enveloppe d'une maison individuelle. À des fins de comparaison technique et économique sont étudiées des solutions dites traditionnelles et des solutions préfabriquées avec des parts de réalisation hors site différentes. Les solutions étudiées présentent un niveau de performance thermique similaire situé aux environs de $R=5,2$.

1.3.1 ITE SOUS ENDUIT

La solution polystyrène (PSE) sous enduit est très communément utilisée comme solution d'isolation par l'extérieur pour la rénovation thermique des maisons individuelles. Elle est largement disponible sur marché et maîtrisée par les façadiers depuis de nombreuses années. Ses performances thermiques rapportées à sa masse volumique en font un des matériaux les plus efficaces pour la protection contre le froid. En revanche, si elle n'est pas adossée à une maçonnerie lourde, sa faible masse volumique la rend peu efficace pour la protection contre la chaleur estivale. Elle présente le double avantage d'être économique et facile à poser. C'est pour ces raisons qu'elle est prédominante sur le marché de la rénovation énergétique. D'après le site actu-environnement, elle pèse 80 % du marché de l'ITE en rénovation⁽¹²⁾.

Description technique

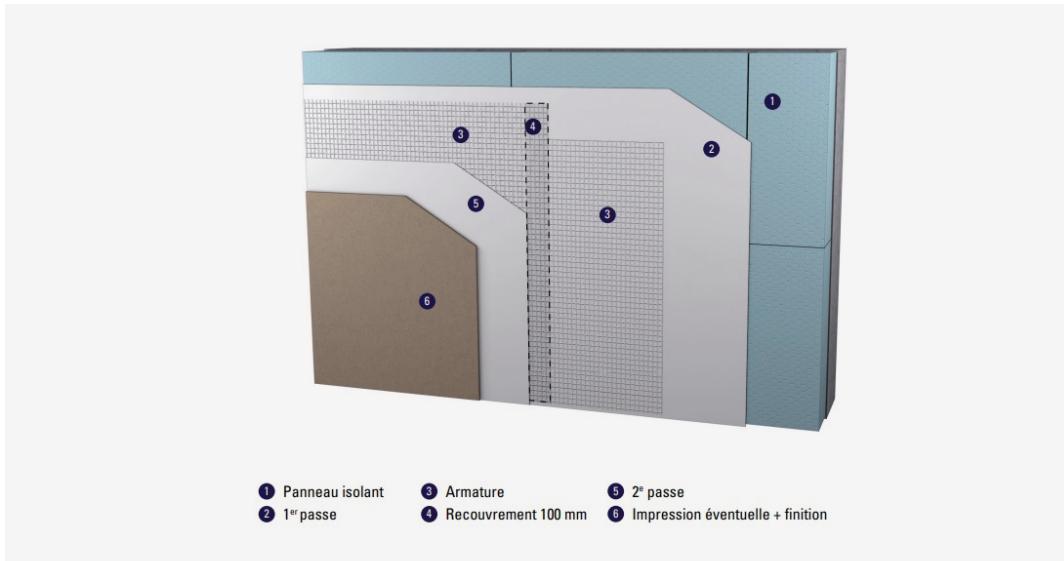
L'isolation par l'extérieur en PSE sous enduit consiste à coller, et éventuellement à cheviller, des blocs de PSE directement sur la maçonnerie existante. Ces blocs sont ensuite enduits.

Cette solution met en œuvre :

- colle
- blocs de PSE (épaisseur 200 mm – $R=5,25$)
- chevilles
- corps d'enduit
- treillis intégré dans le corps d'enduit
- enduit de finition

La mise en œuvre de cette solution est décrite dans la publication PROFEEL « Recommandations – Procédés d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé – Emploi et mise en œuvre neuf et rénovation ».

À titre d'information, cette solution apporte une charge complémentaire de 4,5 daN/m². Le risque structurel pour le bâti existant est donc faible.



Extrait du guide de recommandation PROFEEL mentionné ci-dessus

Études de conception

Les études préalables à la pose de ce complexe sont limitées à une simple prise de côtes et à la connaissance de la résistance thermique attendue (sur la base de la RTex⁽¹³⁾ ou d'un audit énergétique préalable).

Techniques de pose

La pose se fait par simple collage, éventuellement additionné d'un chevillage suivant les prescriptions du fabricant.

Pose de blocs de PSE en rénovation

À l'issue de cette première étape, une première couche d'enduit incluant un treillis est projetée sur les blocs. Et enfin, une couche de finition est appliquée.

Les installations de chantier sont légères. Une échelle à plate-forme suffit pour un logement de plain-pied. Un échafaudage sera nécessaire pour une maison en R+1.



Pose de blocs de PSE en rénovation



Projection enduit sur blocs PSE

13. Réglementation Thermique pour les Bâtiments existants :
<https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/exigences-reglementaires-thermiques-batiments-existants>

1.3.2 ITE SOUS BARDAGE BOIS À CLAIRE VOIE

Cette solution propose de mettre en œuvre des panneaux de laine de verre maintenus par une structure en bois sur lequel est fixé le bardage. Plus complexe que la solution précédente, elle fait partie des techniques courantes couvertes par le DTU 41.2. Elle est peu employée dans la cadre d'une rénovation énergétique.

Description technique

Conformément au DTU 41.2, ce complexe est constitué de :

- équerres de fixation ;
- panneaux isolant (épaisseur 100 mm - R=2,85) – chevilles nécessaires suivant prescriptions fabricant ;
- ossature de bardage ;
- panneau isolant entre montant (épaisseur 80 mm – R=2,25) ;
- pare-pluie ;
- panneaux de bardage (liteaux + lames douglas).

Des solutions similaires sont décrites dans la publication PROFEEL « Recommandations- Procédés de bardage rapporté à lame d'air ventilée : emploi et mise en œuvre neuf et rénovation ».

Études de conception

Les études préalables à la pose de ce complexe sont limitées à une simple prise de côtes et à la connaissance de la résistance thermique attendue (sur la base de la RTex⁽¹⁴⁾ ou d'un audit énergétique préalable).

Technique de pose

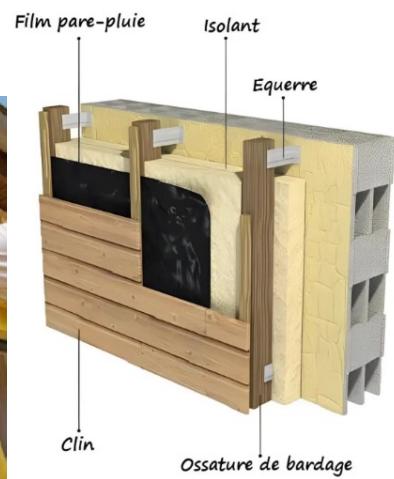
La première étape consiste à poser les équerres destinées à supporter les montants en bois nécessaires au bardage. Puis, une première couche d'isolant est posée au contact du mur (provisoirement maintenue grâce aux équerres). Les montants verticaux sont fixés aux équerres et une seconde couche d'isolant est insérée entre ces derniers. Vient ensuite la pose du pare-pluie puis celle du bardage.



ITE sous bardage bois à claire-voie
© EMENDA



Pose laine de verre en montants



Ecorthé complexe ITE bardage à claire voie

14. Réglementation Thermique pour les Bâtiments existants :
<https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/exigences-reglementaires-thermiques-batiments-existants>

1.3.3 ITE PARTIELLEMENT PRÉFABRIQUÉE – ISOLANT SOUS BARDAGE BOIS À CLAIRE VOIE

Cette solution propose de mettre en œuvre des panneaux de laine de verre maintenus par une structure en bois sur laquelle est fixé le bardage. Plus complexe que la solution précédente, elle fait partie des techniques courantes couvertes par le DTU 41.2. Elle est marginalement employée dans la cadre d'une rénovation énergétique.

La solution proposée ici prévoit une part de préfabrication :

- les cadres en bois, incluant l'isolant sont fabriqués en atelier pour former des ensembles manuportables facilement transportables et manipulables sur le chantier ;
- les lames de bardage sont préassemblées en panneaux.

Description technique

Conformément au DTU 41.2, ce complexe est constitué de :

- équerres de fixation ;
- panneaux isolant (épaisseur 180 mm - R=5,1) ;
- cadres servant d'ossature de bardage ;
- pare-pluie ;
- panneaux de bardage (liteaux + lames douglas).

Des solutions similaires sont décrites dans la publication PROFEEL « Recommandations- Procédés de bardage rapporté à lame d'air ventilée : emploi et mise en œuvre neuf et rénovation ».

Études de conception

La majorité des entreprises mettant en œuvre cette solution disposent de 5 à 10 dimensions de cadres. Un scan des façades s'avère nécessaire pour établir un plan de calepinage. Les éléments du catalogue permettent de couvrir aux environs de 90 % de la surface à isoler. Au stade de la conception, il convient d'anticiper les zones qui devront être traitées directement sur le chantier.

Moyens de production

Au vu de la taille des éléments manuportables, les moyens nécessaires pour leur production sont ceux d'un artisan menuisier disposant d'un atelier de quelques centaines de mètres carrés. Aucun outillage complexe et spécifique (machines à commande numérique ou pont roulant par exemple) n'est requis.

Il faudra cependant prévoir un espace de stockage correctement dimensionné. Les cadres peuvent être transportés sur palette :



Transport des cadres sur palette © EMENDA

Technique de pose

Les équerres de fixation sont posées préalablement sur l'ensemble des façades conformément au plan de calepinage établi (voir ci-dessus).

Les éléments préfabriqués manuportables sont ensuite positionnés et vissés sur les équerres. Viennent ensuite la pose du pare-pluie et celle des éléments de bardage.



Transport des cadres sur palette © EMENDA



Fixation des éléments manuportables © EMENDA



Pose du bardage © EMENDA

1.3.4 FAÇADE PRÉFABRIQUÉE HORS SITE

Cette solution consiste en la préfabrication, en atelier ou en usine, de façades entières, incluant ou non les menuiseries. Pour la réalisation de ces façades, une phase d'études préalables conséquente est nécessaire car les tolérances dimensionnelles sont faibles du fait de l'existence d'ouvertures. De plus, la conception doit intégrer les phases transitoires de fabrication, transport et levage ; la structure de la façade doit être suffisamment rigide pour supporter ces étapes. Ce renforcement de la structure impose un surplus de matière conséquent (et par conséquent de masse et de coût).

Les façades isolantes sortent du champ normatif actuel. Les contrôleurs techniques conditionnent fréquemment leurs avis à l'obtention d'un ATEx. Les délais de conception se trouvent donc rallongés de 12 à 18 mois. Le surcoût peut s'élever à plusieurs dizaines de milliers d'Euros. Certains fabricants ont dans leurs catalogues des façades préfabriquées sous avis technique.

La difficulté d'accès à toutes les faces d'une maison individuelle est un frein au déploiement de cette solution (accessibilité face arrière, présence d'éléments décoratifs, réseaux aériens...).

À l'exception des chantiers pilotes conduits dans le cadre du projet RESTORE (5 chantiers font l'objet d'une rénovation énergétique ayant recours à la préfabrication) et de quelques opérations de massification de la rénovation

énergétiques du parc social⁽¹⁵⁾, cette solution n'est pas démocratisée pour la maison individuelle. En revanche, elle tend à se développer fortement pour la rénovation énergétique des collectifs.

À titre d'information, cette solution apporte une charge complémentaire de 70 daN/m². Le risque structurel pour le bâti existant est donc significatif.

Description technique

La façade est constituée de :

- pare-vapeur (imposé par la présence d'une lame d'air entre le mur existant et la façade) ;
- ossature structurelle en bois (ou en métal) ;
- isolant fibre de bois (épaisseur 200 mm – R=5,1) dans l'ossature ;
- OSB 12 mm pour le contreventement
- pare-pluie ;
- panneaux de bardage (liteaux + lames douglas).

Études de conception

Un scan 3D de la maison est impératif afin d'obtenir les côtes réelles du bâti. Il est impossible d'utiliser les plans d'architecte. Cette première opération est relativement coûteuse puisqu'il faut compter entre 3 500 et 5 000 € pour le scan et la modélisation d'une maison.

Au-delà des études thermiques et de migration de l'eau, l'étude structurelle est nécessaire. Le complexe doit être conçu pour limiter ses déformations pendant les phases de transport, de manutention et de pose.

15. Voir opérations EnergieSprong

L'emploi d'un logiciel de CAO type AutoCAD est impératif.

La masse rapportée est supérieure 70 kg/m², il conviendra de s'assurer que la structure du bâti est en mesure de supporter cet apport. En complément, des tests d'arrachement devront être réalisés pour valider le système de fixation. L'intervention d'un BE structure peut s'avérer nécessaire pour répondre aux attentes du contrôleur technique ou de l'ATEx.

Moyens de production

Les interviews réalisés dans le cadre de cette étude n'ont pas permis de dégager de règles spécifiques concernant les moyens de production. La seule caractéristique commune est de disposer de moyens de levage permettant de relever et/ou retourner les panneaux.

Cas des fabricants « industriels »

Ces professionnels sont souvent lourdement équipés. Ils disposent de lignes production dans des ateliers de grandes dimensions. La plupart du temps, ils utilisent des machines à commande numérique pour débiter l'ossature, découper et fixer le contreventement.

De nombreuses étapes restent manuelles :

- Assemblage de la structure,
- Pose du pare-pluie et du pare-vapeur,
- Pose des menuiseries,
- Gestion de l'étanchéité,
- Pose du bardage.

Ces industriels cherchent avant tout à maximiser le taux d'occupation de leur ligne de production. Souvent, ils délèguent la pose.

Cas des artisans « préfabRICANTS »

Ces professionnels disposent, au sein de leur atelier, de machines-outils pouvant être numériques. Le niveau d'automatisation du processus de fabrication est limité.

Quelques tables permettent de travailler simultanément sur plusieurs panneaux.

Les étapes d'assemblage de la structure (ossature + contreventement) et de garnissage d'isolant sont réalisées à l'horizontale. Le panneau est ensuite relevé pour la pose du bardage et des menuiseries.

Les façades sont installées sur des chevalets pour le transport. Au vu des dimensions de ces éléments, le transport est réalisé par semi-remorque. En général, une remorque peut accueillir jusqu'à 4 façades.



Chaîne d'assemblage de façades préfabriquées
© FRAMEWORKS

Techniques de pose

Pour les façades en ossature bois, dans la plupart des cas, une demi-lisse basse supporte la façade. Elle permet d'assurer l'horizontalité et facilite le réglage de la position dans les deux autres dimensions.

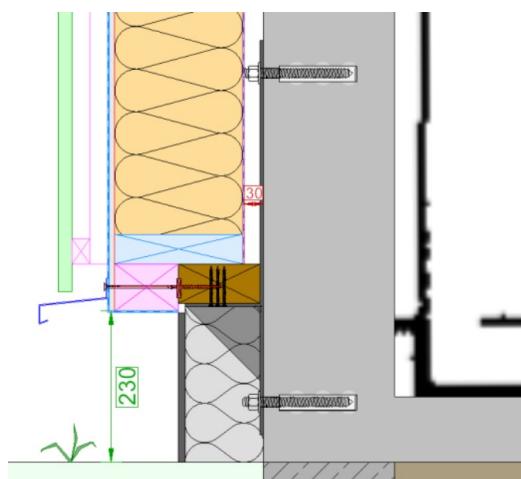
La lisse basse est installée quelques jours avant les opérations de pose des façades.

Pour les opérations de pose des façades, la présence de moyens de levage lourds est nécessaire (grue ou camion équipé d'un bras de levage).

Dès que le positionnement est correct, les fixations en tête sont réalisées grâce à des équerres. Viennent ensuite les travaux de finitions (pose des couvre-joints et couvertines).

Les études de cas ci-dessous ont pour objectif d'analyser les coûts des solutions présentées ci-dessus sur des cas concrets.

→ Principe de demi-lisse basse



Transport, levage et pose des façades
© FRAMEWORKS

1.3.5 ÉTUDE DE CAS COÛTS N°1 : PAVILLON 4 FACES

Cette première étude de cas se base sur un pavillon de plain-pied à la volumétrie simple d'une surface habitable de 90 m². Aucune modénature n'est présente.

→ **Plan étude de cas n°1**



Hypothèses

- La résistance thermique attendue est de R=5,2 m².K/W
- Les 4 façades de la maison sont accessibles par les moyens de levage
- Le remplacement des menuiseries n'est pas inclus dans l'étude
- L'isolation des combles n'est pas traitée dans l'étude

Détail des surfaces des parois

m ²	Surface brute	Surface menuiseries	Surface opaque
Mur 1	30,90	6,42	24,49
Mur 2	30,90	5,16	25,74
Mur 3	30,90	0,57	30,33
Mur 4	30,90	3,00	27,90
		Total surfaces opaques	108,46

Chiffrage des solutions

Les estimations proposées ci-dessus sont issues des données recueillies lors des entretiens réalisés pendant la première phase de l'étude et des abaques des sociétés FRAMEWORKS et EMENDA.

Elles peuvent varier suivant les matériaux employés, le niveau de finition, la distance en l'atelier et chantier, le niveau de standardisation au sein de l'entreprise, la localisation du chantier...

Elles ont vocation à fournir des ordres de grandeur et à évaluer la part de chaque poste dans le coût global.

1 - ITE ISOLANT SOUS ENDUIT – RÉALISÉE PAR UN FAÇADIER

Durée de chantier généralement constatée : 3 à 4 semaines

Isolant sous enduit

	Unité	PU	Quantité	Prix		
Prise de cotes	jours	450,00 €	0,5	225,00 €		
Etudes	jours	450,00 €	0,5	225,00 €		
Installation de chantier	m ²	10,00 €	108,46	1 084,55 €		
Echafaudage	m ²	15,00 €	108,46	1 626,83 €		
Matériaux (PSE enduit)	m ²	45,00 €	108,46	4 880,48 €		
Main d'œuvre sur site	m ²	55,00 €	108,46	5 965,03 €		
Points singuliers	m ²	30,00 €	108,46	3 253,65 €		
Transport	m ²	2,00 €	108,46	216,91 €	Prix / m ² façade	Prix / m ² SHAB
			Total	17 477,44 €	161,15 €	194,19 €

Plus-value isolant Bisourcé	m ²	50,00 €	108,46 €	5422,75	Prix / m ² façade	Prix / m ² SHAB
			Total avec variante	22 900,19 €	211,15 €	254,45 €

2 – ITE ISOLANT SOUS BARDAGE – RÉALISÉE PAR UN MENUISIER – CHARPENTIER

Durée de chantier généralement constatée : 3 à 4 semaines

Isolant sous bardage					
	Unité	PU	Quantité	Prix	
Prise de cotes	jours	450,00 €	0,5	225,00 €	
Etudes	jours	450,00 €	0,5	225,00 €	
Installation de chantier	m2	10,00 €	108,46	1 084,55 €	
Echafaudage	m2	15,00 €	108,46	1 626,83 €	
Matériaux (LV + structure)	m2	40,00 €	108,46	4 338,20 €	
Matériaux (bardage douglas)	m2	80,00 €	108,46	8 676,40 €	
Main d'œuvre sur site	m2	75,00 €	108,46	8 134,13 €	
Points singuliers	m2	30,00 €	108,46	3 253,65 €	
Transport	m2	2,00 €	108,46	216,91 €	Prix / m2 façade
			Total	27 780,66 €	256,15 €
					308,67 €
Plus-value isolant Bisourcé	m2	50,00 €	108,46	5 422,75 €	Prix / m2 façade
			Total avec variante	33 203,41 €	306,15 €
					368,93 €

3 – ÉLÉMENTS MANUPORTABLES

Durée de chantier généralement constatée : 2 à 3 semaines

Eléments manuportables biosourcés enduits						
	Unité	PU	Quantité	Prix		
Prise de cotes	jours	450,00 €	1	450,00 €		
Etudes	jours	450,00 €	3	1 350,00 €		
Installation de chantier	m ²	30,00 €	108,46	3 253,65 €		
Echafaudage	m ²	15,00 €	108,46	1 626,83 €		
Eléments manuportables	m ²	80,00 €	108,46	8 676,40 €		
Enduit	m ²	30,00 €	108,46	3 253,65 €		
Main d'œuvre sur site	m ²	45,00 €	108,46	4 880,48 €		
Points singuliers	m ²	30,00 €	108,46	3 253,65 €		
Transport	forfait	1 000,00 €	1,00	1 000,00 €	Prix / m ² façade	Prix / m ² SHAB
				Total 27 744,65 €	255,82 €	308,27 €
Plus-value bardage bois (annule poste enduit)	m ²	65,00 €	108,46	7 049,58 €	Prix / m ² façade	Prix / m ² SHAB
				Total avec variante 34 794,23 €	320,82 €	386,60 €

4 - FAÇADES PRÉFABRIQUÉES

Durée de chantier généralement constatée : 1 semaine

Façades préfabriquée biosourcées enduit

	Unité	PU	Quantité	Prix		
Prise de cotes	forfait	3 500,00 €	1	3 500,00 €		
Etudes	jours	450,00 €	5	2 250,00 €		
Installation de chantier	m2	20,00 €	108,46	2 169,10 €		
Echafaudage	m2	- €	108,46	- €		
Façade	m2	125,00 €	108,46	13 556,88 €		
Main d'œuvre sur site	jours	300,00 €	10,00	3 000,00 €		
Points singuliers	m2	20,00 €	108,46	2 169,10 €		
Transport	forfait	1 500,00 €	1,00	1 500,00 €		
Levage	forfait	1 500,00 €	1,00	1 500,00 €	Prix / m2 façade	Prix / m2 SHAB
				Total 29 645,08 €	273,34 €	329,39 €
Plus-value bardage bois (annule poste enduit)	m2	80,00 €	108,46	8 676,40 €	Prix / m2 façade	Prix / m2 SHAB
				Total avec variante 38 321,48 €	353,34 €	425,79 €

RÉCAPITULATIF DES COÛTS PAR SOLUTION

Les solutions en italique présentent une forte part de composants biosourcés.

	Prix total	Prix/m2 façade	Prix/m2 SHAB
Isolant (PSE) sous enduit	17 477,44 €	161,15 €	194,19 €
<i>Isolant (fibre de bois) sous enduit</i>	22 900,19 €	211,15 €	254,45 €
Isolant (LV) sous bardage	27 780,66 €	256,15 €	308,67 €
<i>Isolant (Fibre de bois) sous bardage</i>	33 203,41 €	306,15 €	368,93 €
<i>Elément manuportables induits</i>	27 744,65 €	255,82 €	308,27 €
<i>Elément manuportables bardage</i>	34 794,23 €	320,82 €	386,60 €
Façades préfabriquées induites	29 645,08 €	273,34 €	329,39 €
Façades préfabriquées bardage	38 321,48 €	353,34 €	425,79 €

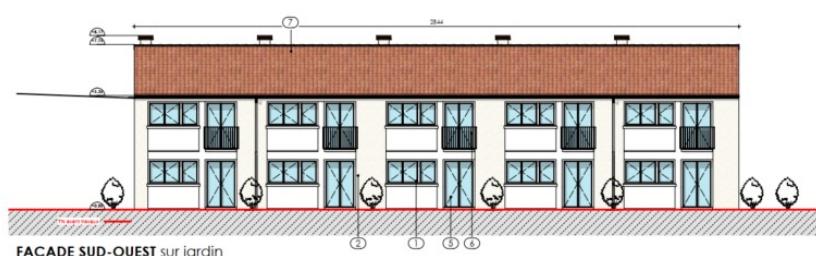
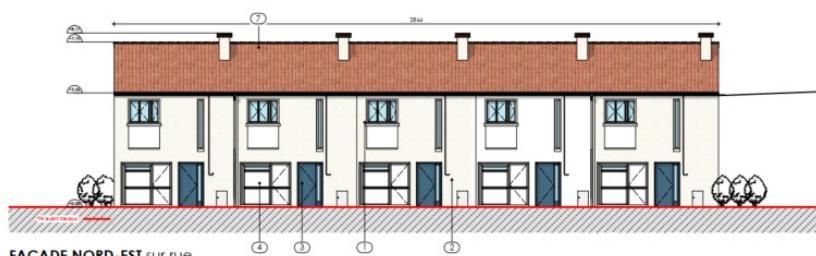
1.3.6 ÉTUDE DE CAS COÛTS N°2 : MAISONS EN BANDE

Cette seconde étude de cas propose d'analyser les coûts d'isolation d'une bande de 5 logements en R+1. Chaque logement dispose d'une surface habitable de 81 m².

→ **Plan étude de cas n°2**



→ **Façades étude de cas n°2 (TRIEDRE architecture)**



Hypothèses

- La résistance thermique attendue est $R=5,2 \text{ m}^2.\text{K/W}$
 - Les 4 façades de la maison sont accessibles par les moyens de levage
 - Les menuiseries ne sont pas incluses dans l'étude
 - L'isolation des combles n'est pas traitée dans l'étude

Détail des surfaces des parois

m2	Surface brute à isoler	Surface menuiseries	Surface opaque
Mur 1	46,98	0,00	46,98
Mur 2	157,84	61,35	96,49
Mur 3	46,98	0,00	46,98
Mur 4	157,84	48,60	109,24
Total surfaces opaques			299,69

Chiffrage des solutions

1 - ITE ISOLANT SOUS ENDUIT – RÉALISÉE PAR UN FACADIER

Durée de chantier généralement constatée : 4 à 6 semaines

Isolant sous enduit				
	Unité	PU	Quantité	Prix
Prise de cotes	jours	450,00 €	0,5	225,00 €
Etudes	jours	450,00 €	1	450,00 €
Installation de chantier	m2	10,00 €	299,69	2 996,94 €
Echafaudage	m2	25,00 €	299,69	7 492,35 €
Matériaux (PSE enduit)	m2	45,00 €	299,69	13 486,23 €
Main d'œuvre sur site	m2	55,00 €	299,69	16 483,17 €
Points singuliers	m2	30,00 €	299,69	8 990,82 €
Transport	m2	2,00 €	299,69	599,39 €
Total				50 723,90 €
				169,25 €
				125,24 €

Plus-value isolant Bisourcé	m2	50,00 €	299,69 €	14984,7	Prix / m2 façade	Prix / m2 SHAB
		Total avec variante		65 708,60 €	219,25 €	162,24 €

2 – ITE ISOLANT SOUS BARDAGE – RÉALISÉE PAR UN MENUISIER – CHARPENTIER

Durée de chantier généralement constatée : 4 à 6 semaines

Isolant sous bardage						
	Unité	PU	Quantité	Prix		
Prise de cotes	jours	450,00 €	0,5	225,00 €		
Etudes	jours	450,00 €	1	450,00 €		
Installation de chantier	m ²	10,00 €	299,69	2 996,94 €		
Echafaudage	m ²	25,00 €	299,69	7 492,35 €		
Matériaux (LV + structure)	m ²	40,00 €	299,69	11 987,76 €		
Matériaux (bardage douglas)	m ²	80,00 €	299,69	23 975,52 €		
Main d'œuvre sur site	m ²	75,00 €	299,69	22 477,05 €		
Points singuliers	m ²	30,00 €	299,69	8 990,82 €		
Transport	m ²	2,00 €	299,69	599,39 €	Prix / m ² façade	Prix / m ² SHAB
				Total	79 194,83 €	264,25 €
Plus-value isolant Bisourcé		m ²	50,00 €	299,69 €	14 984,70 €	Prix / m ² façade
					Total avec variante	94 179,53 €
					314,25 €	232,54 €

3 – ÉLÉMENTS MANUPORTABLES

Durée de chantier généralement constatée : 3 à 4 semaines

Eléments manuportables biosourcés enduits						
	Unité	PU	Quantité	Prix		
Prise de cotes	jours	450,00 €	1,5	675,00 €		
Etudes	jours	450,00 €	3	1 350,00 €		
Installation de chantier	m ²	30,00 €	299,69	8 990,82 €		
Echafaudage	m ²	30,00 €	299,69	8 990,82 €		
Eléments manuportables	m ²	80,00 €	299,69	23 975,52 €		
Enduit	m ²	30,00 €	299,69	8 990,82 €		
Main d'œuvre sur site	m ²	45,00 €	299,69	13 486,23 €		
Points singuliers	m ²	35,00 €	299,69	10 489,29 €		
Transport	forfait	2 000,00 €	1,00	2 000,00 €	Prix / m ² façade	Prix / m ² SHAB
				Total	78 948,50 €	263,43 €
Plus-value bardage bois (annule poste enduit)	m ²	65,00 €	299,69 €	19 480,11 €	Prix / m ² façade	Prix / m ² SHAB
				Total avec variante	98 428,61 €	328,43 €
						243,03 €

4 - FAÇADES PRÉFABRIQUÉES

Durée de chantier généralement constatée : 2 à 3 semaines

Façades préfabriquée biosourcées enduit

	Unité	PU	Quantité	Prix		
Prise de cotes	forfait	3 500,00 €	1	3 500,00 €		
Etudes	jours	450,00 €	10	4 500,00 €		
Installation de chantier	m2	20,00 €	299,69	5 993,88 €		
Echafaudage	m2	- €	299,69	- €		
Façade	m2	125,00 €	299,69	37 461,75 €		
Main d'œuvre sur site	jours	300,00 €	40,00	12 000,00 €		
Points singuliers	m2	15,00 €	299,69	4 495,41 €		
Transport	forfait	4 500,00 €	1,00	4 500,00 €		
Levage	forfait	3 000,00 €	1,00	3 000,00 €	Prix / m2 façade	Prix / m2 SHAB
				Total 75 451,04 €	251,76 €	186,30 €

Plus-value bardage bois (annule poste enduit)	m2	80,00 €	299,69 €	23 975,52 €	Prix / m2 façade	Prix / m2 SHAB
			Total avec variante	99 426,56 €	331,76 €	245,50 €

Récapitulatif des coûts par solution

Les solutions en italique présentent une forte part de composants biosourcés.

	Prix total	Prix/m2 façade	Prix/m2 SHAB
Isolant (PSE) sous enduit	50 723,90 €	169,25 €	125,24 €
<i>Isolant (fibre de bois) sous enduit</i>	65 708,60 €	219,25 €	162,24 €
Isolant (LV) sous bardage	79 194,83 €	264,25 €	195,54 €
<i>Isolant (Fibre de bois) sous bardage</i>	94 179,53 €	314,25 €	232,54 €
Elément manuportables induits	78 948,50 €	263,43 €	194,93 €
<i>Elément manuportables bardage</i>	98 428,61 €	328,43 €	243,03 €
Façades préfabriquées induites	75 451,04 €	251,76 €	186,30 €
Façades préfabriquées bardage	99 426,56 €	331,76 €	245,50 €

1.3.7 SYNTHÈSE DES ÉTUDES DE CAS

1.3.7.1 Délais d'intervention

Les délais d'intervention sur chantier sont très variables d'une solution à l'autre. Plus le niveau de préfabrication est élevé, plus le temps de chantier est court. En général, on note qu'un chantier « traditionnel » est environ 3 à 4 fois plus long que la pose de façades préfabriquées.

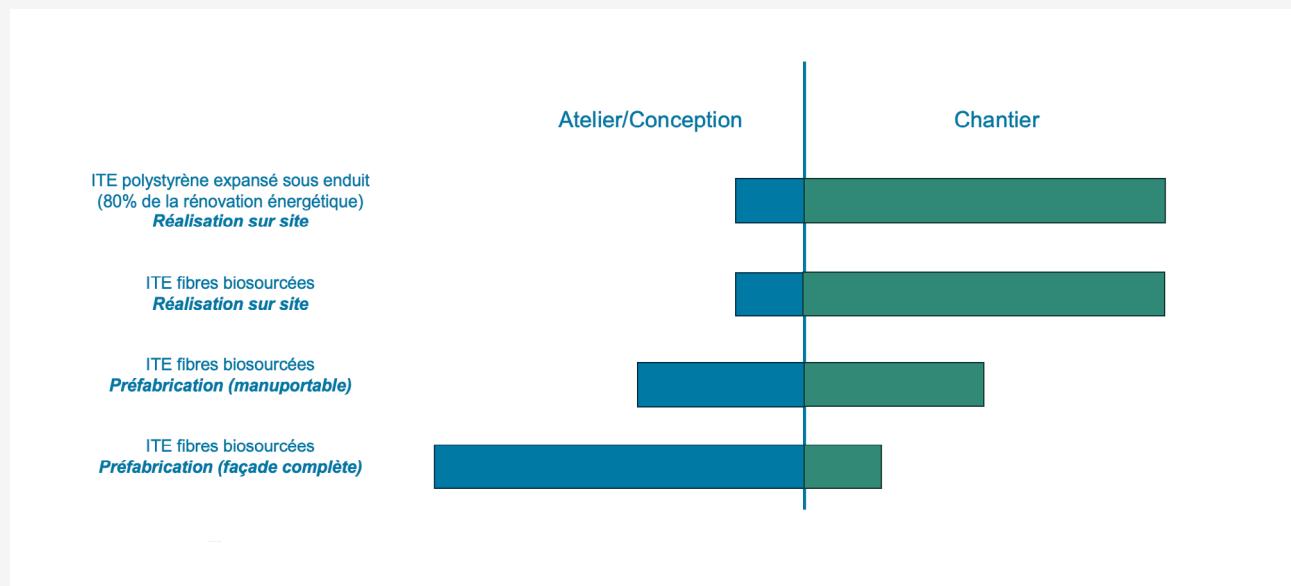
La pose d'éléments préfabriqués est aussi moins sensible aux aléas climatiques. Les isolants étant déjà protégés et les enduits déjà réalisés en usine, la pluie ne stoppe pas l'intervention des

compagnons. La seule véritable contrainte est le vent qui, s'il est trop fort, peut empêcher les opérations de levage.

En revanche, les tâches hors site des solutions préfabriquées s'étalent sur un temps pouvant être long. Les études de conception et la phase de production peuvent prendre plusieurs mois.

Il faut souligner que les capacités de stockage de ces entreprises doivent être cohérentes avec la taille du projet. Le fonctionnement en flux tendu est impossible car le délai de production des façades est plus long que le temps d'intervention sur chantier.

→ Répartition des temps



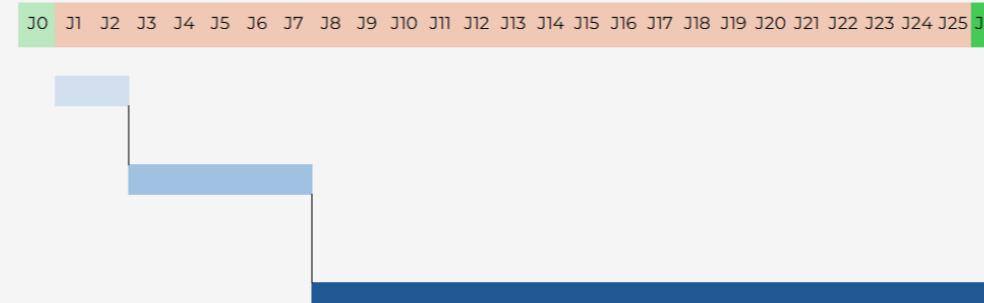
FOCUS « Planning » Analyse comparative de planning pour un projet de rénovation : solution traditionnelle « PSE » VS solution préfabriquée type « FOB »

→ Analyse comparative de planning pour un projet de rénovation : solution traditionnelle « PSE » vs solution préfabriquée type « FOB »

RENOVATION ENERGETIQUE TRADITIONNELLE MI > ITE PAR PSE

	jours
ETUDES	2
Métré détaillé du projet, préparation de la commande des matériaux	1
Réalisation de plans de principe générique	1
APPROVISIONNEMENT	5
Livraison des matériaux (possiblement direct sur chantier)	5
FABRICATION	0
Aucune préfabrication nécessaire	
REALISATION SUR SITE	19
Préparation et installation de l'échafaudage	1,5
Remplacement des menuiseries existantes	5
Pose de l'isolant - Technique coller-caler-cheviller	7,8
Application de l'enduit de finition	3,9

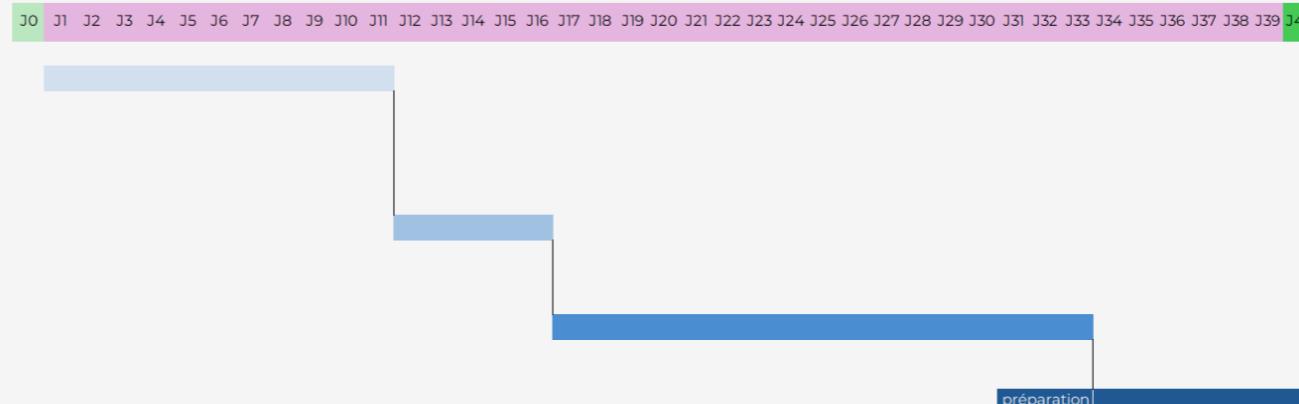
JO = Accord Client



RENOVATION ENERGETIQUE PREFABRIQUEE MI > ITE PAR FOB

	jours
ETUDES	11
Relevé géométrique de l'existant (scan 3D) + post traitement > MAQ exploitable	5
Audit de l'existant (structure, tests arrachement...) + rédaction rapport	2
Réalisation des études détaillées des façades préfabriquées (plans & détails pour la fabrication et la pose)	3
Préparation de la commande des matériaux	1
APPROVISIONNEMENT	5
Livraison des matériaux (à l'usine)	5
(Un partie des matériaux courants déjà en stocks)	
FABRICATION	16
Préfabrication des 8 panneaux de façades	16
REALISATION SUR SITE	10
Préparation du support (découpe débords, implantations, ancrages pattes fixations...)	3
Pose des panneaux préfabriqués	2
Raccords et finitions	5

JO = Accord Client



Le recours à la préfabrication est souvent vanté pour son potentiel de gain de temps. Cependant, dans le contexte de la rénovation énergétique des maisons individuelles, ce gain se limite principalement à la phase de chantier, sans nécessairement raccourcir le délai total du projet. En effet, si le montage sur site des éléments préfabriqués est effectivement plus rapide, la préfabrication impose des étapes d'études et de planification bien plus complexes et longues que dans une rénovation classique. En effet, un chantier d'isolation par ETICS nécessite aussi une phase de diagnostic et d'étude mais celles-ci sont souvent très (voire trop) écourtées

pour les chantiers de maisons individuelles. Pour des chantiers avec préfabrication, ces études préalables incluent une phase de relevés précis, de modélisation, et de conception des modules sur mesure, ainsi qu'un temps de fabrication en usine, qui s'ajoutent au calendrier global. Afin de comparer des durées de chantier, nous n'avons pas considéré la préfabrication des menuiseries que ce soit pour les exemples ci-dessus de rénovation traditionnelle ou préfabriquée. Concrètement, l'étude de cas réalisée sur une maison rectangulaire basique composée de deux niveaux de 80 m² montre que :

Durée totale du projet entre la commande du client et la livraison du chantier

Technique traditionnelle PSE : **26 jours ouvrés**

Technique préfabriquée FOB : **40 jours ouvrés**

Le recours à la préfabrication allonge la durée totale du projet de 14 jours, par rapport à une durée initiale de 26 jours.

Durée de chantier

Technique traditionnelle PSE : **19 jours ouvrés**

Technique préfabriquée FOB : **10 jours ouvrés**

Le recours à la préfabrication réduit la durée de chantier de 9 jours, par rapport à une durée initiale de 19 jours.

Synthèse : la préfabrication permet de réduire la durée de chantier (- 9 jours) mais induit un allongement de la durée totale du projet (+ 14 jours). Ces réalités montrent que si la préfabrication offre un avantage indéniable pour la gestion et l'efficacité du chantier, elle ne garantit pas nécessairement un gain de temps global sur l'ensemble du projet de rénovation énergétique.

1.3.7.2 Coûts

Sans surprise, les deux études de cas montrent qu'à l'heure actuelle les solutions d'ITE enduites, réalisées sur site sont les plus compétitives car, d'une part elles nécessitent peu d'études et peu de moyens de manutention et, d'autre part, les finitions sont simples.

Pour une maison individuelle (étude de cas 1), les solutions préfabriquées sont entre 1,5 et 1,8 fois plus chères que la solution d'ITE traditionnelle, pour un même niveau de prestation. Sans contrainte de durée de chantier, cette dernière sera probablement toujours privilégiée par les maîtres d'ouvrage (d'autant plus si ce sont des particuliers).

Pour les maisons en bandes (étude de cas 2), la logique est la même, mais les écarts de coût se resserrent. En effet, la « mutualisation » de surfaces déperditives, des frais d'études et de chantier améliorent la compétitivité des solutions préfabriquées. Pour certains maîtres d'ouvrage, en particulier les bailleurs sociaux, ce surcoût réduit peut devenir acceptable au regard de la réduction de la durée de chantier, notamment en site occupé (16).

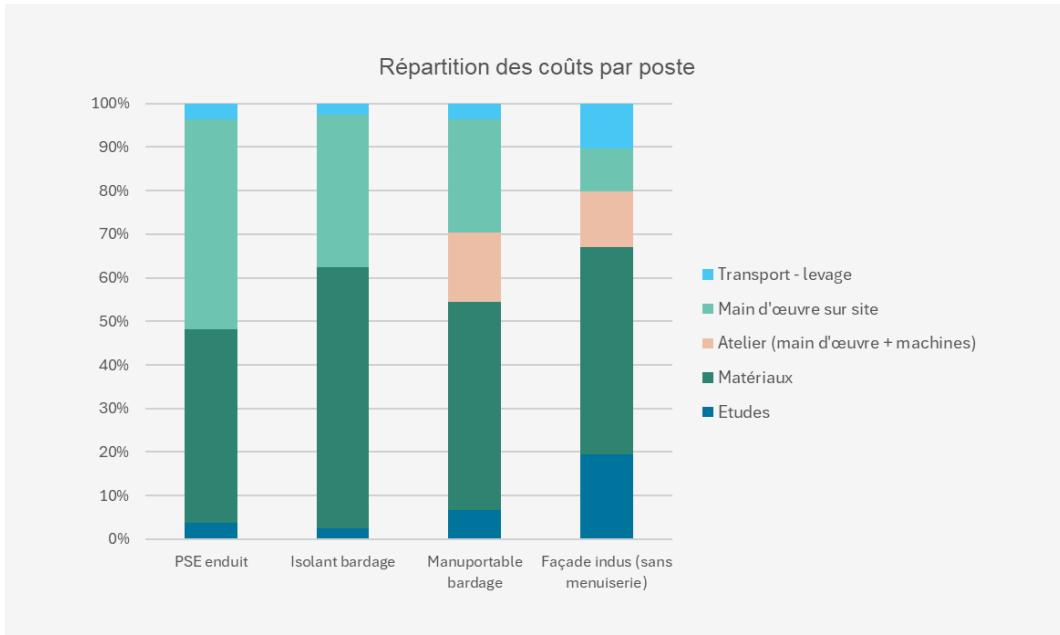
À la lecture du tableau, on peut aisément constater que rapporté à la surface habitable, le coût de la façade préfabriquée ne présente qu'une grosse vingtaine d'euros de différence avec son équivalent traditionnel.

Coûts de chaque solution rapportés au mètre-carré de surface habitable

Prix/m ² SHAB	Maison individuelle	Maison en bande
<i>Isolant (PSE) sous enduit</i>	194,19 €	125,24 €
<i>Isolant (fibre de bois) sous enduit</i>	254,45 €	162,24 €
<i>Isolant (LV) sous bardage</i>	308,67 €	195,54 €
<i>Isolant (Fibre de bois) sous bardage</i>	368,93 €	232,54 €
<i>Elément manuportables induits</i>	308,27 €	194,93 €
<i>Elément manuportables bardage</i>	386,60 €	243,03 €
<i>Façades préfabriquées induites</i>	329,39 €	186,30 €
<i>Façades préfabriquées bardage</i>	425,79 €	245,50 €

16. Les locataires d'un logement social sont en droit de demander une compensation financière à leur bailleur si la durée des travaux excède 21 jours.

→ **Répartition des coûts par poste en fonction des solutions**



Toutefois, comme explicité en début de ce rapport, la préfabrication possède de nombreux avantages comme la décarbonation et la sobriété ; la qualité ; la réduction des délais de chantier et des nuisances ; le soutien aux filières locales

ou encore l'amélioration des conditions de travail. Cette deuxième partie s'attelle donc à dresser les perspectives de développement de ce procédé au regard des mutations en cours.



ANALYSE DES MUTATIONS EN COURS/ PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT DE LA PRÉFABRICATION

Cette partie de l'étude se propose d'analyser le contexte actuel de la préfabrication en France et les changements majeurs que celui-ci implique sur la chaîne de valeur et l'organisation des acteurs. Les limites du transfert du marché du neuf vers celui de la rénovation seront explicité en parallèle de l'analyse de la pertinence des différents systèmes constructifs utilisés.

Afin d'étudier les perspectives pour la filière, une estimation du gisement de maisons individuelles possiblement concernées et de l'offre d'acteurs ayant le potentiel de se positionner sur ce marché a été réalisée.

L'intérêt pour la construction hors site s'intensifie depuis quelques années et s'accélère rapidement depuis près d'un an. L'entrée en vigueur de la RE2020 questionne la manière de concevoir et réaliser les bâtiments, la réduction des quantités de matériaux et l'intégration de matériaux biosourcés devient progressivement un impératif. Certains maîtres d'ouvrages « pionniers » qui anticipent les seuils réglementaires se rendent compte que le recours (au moins partiel) à des systèmes constructifs biosourcés (filière sèche), notamment filière bois, devient indispensable.

Année charnière pour la construction hors site, l'année 2023 a vu une mobilisation exceptionnelle de grands donneurs d'ordres publics, d'aménageurs, et des pouvoirs publics qui se sont emparés du sujet et ont posé les premières pierres de la construction d'une filière d'excellence française de construction décarbonée et industrialisée. Cette dynamique a donné naissance à l'association « Filière hors site France » (« FHSF » pour la suite) fondée par le groupe 3F, la Société des Grands Projets et Grand Paris Aménagement, avec le soutien du Conseil National de l'Ordre des Architectes (CNOA).

Cette association, d'envergure nationale, aura notamment pour missions de sensibiliser et former, de développer des outils et des référentiels communs, d'accompagner la montée en compétence des acteurs du secteur et d'encourager l'évolution des cadres réglementaires liés à cette pratique de l'acte de construire et de réhabiliter qui commence à être bien maîtrisée, mais insuffisamment mobilisée.

Les enjeux majeurs motivant ces acteurs à développer la filière sont les suivants :

- décarbonation et sobriété ;
- qualité de la construction ;
- réduction des délais de chantier et des nuisances ;
- soutien aux filières locales ;
- l'amélioration des conditions de travail.

Le rôle « prescriptif » de modes constructifs « hors site » de la part de grands donneurs d'ordres publics peut interroger. Ces acteurs ont compris que l'indispensable montée en puissance de l'écosystème de constructeurs hors site ne pourra se faire qu'à la condition de garantir des volumes de commande sur le long terme et que sans un message clair et une forte volonté affichée, il sera difficile d'y arriver. Ils assument donc ce rôle transitoire de prescripteur afin de flécher des volumes vers cet écosystème et permettre l'accélération de sa maturation.

Bien conscient que le changement de paradigme implique des changements de modèles, certains bailleurs sociaux expérimentent de nouvelles organisations de projet et des procédures d'achats innovantes : Loi MOP « inversée », consultation sur APD, généralisation du recours aux marchés en conception/réalisation, groupement de commandes (ex MASH/EnergieSprong Pays de la Loire)...

Sur le marché de la rénovation, notamment de maisons individuelles, des initiatives visant à massifier la rénovation énergétique à l'aide de solutions préfabriquées voient le jour (RESTORE, EnergieSprong...) mais restent encore à des stades expérimentaux. La question de l'implication de tous les acteurs de la chaîne de valeur reste une thématique de réflexion centrale de la préfabrication, et particulièrement autour de la place des artisans et des petites entreprises dans cet écosystème en structuration.

En s'appuyant sur une analyse bibliographique, les interviews réalisées en phase 1, et nos retours d'expériences terrain (FrameWorks/Emenda), nous détaillons ci-après sous forme de tableaux didactiques les grandes thématiques relatives à la compréhension du contexte, des impacts et des principaux avantages et freins de la construction hors site, notamment appliqués à la rénovation de maisons individuelles.

2.1

ANALYSE DU CONTEXTE, DES MUTATIONS ET DES PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT DE LA PRÉFABRICATION

2.1.1 ANALYSE DU CONTEXTE ACTUEL DE LA CONSTRUCTION EN FRANCE

→ Contexte actuel de la construction neuve : les limites du modèle historique

Productivité stagnante	Absence d'amélioration significative de la productivité depuis des décennies en raison de la fragmentation du secteur, de problèmes de coordination, d'un manque d'investissement chronique, notamment sur le volet digital, et de la complexité des chantiers. ^[17]
Qualité variable	Problèmes de qualité ^[18] , retards ^[19] et surcoûts dus à la multiplicité des intervenants, à une chaîne de sous-traitance parfois complexe et au manque de formation de la main-d'œuvre.
Pénurie de main-d'œuvre qualifiée	Difficulté à recruter du personnel qualifié, accentuée par une image négative du secteur et des conditions de travail possiblement difficiles.
Enjeux environnementaux	Empreinte carbone élevée due à l'emploi de matériaux fortement carbonés et production massive de déchets incompatibles avec les objectifs nationaux de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Des chaînes d'approvisionnements longues générant d'importants flux de transports.
Pression réglementaire	Nouvelles réglementations et lois plus strictes (ex. : RE2020/ZAN) nécessitant une adaptation des pratiques traditionnelles, et une montée en compétence coûteuse (notamment pour les petites structures).

17. Delivering on construction productivity is no longer optional – Rapport Mc Kinsey – Août 2024.

18. AQC - Rapport « Observatoire de la Qualité de la Construction - Édition 2024 ».

19. Selon une étude de l'UFC Que Choisir, environ 30 % des logements en VEFA subissaient un retard de livraison en 2017.

→ **Contexte actuel de la rénovation énergétique en France en 2024⁽²⁰⁾**

Contexte réglementaire	La loi Climat et Résilience vise l'interdiction progressive des passoires thermiques : depuis 2023, interdiction d'augmenter le loyer des logements classés F et G ; en 2025, interdiction de location des logements classés G, et en 2028 pour les logements classés F. Objectif national : atteindre la neutralité carbone en 2050, avec un parc immobilier entièrement rénové en basse consommation (classe B).
Subventions disponibles	MaPrimeRénov' : Financement plafonné à 20 000 € sur 5 ans, selon les revenus des ménages (4 catégories de couleurs). En 2024, le budget de MaPrimeRénov' atteint 2,5 milliards d'euros, avec un renforcement des aides pour les ménages modestes. CEE (Certificats d'Économies d'Énergie) : Aides délivrées par les fournisseurs d'énergie, représentant plusieurs milliards d'euros cumulés depuis 2015.
Diagnostic obligatoire	Le Diagnostic de Performance Énergétique (DPE) est obligatoire pour toute transaction immobilière. Il classe les biens de A (très performant) à G (passoire thermique). Environ 5,2 millions de logements sont classés F ou G en France (chiffres 2023). Les sanctions prévues incluent l'interdiction de location et la diminution de la valeur du bien non rénové.
Enjeux environnementaux	Le secteur du bâtiment représente 25% des émissions de CO ₂ en France et 45% de la consommation énergétique totale. La rénovation énergétique permettrait de réduire de 60% les émissions d'ici 2050, contribuant ainsi aux objectifs climatiques.
Enjeux économiques	Une rénovation énergétique performante permet une réduction des factures d'énergie. Toutefois le coût des rénovations peut être élevé avec en moyenne 60 k€ TTC pour une rénovation complète comprenant les 6 postes ⁽²¹⁾ . En parallèle, les biens rénovés peuvent voir leur valeur augmenter avec une plus-value pouvant atteindre +18% pour les logements très économies (classes A et B) par rapport à une maison de classe D ⁽²²⁾ .
Enjeux sociaux	Environ 12 millions de Français souffrent de précarité énergétique (ADEME, 2023). Les rénovations permettent d'améliorer leur confort thermique, surtout dans les régions où les hivers sont rigoureux. Les aides renforcées ciblent prioritairement ces foyers.
Obstacles principaux	Le manque d'information ou de sensibilisation sur les aides disponibles reste un frein majeur : de nombreux propriétaires ne connaissent pas les dispositifs existants. Enfin, l'accès aux artisans qualifiés peut poser problème, en raison d'une pénurie de main-d'œuvre dans le secteur.
Technologies clés	Les travaux prioritaires incluent l'isolation des toitures (jusqu'à 30% des pertes énergétiques), des murs (20-25%) et des fenêtres (10-15%). Les systèmes comme les pompes à chaleur (PAC) coûtent en moyenne 8 000 à 15 000 €, mais permettent de diviser par 3 les consommations de chauffage. Les panneaux photovoltaïques se démocratisent également, avec un coût moyen de 8 000 € pour une installation de 3 kWc.
Tendances de financement	Les prêts à taux zéro (Éco-PTZ) permettent de financer jusqu'à 50 000 € de travaux depuis 2023, remboursables sur 20 ans. Des aides régionales ou locales viennent compléter les dispositifs nationaux, avec des montants pouvant atteindre plusieurs milliers d'euros selon les collectivités.

20. Sources utilisées pour cette section de l'étude : Rapports ADEME, ANAH, FNAIM, Rapports sectoriels privés et études de marché (ex. Effy, Hellio).

21. Perf in Mind : rénovation performante de maisons individuelles, Enertech (Novembre 2021)

22. <https://www.notaires.fr/fr/article/la-valeur-verte-des-logements-en-2023-etudes-statistiques-immobilieres>

→ Les avantages de la construction hors site

Amélioration de la productivité	Réduction des délais de chantier grâce à la fabrication en usine, meilleure gestion des ressources (réemploi, recyclage) et optimisation des processus, limitant les aléas propres aux chantiers traditionnels.
Qualité accrue	Contrôle de qualité renforcé en usine, réduction des défauts et amélioration de la précision des assemblages grâce à des procédés standardisés.
Impact environnemental positif	Moins de déchets de chantier, réduction de l'empreinte carbone par une production optimisée et capacité à massifier le recours aux matériaux durables, hautement biosourcés et réemployables.
Amélioration des conditions de travail	Meilleures conditions de travail en environnement contrôlé, réduction de la pénibilité et des risques liés aux chantiers traditionnels (exposition aux intempéries, travail en hauteur).
Réduction des nuisances urbaines	Moins de bruit, de poussière et de congestion, réduisant l'impact des chantiers sur les riverains et l'activité urbaine.
Acceptabilité sociale accrue	Amélioration de l'acceptabilité des projets par les collectivités et les riverains grâce à une intervention plus discrète et moins perturbante.

→ La construction hors site en rénovation en France : où en sommes-nous ?

Projets pilotes	Des initiatives comme le programme EnergieSprong démontrent l'efficacité et les limites de la préfabrication pour la rénovation énergétique massifiée ou encore le programme EDURENOV qui s'intéresse à la préfabrication de composants d'enveloppe pour la rénovation massive de bâtiments scolaires. Le projet RESTORE étudie quant à lui le potentiel de réplicabilité de solutions de rénovation de maisons individuelles privées en partie via la préfabrication.
Systèmes complexes et difficultés supplémentaires	L'utilisation de systèmes constructifs hors site en rénovation peut être génératrice de complexités additionnelles : vérifications structurelles, impacts logistiques, systèmes complexes, nécessité d'un savoir-faire spécifique...
Modèle économique fragile	Le modèle économique n'est pas toujours évident à trouver en comparaison avec des solutions traditionnelles réalisées sur site. Les systèmes d'enveloppes préfabriquées se déploient avec succès sur des opérations de rénovation où l'enjeu de délai est prépondérant.
Extension / Surélévation	Ces procédés constructifs s'avèrent particulièrement pertinents dans le cas d'extension ou de surélévation, possiblement adossés à une rénovation énergétique du bâti principal.
Adaptabilité vs industrialisation	Dans le cas du marché de la rénovation, les systèmes constructifs doivent être flexibles pour s'adapter à la diversité des structures et des architectures existantes sans renier la démarche d'industrialisation indispensable afin de garantir les bénéfices attendus.
Perspectives et freins	C'est la fin d'un premier cycle expérimental et les retours d'expériences sont hétérogènes en fonction des typologies de systèmes constructifs et des bâtiments sur lesquels ils sont mis en œuvre. Les systèmes préfabriqués peuvent s'avérer être d'excellentes solutions pour massifier la rénovation énergétique dans certains cas, mais les fortes contraintes technico-économiques pèsent défavorablement dans de nombreux cas.

2.1.2 PRINCIPAUX IMPACTS DE LA CONSTRUCTION HORS SITE

→ Impacts organisationnels

Intégration en amont	Coordination nécessaire dès le début du projet entre toutes les parties prenantes : architectes, ingénieurs, fabricants et constructeurs.
Évolution des métiers	Besoin accru de nouvelles compétences (compagnons et ouvriers, ingénierie de production, gestion logistique, pilotage projet hors site, modélisation numérique...) et besoins de compétences transverses permettant la bonne intégration de ces techniques dans les projets, notamment sur le volet coordination des études, gestion des interfaces et pilotage des chantiers.
Changement de culture	Nécessaire adoption d'un mode de travail collaboratif (vs en silos), standardisation, planification et coordination rigoureuse, contrastant avec les pratiques traditionnelles séquentielles avec peu d'échanges entre acteurs. A noter que cette évolution des pratiques est bénéfique quels que soit les systèmes constructifs déployés (hors site ou traditionnel).
Refonte de la chaîne de valeur	Avec une part importante de la valeur transférée en usine, l'approche hors site questionne l'organisation de la chaîne de valeur et induit une nouvelle répartition des rôles, des responsabilités (et donc des rémunérations...). Jusqu'à 30% de la création de valeur pourrait « changer de main » ⁽²³⁾ au profit d'acteurs de la préfabrication dans un écosystème hors site hautement développé. A l'inverse des acteurs qui alimentent un écosystème d'acteurs fragmentés comme les acteurs de la distribution, pourraient être fortement impactés par cette évolution.

→ Impacts financiers

Evolution du modèle économique	La construction hors site implique une évolution d'un modèle de la construction traditionnelle sans investissement lourd en capital à un modèle nécessitant des investissements industriels possiblement significatifs. Cela modifie profondément le modèle économique de la construction traditionnelle, qui reposait principalement sur des coûts variables directement liés aux projets, et avec un flux de trésorerie généralement positif.
Investissements initiaux élevés	Coûts possiblement importants pour la mise en place d'usines : l'acquisition d'équipements spécialisés et la mise en place d'une organisation adaptée. Cela nécessite un flux d'opérations continu pour amortir les investissements.
Réduction des coûts à long terme	À long terme, la construction hors site est pleine de promesses : économies d'échelle, qualité accrue, diminution des erreurs et des délais, mais manque de compétitivité à court terme, ce qui ralentit son déploiement ⁽²⁴⁾ .
Modifications des flux de trésorerie	Les dépenses sont plus concentrées en amont nécessitant des ajustements dans les modèles de financement et de paiement. Le modèle industriel implique également d'avoir des stocks (matériaux, produits finis...) plus importants que dans le modèle de la construction traditionnelle. Cela induit une augmentation du Besoin en Fonds de Roulement (BFR) et des immobilisations (stocks), et génère un impact important sur la trésorerie des entreprises.

23. Extrait du rapport McKinsey – The Next Normal in Construction – 2020

24. Il est communément admis qu'en 2024, le recours à des procédés constructifs hors site induit un surcoût pouvant aller jusqu'à 10% du coût de construction (La Banque des Territoires - Les guides pratiques : Développer la construction et la rénovation hors-site sur votre territoire hors des chantiers battus - Septembre 2024). Cela reste toutefois à modérer, la construction hors site étant généralement largement en avance de phase sur des enjeux de performances de l'enveloppe, et d'objectifs de décarbonation.

→ Impacts opérationnels et logistique

Gestion de la chaîne d'approvisionnement et production	Importance d'un approvisionnement fiable en matériaux et produits de qualité pour la gestion de la production continue en usine. Idem pour la gestion optimale des chantiers où la maîtrise de la chaîne d'approvisionnement est un facteur clé de réussite.
Logistique du transport	Planification précise pour le déplacement des composants préfabriqués, en tenant compte des contraintes de transport, y compris accessibilité et levage sur site.
Optimisation des chantiers	Réduction du temps sur site via de nouvelles méthodes de travail (assemblage vs production), diminution des risques liés aux conditions climatiques et amélioration de la sécurité des ouvriers.

→ Impacts juridiques et assurantielles

Contrats adaptés	Les contrats traditionnels doivent évoluer pour intégrer les spécificités de la préfabrication, notamment en adaptant l'allotissement, la répartition des responsabilités et les types de garanties. Cette évolution permet de mieux encadrer les interactions entre les différents intervenants, de clarifier les responsabilités à chaque étape (de la fabrication en usine à l'assemblage sur site) et d'assurer des garanties adaptées aux caractéristiques propres de la construction hors site.
Cadre normatif	Dans le cadre normatif, il serait judicieux d'intégrer les particularités de la préfabrication, incluant les étapes de transport, de stockage et d'assemblage. Cette adaptation permettrait de mieux répondre aux exigences techniques et logistiques propres aux méthodes de construction hors site.
Assurances spécifiques	Des polices d'assurance spécifiques, encore peu développées, sont nécessaires pour couvrir les risques associés à la fabrication en usine, au transport et à l'assemblage sur site. Cependant, le cadre normatif et réglementaire autour de la préfabrication étant ressenti par les acteurs comme pas tout à fait clair, les assureurs sont souvent réticents à s'engager, car cette incertitude complique la gestion du risque. Cela limite leur capacité à évaluer précisément les risques liés à chaque étape du processus de construction hors site.

→ Impacts sur les dynamiques géographiques

Répartition de la valeur : structurer une filière territorialisée	La structuration de la filière doit intégrer la granulométrie et la répartition géographique des centres de production, en lien direct avec les enjeux de réindustrialisation du territoire. Les grandes usines stratégiques, capables de desservir de vastes zones, coexistent avec des unités artisanales locales, favorisant la proximité et le maillage territorial. Cette organisation vise à redistribuer la dynamique économique, réduire les distances entre production et chantiers finaux, et optimiser les performances environnementales. La répartition de la valeur créée doit être définie collectivement pour garantir cohérence et adhésion des parties prenantes.
Elargissement de la couverture territoriale	Les entreprises de préfabrication ont généralement un champ d'intervention géographique élargi par rapport aux entreprises traditionnelles. Le haut niveau de création de valeur en usine permet de réduire fortement la durée des chantiers et rendre économiquement viable des opérations éloignées du siège.
Impact sur l'emploi local	Cet élargissement de la couverture territoriale facilite la création d'emplois spécialisés dans les régions où sont implantées les usines de préfabrication, souvent éloignées des grandes agglomérations qui concentrent une part importante de l'activité dans le secteur de la construction. Par ce modèle, la préfabrication permet de redistribuer les dynamiques économiques des centres urbains vers les territoires régionaux, stimulant ainsi l'économie locale et renforçant le tissu industriel en dehors des métropoles.
Réduction des nuisances urbaines	La réduction des délais de construction et la diminution des nuisances sur les chantiers urbains améliorent sensiblement l'acceptabilité des projets. En limitant la durée des travaux, la préfabrication permet de minimiser les impacts sur la circulation, le bruit, et la poussière, éléments souvent sources de mécontentement pour les riverains. Cette approche réduit également les interruptions des activités locales et diminue les contraintes logistiques liées aux chantiers en milieu dense, rendant le processus plus fluide et acceptable pour la communauté environnante.

2.1.3 SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX FREINS AU DÉVELOPPEMENT DE LA PRÉFABRICATION

→ Principaux freins au développement de la construction hors site

Manque de compétitivité	Nouveaux procédés constructifs utilisant majoritairement des matériaux bas carbone (en avance de phase par rapport aux réglementations) induisant un manque de compétitivité par rapport aux procédés constructifs traditionnels : surcoût des matières premières, surcoût d'études, surcoût de production et mise en œuvre plus important qu'un procédé constructif traditionnel (béton).
Investissements élevés et manque de visibilité	Coûts initiaux possiblement importants pour la création d'usines de préfabrication, nécessitant de la visibilité et des garanties sur les volumes.
Cadre normatif à améliorer	Normes actuelles ne prenant pas toujours en compte la préfabrication, ce qui peut induire incertitudes, délais et possible surcoût, comme pour les procédés de construction non traditionnels : surprimes d'assurance, besoin d'ATEX ou autre procédure pour permettre l'assurabilité.
Manque de formation spécifique	La formation insuffisante spécifique aux exigences de la préfabrication entraîne un déficit de main-d'œuvre qualifiée et des difficultés de recrutement. Les entreprises forment elles-mêmes leurs compagnons.
Résistance au changement	Attachement aux méthodes traditionnelles et réticence à adopter de nouvelles pratiques (nécessitant des investissements, de la formation, et du temps...).
Défis logistiques	Complexité et coût du transport des éléments préfabriqués, contraintes infrastructurelles et réglementaires.
Perception du marché	Préjugés négatifs associant la préfabrication à une standardisation excessive, à une qualité inférieure ou à des limites architecturales.

→ **Principaux freins au développement de la construction hors site**

Contraintes logistiques	Les contraintes logistiques limitent davantage le potentiel de la préfabrication dans la rénovation que dans le neuf. Dans les projets de rénovation, l'accès aux bâtiments est souvent restreint, surtout en milieu urbain dense, rendant difficile le transport et l'installation de composants préfabriqués. Cela limite grandement le marché adressable et la pertinence de l'approche dans de nombreux cas.
Manque de connaissance	Encore peu de référence de projets de rénovation réalisés via des systèmes préfabriqués, peu de retour d'expérience et peu d'acteurs capables de proposer ces solutions. Le faible niveau de connaissance de ces techniques entraîne une sous prescription, même dans des contextes où ce serait pertinent...
Manque de compétences	Nécessite une montée en compétence afin de maîtriser les nouveaux enjeux spécifiques à l'approche de préfabrication en rénovation : Audit initial, relevés détaillé, études spécifiques notamment le traitement des points singuliers avec l'existant.
Besoin de connaissance préalable précise de l'existant	Une connaissance préalable très précise de la structure et des caractéristiques du bâtiment est indispensable, car toute imprécision peut compromettre l'intégration des éléments préfabriqués, en particulier sur les mètres et irrégularités de parois.
Absence d'exigences réglementaires sur l'impact environnemental	Contrairement au neuf, la rénovation ne dispose pas de normes strictes en matière de bilan carbone, limitant la valorisation des solutions bas-carbone comme les matériaux biosourcés.
Marché adressable diffus	La rénovation repose sur une multitude de petits projets individuels, souvent portés par des ménages particuliers, rendant difficile la massification et l'optimisation des processus industriels.
Manque de compétitivité	C'est le frein principal qui s'explique par différents facteurs : <ol style="list-style-type: none"> 1. Le faible coût des techniques d'ITE traditionnelles (PSE) ; 2. Des coûts additionnels structurels : <ol style="list-style-type: none"> a. Relevés de l'existant (scan 3D) ; b. Frais d'études détaillées ; c. Coûts de transports et manutention ; d. Une possible sur-utilisation de matériaux lié aux phases transitoires (transport, levage, pose...) e. Amortissement des investissements de production ; 3. Des volumes encore trop faibles pour compenser les surcoûts par l'augmentation de la productivité ; 4. L'anticipation de l'échéancier de paiement ;

2.1.4 CONSTRUCTION HORS SITE : LES LIMITES DU TRANSFERT DU MARCHÉ DU NEUF VERS LE MARCHÉ DE LA RÉNOVATION

Dans le cadre de la construction hors site, les différences entre les projets de construction neuve et ceux de rénovation sont profondes.

Pour les projets neufs, on adopte souvent une approche basée sur le *Design for Manufacturing and Assembly* (DfMA⁽²⁵⁾), où la conception est pensée dès le départ pour intégrer les composants préfabriqués.

Cela permet une optimisation maximale de la chaîne de production, avec des composants standardisés et des processus de fabrication rationalisés. Cette approche favorise une réduction des délais de construction, une maîtrise des coûts, et une meilleure gestion des ressources, car tout est pensé pour être industrialisé de manière fluide.

En revanche, dans la rénovation, la démarche est plus complexe et demande un processus inversé. Il est nécessaire de partir du bâtiment existant, avec ses spécificités, pour adapter les composants hors site. Cela limite l'application directe des principes de préfabrication standardisée. Chaque bâtiment présente des contraintes propres en termes de structure, d'accessibilité, ou encore de préservation du patrimoine, ce qui rend difficile l'utilisation de composants identiques à grande échelle. Les interventions doivent donc être sur-mesure, ce qui réduit les gains d'échelle obtenus dans le neuf.

De plus, les défis techniques liés à la rénovation incluent une gestion plus complexe des interfaces entre les composants préfabriqués et l'existant. Le besoin d'une étude préalable approfondie pour cartographier les contraintes du bâtiment, telles que la structure/compositions des parois et la géométrie précise, ralentit le processus d'industrialisation et génère des coûts additionnels.

- **Complexité des interfaces** : dans la rénovation, il y a davantage de complexité pour assurer l'interface entre les nouveaux composants préfabriqués et la structure existante, tandis que dans le neuf, les composants sont intégrés de manière plus fluide et directe.

- **Études préalables et diagnostic** : en rénovation, des études préalables poussées sont nécessaires pour appréhender les spécificités du bâtiment et préparer l'adaptation des composants, alors que dans le neuf, la conception est plus linéaire et optimisée dès le départ.

Enfin, la rénovation est souvent confrontée à des règles techniques plus rigides, ce qui peut limiter la flexibilité dans le choix des composants préfabriqués. Par exemple, les DTU 31.2 et 31.4 (MOB / FOB) sont majoritairement applicables en construction neuve. L'insatisfaction perçue par les acteurs du cadre normatif est un frein très important.

25. Le DFMA (Design for Manufacturing and Assembly) est une méthodologie de conception qui vise à optimiser la fabrication et l'assemblage d'un produit dès sa phase de conception.

Cela accentue la différence avec les projets neufs, où la liberté de conception est plus grande, permettant ainsi de maximiser l'utilisation de solutions industrialisées dès le départ.

À l'inverse du neuf où tout est à construire, la rénovation présente déjà un **support structurel existant**. Cela permet de réaliser traditionnellement des rénovations énergétiques très compétitive en appliquant simplement une couche

d'isolation (légère) sur un support existant. Cela questionne fondamentalement l'intérêt de solutions préfabriquées qui intègre intrinsèquement une part structurelle (propre aux phases de transport, levage, pose...) et qui induit une surconsommation de matériaux par rapport aux solutions traditionnelles, voire aux solutions équivalentes réalisées directement sur site.

SURCONSOMMATION DE MATÉRIAUX (1/2)

FOCUS

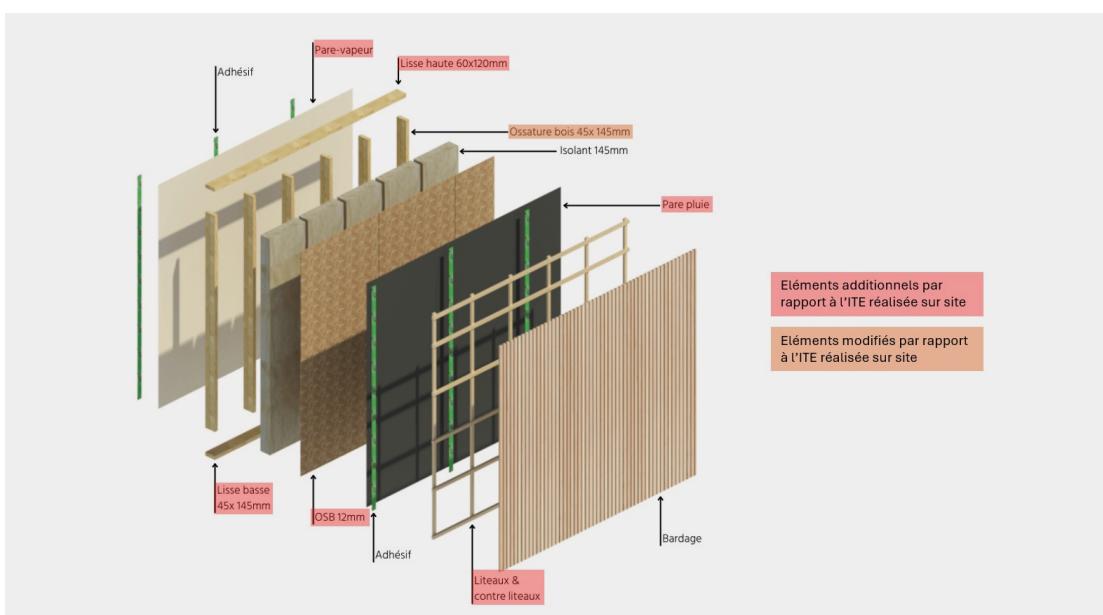


La surconsommation de matériaux de systèmes préfabriqués de grandes dimensions pour la rénovation de maisons individuelles semble contre-intuitif et aller à l'encontre des idées reçues. Ce phénomène s'explique notamment par les points suivants :

→ ITE avec ossature bois réalisé sur site



→ Décomposition d'un panneau d'ITE avec ossature bois réalisée en usine



SURCONSOMMATION DE MATERIAUX (2/2)

FOCUS



La surconsommation de matériaux de systèmes préfabriqués de grandes dimensions pour la rénovation de maisons individuelles semble contre-intuitif et aller à l'encontre des idées reçues. Ce phénomène s'explique notamment par les points suivants :

ITE ossatures bois sur site	ITE ossatures bois préfabriquée (FOB)
Raison 1 : Surdimensionnement des ossatures verticales	
Les montants sont ancrés plus régulièrement dans la façade existante et peuvent être plus facilement éloignés de la façade existante, limitant les sections de bois nécessaires.	Les montants utilisés ont des sections plus importantes (surconsommation bois) notamment car ils sont simplement fixés en pieds et en tête (besoin d'inertie des profils plus important). Par ailleurs, ces montants servent à fixer le pare vapeur en partie arrière et le panneau de contreventement en partie avant et doivent donc par conséquent faire toute l'épaisseur de la façade (généralement 145 mm, 180 mm ou 200 mm en fonction des besoins d'isolation rapportée).
Raison n°2 : Ajout de lisses horizontales	
La mise en œuvre de lisses hautes et basses n'est pas indispensable	L'ajout de lisses en partie haute et basse des panneaux est indispensable pour garantir le cadrage du panneau et sa tenue structurelle lors des phases de levage et déplacement.
Raison n°3 : Ajout d'un panneau de contreventement	
L'ajout d'un panneau de contreventement n'est pas nécessaire car la façade n'est soumise à aucune sollicitation horizontale	L'ajout d'un panneau de contreventement est indispensable afin de garantir l'équerrage du panneau et sa tenue structurelle lors des phases de levage et déplacement
Raison n°4 : Ajout de pare pluie et pare vapeur	
Pas indispensable même si plus qualitatif	L'ajout de membranes pare vapeur en partie arrière et pare pluie en partie avant du panneau de façade garantit la perspirance et la haute qualité finale de l'ouvrage tout en garantissant la protection des isolants face aux intempéries (notamment en cas d'isolants biosourcés). En fonction de la composition du panneau, le pare vapeur peut être remplacé par le panneau de contreventement en partie arrière (+scotch), c'est alors le pare pluie en face avant qui garantit le maintien de l'isolant dans le panneau (membrane renforcée nécessaire)
Raison n°5 : Ajout de liteaux support de bardage	
Pas toujours mis en œuvre même si plus qualitatif	L'ajout d'une lame d'air derrière le bardage répond à des enjeux de qualité et de pérennité supérieur à ce qui est habituellement réalisé sur site

Conclusion : plusieurs points expliquent la surconsommation de matériaux en préfabrication notamment lié à des nouveaux besoins structurels pour la gestion des phases de levage et de préfabrication. Néanmoins, il est important de noter que les systèmes préfabriqués sont plus qualitatifs que leurs homologues « basiques » réalisés sur site. Il convient de dissocier la surconsommation liée à la préfabrication (ajout panneaux de contreventement, surdimensionnement des ossatures verticales, ajout de lisses H/B...) et la surconsommation de matériaux liée à une qualité supérieure du produit final (Pare vapeur/pare pluie, liteaux support bardage...).

2.1.5 ANALYSE DÉTAILLÉE DES AVANTAGES ET LIMITES DE LA PRÉFABRICATION APPLIQUÉE À LA RÉNOVATION DE MAISONS INDIVIDUELLES

→ Détails des avantages de la préfabrication appliquée à la renovation de MI

Avantages et bénéfices	Description	Conséquences	Limites du bénéfice
Avantages et bénéfices techniques			
Diminution de la durée de la phase chantier	Délais de chantier sur site largement raccourcis grâce à des composants d'enveloppe hautement préfabriqués. Plus la valeur ajoutée hors site est élevée plus la réduction de délais est importante	<ul style="list-style-type: none"> Pertinent pour les travaux en site occupé car limite le temps d'intervention et de nuisances auprès de l'occupant 	<ul style="list-style-type: none"> Dans le diffus (97% du marché) : les travaux de rénovation énergétique sont souvent réalisés lors de changement de propriétaire (ou en tout cas souvent dans des phases où le bien est non habité pour faciliter les travaux intérieurs) Notion d'échelle de gain entre MI et collectif : gain à l'échelle d'une MI : 2 semaines vs 6 mois sur des grands projets en collectifs... Dans la majorité des cas, le gain de délai ne justifie pas une augmentation des coûts. Les particuliers préféreront payer moins pour un chantier plus long.
Maitrise de la qualité en atelier	Permet d'atteindre un niveau de qualité homogène grâce à la standardisation des process et au travail à l'abri des intempéries	<ul style="list-style-type: none"> Production en usine sous contrôle rigoureux, garantissant une meilleure qualité des composants (contrôle qualité renforcé). Réduction des erreurs de mise en œuvre grâce à la préfabrication précise en usine 	<ul style="list-style-type: none"> La qualité du composant unitaire en usine ne garantit pas la qualité finale de la réalisation sur site. Par ailleurs, le marché de la MI ayant un ratio "interfaces vs développé de façades" très élevé, ce paramètre est difficilement valorisable
Innovation technologique	La préfabrication permet d'intégrer des technologies avancées, comme les systèmes de monitoring à distance (gestion des consommations énergétiques par exemple, ou autres capteurs intégrés dans les parois préfabriquées).	<ul style="list-style-type: none"> Capacité d'accélérer le déploiement de solutions techniques et systèmes de monitoring innovants 	<ul style="list-style-type: none"> Encore très marginal, et pas dans la logique de faire baisser les coûts
Avantages et bénéfices environnementaux			
Réduction de l'impact environnemental	Diminution des chutes de matériaux (moins de pertes). Réduction et optimisation du recyclage des déchets. Favorise le recours à des systèmes constructifs biosourcés (en comparaison avec de l'ITE en PSE).	<ul style="list-style-type: none"> Optimisation de l'utilisation de la matière et diminution de l'impact environnemental La protection vis-à-vis des aléas climatiques permet la mise en œuvre aisée de matériaux biosourcés plus difficiles à mettre à poser sur chantier. 	<ul style="list-style-type: none"> La préfabrication implique généralement plus de matière pour les besoins de phases transitoires de stockage / levage (voir freins). Cela est particulièrement vrai en rénovation où il existe déjà un support
Avantages et bénéfices sociaux / sociétaux			
Amélioration des conditions de travail	Réduction de la pénibilité par rapport au travail sur chantier. Permet de s'affranchir des conditions météorologiques.	<ul style="list-style-type: none"> Le confort de travail hors site améliore la productivité et l'attractivité des métiers du BTP 	<ul style="list-style-type: none"> Le travail répétitif dans un atelier peut générer de la perte de sens pour un artisan s'il ne va plus sur le chantier
Réduction des nuisances liées au chantier	Moins de stockage de matériaux sur site	<ul style="list-style-type: none"> Facilite l'installation de chantier en réduisant l'espace nécessaire au stockage des matériaux sur site 	<ul style="list-style-type: none"> Oui, mais cela implique une gestion logistique parfaite pour décharger et poser directement sans stockage. En cas de problème, le stockage d'éléments de grandes dimensions est très complexe.
	Moins de percements que pour une ITE en PSE	<ul style="list-style-type: none"> Diminution des nuisances pour le locataire 	<ul style="list-style-type: none"> Travaux supplémentaires en système préfabriqué : tests d'arrachements, des découpages des débords d'appuis de fenêtres
	Possibilité de s'affranchir de la pose d'un échafaudage	<ul style="list-style-type: none"> Gain économique et réduction des nuisances pour le locataire (pose et dépose de l'échafaudage) 	<ul style="list-style-type: none"> Pas d'échafaudage de grandes hauteurs en MI, et généralement peu de problème d'accessibilité
Avantages et bénéfices économiques			
Limite les arrêts de chantier	Réduit les arrêts de chantier liés aux intempéries car la production se fait en environnement contrôlé	<ul style="list-style-type: none"> Pas de jours d'intempéries et une productivité maximisée 	<ul style="list-style-type: none"> Le vent est une contrainte majeure en phase de manutention de panneaux de grandes dimensions
Extension du périmètre d'activité des artisans	Permet aux artisans d'intervenir plus loin de leur base	<ul style="list-style-type: none"> Augmente le rayon d'action des artisans et permet donc d'accéder à des nouveaux marchés. Potentiel de création d'emplois locaux pour la préfabrication artisanale et développement des compétences locales. 	

→ **Détails des freins de la préfabrication appliquée à la rénovation de MI**

Freins et limites	Description	Conséquences	Leviers pour limiter ce facteur / Recommandations
Freins et limites techniques			
Accessibilité	Dans certaines configurations, la manœuvrabilité au sol, la présence d'arbres ou de câbles aériens ne rendent pas possible le levage et la pose de la façade préfabriquée	<ul style="list-style-type: none"> • Impossibilité d'utiliser des façades préfabriquées dans certaines configurations 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier très en amont certains facteurs clés qui limitent la mise en œuvre de systèmes de grandes dimensions (accès, stationnement, stockage, câbles, façades inaccessibles...)
Complexité du process	La préfabrication induit un niveau d'études amont plus important étant donné la nature du process qui laisse peu de place à l'adaptation sur site, et demande un savoir-faire spécifique.	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite une phase de conception importante, un savoir-faire spécifique, et une montée en compétence de l'écosystème. Maîtrise des nouveaux enjeux, connaissance des détails types, gestion et anticipation d'aléas spécifiques... = augmentation du risque technique à court terme (avant une diffusion généralisée et une transition vers un savoir-faire maîtrisé et établi par l'ensemble des acteurs) 	<ul style="list-style-type: none"> • Assurer la diffusion des retours d'expérience et investir dans la formation des artisans sur ces nouvelles manières de faire.
Prise de côtes	La conception des façades nécessite une prise de côtes précise de l'existant (via scan 3D ou nuage de points)	<ul style="list-style-type: none"> • Compétence à développer en interne ou à sous-traiter, et un coût additionnel qui n'existe pas dans un modèle traditionnel type "PSE" réalisé sur site 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité de prise de côtes manuelle (??)
Performances thermique	Traitement des interfaces possiblement complexe Nécessite une étanchéité à l'air parfaite entre la lame d'air existante et la nouvelle façade	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de diminution de la performance globale par rapport à la qualité de la façade préfabriquée unitaire • Risque de création de nouveaux désordres (infiltration d'eau pluviale par exemple) • Risque de diminution de la performance globale si l'étanchéité n'est pas assurée 	<ul style="list-style-type: none"> • Définir des détails types basés sur les retours d'expériences collectifs et diffuser ce savoir au plus grand nombre. Détails + méthodologie de fabrication et pose. • Prévoir détails et méthodologie types. La réalisation des travaux de façades et de la toiture simultanément permet de garantir une continuité des membranes plus facilement que lors de travaux par étapes ou seules les façades sont isolées
Adaptabilité aux contraintes architecturales	Moins agile que de l'ITE classique lorsqu'il y a des formes complexes sur la façade	<ul style="list-style-type: none"> • Impossibilité d'utiliser des façades préfabriquées lorsque les formes sont trop complexes ou lorsque le bâti présente un intérêt patrimonial 	<ul style="list-style-type: none"> • Privilégier des bâtiments à l'architecture "simple" et adaptée à des éléments préfabriqués
Poids / fixation sur la façade existante	La façade rapportée doit être accrochée sur la façade existante, au moins pour la reprise d'efforts au vent, mais possiblement pour la reprise des charges verticales.	<ul style="list-style-type: none"> • De nombreux bâtis n'ont pas la capacité de reprendre des charges complémentaires en façades, de plus cela induit la nécessité de réaliser des tests d'efforts et d'arrachement dans l'existant + un relevé précis des zones en capacité de reprendre de la charge 	<ul style="list-style-type: none"> • Privilégier des bâtis où l'on a une bonne connaissance de la structure (plans fiables) >> Ouvrages plutôt récents avec des structures béton armés au moins partiels (chainage / poutres / nez de planchers...). Pour des petits ouvrages, prévoir une reprise des efforts verticaux en pieds de façade.

Freins et limites	Description	Conséquence	Leviers pour limiter ce facteur / Recommandations
Diminution de la capacité d'adaptation sur site	Les dimensions finales sont arrêtées en atelier et ne peuvent évoluer lors de la pose sur site	Nécessite un travail de conception conséquent de la part du BE	Prévoir une conception qui anticipe les tolérances et jeux de montage, garantissant ainsi de ne pas être en côtes bloquées et permettre l'adaptation indispensable à la réussite du chantier
Freins et limites sociaux			
Manque de connaissance des solutions préfabriquées	Le manque de connaissance des techniques de préfabrication et la faible maturité technologique de certaines solutions sont des freins majeurs à l'adoption de solutions préfabriquées dans la rénovation des maisons individuelles. Ce déficit concerne à la fois les artisans / entreprises de construction, et les maîtres d'ouvrage. Les techniques de préfabrication impliquent des processus industriels standardisés et nécessitent une maîtrise de nouveaux outils et des compétences spécifiques pour l'assemblage et la gestion de chantiers hors site. Or, ces outils et compétences ne sont pas encore intégrés dans les pratiques courantes de la rénovation de MI, où le sur-mesure et l'adaptabilité sont les normes.	<ul style="list-style-type: none"> Faible adoption de techniques innovantes : ce manque de connaissance entraîne une réticence à adopter des techniques de préfabrication, les acteurs du secteur préférant se tourner vers des méthodes de rénovation traditionnelles qu'ils maîtrisent mieux. Surcoûts de formation et de mise en œuvre : Pour les entreprises qui souhaitent se lancer dans la préfabrication, des investissements importants sont nécessaires en formation et en équipements technologiques. Cela peut provoquer une hausse des coûts de projets, freinant l'attractivité de ces solutions. Défauts d'optimisation : L'absence de maîtrise des outils et méthodes spécifiques de préfabrication réduit les gains en termes de productivité et de qualité, pourtant promis par ce type de solutions. Cela limite également la capacité à standardiser les processus et à tirer parti des économies d'échelle. 	<ul style="list-style-type: none"> Formation continue et acculturation des professionnels : Il est essentiel de développer des programmes de formation ciblés pour les professionnels de la rénovation (artisans, maîtres d'œuvre, ingénieurs) afin de leur donner une connaissance approfondie des solutions et processus de préfabrication. Des écoles ou plateformes collaboratives peuvent jouer un rôle clé pour accélérer cette transition. Développement de plateformes technologiques : La création de plateformes collaboratives dédiées à la préfabrication et à la rénovation pourrait permettre aux entreprises de mutualiser les connaissances, de partager les meilleures pratiques, et de mieux intégrer les innovations techniques.
RH : Attractivité du métier	Les tâches à effectuer sur une ligne de production peuvent être redondantes par rapport à des tâches réalisées sur chantier	Risque possible d'ennui ou d'insatisfaction pour les artisans qui ne travailleraient qu'en atelier/usine. Perte de sens du métier et de l'expertise du détail.	<ul style="list-style-type: none"> Anticiper cet aléa, prévoir une organisation où les artisans travaillent en usine mais réalisent également la pose sur site peut-être une solution hybride particulièrement pertinente, notamment pour l'amélioration continue et la montée en compétences des équipes.
Freins et limites techniques			
Surcoût	Coût nettement plus élevé qu'une solution PSE Coût plus élevé qu'une solution ITE classique (FOB réalisée sur site)	<ul style="list-style-type: none"> Solution plus onéreuse et donc moins compétitive économiquement qu'une ITE en PSE ou qu'une FOB réalisée sur site 	<ul style="list-style-type: none"> Massifier la commande pour réduire le coût unitaire de la conception d'une rénovation / regrouper des typologies de MI similaires. Mobiliser les bailleurs sociaux car souvent les maisons sont similaires au sein d'un ensemble
Surconsommation de matière	Ajout de matière (ossatures et contreventement) pour phases provisoires de transport / levage	<ul style="list-style-type: none"> Plus de matière = plus de coût =/ frugalité 	<ul style="list-style-type: none"> éviter d'ajouter de la matière uniquement pour des phases intermédiaires, au profit de systèmes provisoires plus léger (cadres / tirants provisoires par exemple) et réutilisables

2.1.6 ANALYSE DE LA PERTINENCE DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES CONSTRUCTIFS PRÉFABRIQUÉS EN RÉNOVATION DE MAISONS INDIVIDUELLES

Pour mener cette analyse, les avantages et les freins ont été pondérés selon l'échelle suivante :

Échelle de notation

Avantages / Bénéfices	Freins
0 = Pas d'impact(s)	0 = Pas d'impact(s)
1 = Impact faible	1 = Impact faible
2 = Impact moyen	2 = Impact moyen
3 = Impact fort	3 = Impact fort

Les avantages ont été pondérés différemment selon 3 catégories :

Impact par système constructif (les plus courants)

- Isolation par l'extérieur traditionnelle (PSE sur site)
- Système d'enveloppe préfabriquée manuportable
- Système d'enveloppe préfabriquée de grandes dimensions (FOB)

Impact par typologie de projet

- Neuf
- Rénovation

Impact par typologie de marchés

- Marché de la maison individuelle
- Marché de l'habitat collectif

Dans la lignée de cette pondération, chaque avantage a été évalué au travers de 5 scénarios de système constructif / typologie de projet / typologie de marché.

Les scénarios étudiés sont les suivants :

Rénovation de Maisons Individuelles

- Scénario 1 : avec ITE classique (PSE) sur site
- Scénario 2 : avec système préfabriqué manuportable
- Scénario 3 : avec système préfabriqué de grandes dimensions (FOB)

Rénovation de logements collectifs (immeuble de moyenne hauteur)

- Scénario 4 : avec système préfabriqué de grandes dimensions (FOB)

Construction de logements collectifs neufs

- Scénario 5 : avec système préfabriqué de grandes dimensions (FOB)

Les notes pour chaque scénario correspondent à la multiplication des coefficients de pondération en fonction de chaque catégorie.

Pour les avantages : plus la note finale est élevée, plus les bénéfices sont importants.

Pour les freins : plus la note finale est élevée, plus les freins sont importants.

*Exemple 1^{re} ligne « FOB en rénovation de MI » : $2 * 3 * 1 = 6$ points.*

→ **Évaluation des avantages par scénario**

Avantages & bénéfices	Description	Pondération par catégorie						Evaluation par scénario		
		Système constructif		Typologie de projet		Typologie de marchés		Rénovation de MI		Neuf collectif
		Préfa manuportable	FOB (grandes dims)	Neuf	Rénovation	MI	Collectif	Préfa Manuportable	FOB	Réno collectif
Avantages & bénéfices techniques										
Diminution de la durée de la phase chantier	Délais de chantier sur site largement raccourcis grâce à des composants d'enveloppe hautement préfabriqués. Plus la valeur ajoutée hors site est élevée plus la réduction de délais est importante	2	2	3	3	1	3	6	6	18
Maitrise de la qualité en atelier	Permet d'atteindre un niveau de qualité homogène grâce à la standardisation des process et au travail à l'abri des intempéries	2	3	3	3	1	3	6	9	27
Innovation technologique	La préfabrication permet d'intégrer des technologies avancées, comme les systèmes de monitoring à distance (gestion des consommations énergétiques par exemple, ou autres capteurs intégrés dans les parois préfabriquées).	1	2	3	2	1	2	2	4	12
Avantages & bénéfices environnementaux										
Réduction de l'impact environnemental	- Diminution du nombre de chutes de matériaux (moins de pertes) - Réduction et meilleure capacité à traiter/recycler les déchets - Favorise le recours à des systèmes constructifs biosourcés (en comparaison avec de l'ITE en PSE)	3	3	3	2	3	3	18	18	27
Avantages & bénéfices sociaux / sociétaux										
Amélioration des conditions de travail	- Réduction de la pénibilité par rapport au travail sur chantier - Permet de s'affranchir des conditions météorologiques	2	3	3	3	2	3	12	18	27
Réduction des nuisances liées au chantier	Moins de stockage de matériaux sur site	2	3	3	3	2	2	12	18	18
	Moins de percements que pour une ITE en PSE	2	3	0	3	2	2	12	18	0
	Possibilité de s'affranchir de la pose d'un échafaudage	1	3	3	3	1	3	3	9	27
Avantages & bénéfices économiques										
Limite les arrêts de chantier	Réduit les arrêts de chantier liés aux intempéries car la production se fait en environnement contrôlé	2	3	3	3	3	3	18	27	27
Extension du périmètre d'activité des artisans	Permet aux artisans d'intervenir plus loin de leur base	3	3	3	3	3	3	27	27	27

SCORE TOTAL AVANTAGES

Rénovation de MI		Neuf collectif	Réno collectif
Manuportable	FOB	FOB	FOB
116	154	210	215

Ainsi, pour la rénovation de maisons individuelles, les systèmes constructifs préfabriqués de grandes dimensions offrent le meilleur potentiel pour tirer parti des avantages de la préfabrication. Toutefois, ces bénéfices se révèlent encore plus significatifs dans le cas des logements collectifs, qu'il s'agisse de projets neufs ou de rénovations.

→ **Pondération des freins par typologie de système et de marché**

Freins & limites	Description	Pondération par catégorie							
		Système constructif	Typologie de projet	Typologie de marchés	Préfabriqué	FOB (grandes dimensions)	Neuf	Rénovation	MI
Freins & limites techniques									
Accessibilité	Dans certaines configurations, la manœuvrabilité au sol, la présence d'arbres ou de câbles aériens ne rendent pas possible le levage et la pose de la façade préfabriquée	0	3	1	3	3	1		
Complexité du process	La préfabrication induit un niveau d'études amont plus important par la nature du process qui laisse peu de place à l'adaptation sur site, et demande un savoir-faire spécifique.	2	3	2	3	2	2		
Prise de côtes	La conception des façades nécessite une prise de côtes précise de l'existant (via scan 3D ou nuage de points)	2	3	0	3	3	3		
Performances thermiques	Traitement des interfaces complexe	1	2	1	3	3	2		
	Nécessite une étanchéité à l'air parfaite entre la lame d'air existante et la nouvelle façade	2	2	0	3	2	2		
Adaptabilité aux contraintes architecturales	Moins agile que de l'ITE classique lorsqu'il y a des formes complexes sur la façade	2	3	0	3	3	2		
Poids / fixation sur la façade existante	La façade rapportée doit être accrochée sur la façade existante, au moins pour la reprise d'efforts au vent, mais possible pour la reprise des charges verticales.	2	3	0	3	1	3		
Diminution de la capacité d'adaptation sur site	Les dimensions finales sont arrêtées en atelier et ne peuvent évoluer lors de la pose sur site	2	3	3	3	2	2		
Freins & limites environnementaux									
Freins & limites sociaux									
Manque de connaissance des solutions préfabriquées	Le manque de connaissance des techniques de préfabrication et la faible maturité technologique de certaines solutions sont des freins majeurs à l'adoption de solutions préfabriquées	3	2	2	3	3	2		
RH : Attractivité du métier	Les tâches à effectuer sur une ligne de production peuvent être redondantes par rapport à des tâches réalisées sur chantier	2	2	3	2	2	2		
Freins & limites économiques									
Surcoût	- Coût nettement plus élevé qu'une solution PSE - Coût plus élevé qu'une solution ITE classique (FOB réalisée sur site)	2	3	2	3	3	2		
Surconsommation de matière	Ajout de matière (ossatures / panneau de ciment) pour des phases propres de transport / levage	2	3	1	3	3	3		

SCORE TOTAL FREINS

Evaluation par scénario					
Rénovation de MI	Neuf collectif	Réno collectif	2: Préfabriqué	3: FOB	5: FOB
0	27	3	9		
12	18	12	18		
18	27	0	27		
9	18	4	12		
12	12	0	12		
18	27	0	18		
6	9	0	27		
12	18	18	18		
27	18	8	12		
8	8	12	8		
18	27	12	18		
18	27	9	27		

Rénovation de MI	Neuf collectif	Réno collectif	2: Préfabriqué	3: FOB	5: FOB
158	236	78	206		

En conclusion, l'analyse des scénarios met en évidence que, pour la rénovation de maisons individuelles, les systèmes constructifs de grandes dimensions rencontrent les freins les plus significatifs, tandis que les systèmes manuportables permettent d'atténuer certains de ces obstacles. Par ailleurs, le scénario « Rénovation de maisons individuelles » s'avère le moins favorable pour les systèmes préfabriqués de grandes dimensions, en comparaison avec les scénarios « Construction neuve en collectif » et « Rénovation de logements collectifs IMH ».

2.1.7 SYNTHÈSE « MUTATIONS ET PERSPECTIVES DE LA PRÉFABRICATION »

Même si les grandes mutations de la préfabrication s'opèrent aujourd'hui en grande partie dans la construction neuve, la « rénovation préfabriquée » connaît un développement croissant, soutenu par des initiatives gouvernementales, des projets pilotes (EnergieSprong, RESTORE...) et des innovations. Malgré ses avantages, la rénovation hors site en France fait face à des défis importants, à commencer par la consolidation d'un modèle économique encore (très) fragile. Les retours d'expérience de ces dernières années permettent de mieux appréhender les freins inhérents à chaque typologie de projet et d'esquisser des catégories de bâtiments qui semblent mieux adaptées à l'utilisation de systèmes d'enveloppe préfabriqués. Sans surprise, les bâtiments d'habitations collectifs de moyenne hauteur aux architectures simples et répétitives s'avèrent très bien adaptés.

En revanche, la majorité des projets de rénovation de maisons individuelles sont considérés comme complexes et difficilement adaptés aux logiques d'industrialisation. En effet, le secteur de la rénovation de maisons individuelles privées fait face à plusieurs obstacles,

tel que la diversité des caractéristiques de maisons au sein d'une même typologie, la multiplicité des interfaces (avec l'existant et entre éléments préfabriqués), les éventuelles difficultés logistiques, la prudence des propriétaires non spécialisés, ainsi que celle des petites entreprises pour lesquelles l'adoption de nouvelles pratiques et technologies représente une barrière significative.

L'analyse des scénarios met en évidence que, pour la rénovation de maisons individuelles, les systèmes constructifs de grandes dimensions concentrent les freins les plus importants, tandis que les systèmes manuportables permettent d'atténuer certains de ces obstacles. De plus, le scénario « Rénovation de maisons individuelles » s'avère le moins favorable pour les systèmes préfabriqués de grandes dimensions, en comparaison avec les scénarios « Construction neuve en collectif » et « Rénovation de logements collectifs IMH ».

FOCUS



Résultats analyse des freins et avantages du scenario : Préfabrication pour la rénovation de maisons

L'analyse des avantages et freins de la préfabrication dans les différents scénarios de projet (maison ou logement collectif, neuf ou rénovation, grands pans de façades ou éléments manuportables) montre que :

- La préfabrication pour la rénovation de maisons individuelles est clairement un scenario moins avantageux que les autres et avec bien plus de freins pour la construction neuve
- Elle permet cependant la réduction d'impact environnemental dans le sens où la filière la plus avancée sur ce secteur s'appuie sur des solutions en structures bois et en isolant biosourcé ou recyclé mais aussi de meilleures conditions de travail et une réduction des nuisances du chantier par rapport à des scenarios sans préfabrication. Enfin, l'intérêt économique de ne pas avoir d'interruption de chantier pour intempéries ou de pouvoir accepter un chantier plus loin de la base est un avantage crucial tant pour la rénovation de maison que pour les autres scénarios.
- Le fait de devoir s'adapter précisément à un bâti existant, qui ne permet pas toujours à une grue d'y accéder, qui doit pouvoir supporter le poids des éléments préfabriqués et avec peu de possibilités d'ajuster sur le chantier, présente des contraintes techniques fortes qui augmentent le coût de ces solutions. De plus, la rénovation de maison individuelles via de la préfabrication étant méconnue, une formation et une montée en maturité de la filière sont nécessaires.
- La solution manuportable se positionne justement en alternative des préfabriques en grands pans pour éviter un certain nombre de contraintes tout en maintenant un certain nombre des avantages de rapidité d'exécution et de fiabilité de mise en œuvre.

2 (2)

ESTIMATION DU GISEMENT

La rénovation énergétique du parc immobilier résidentiel est un des axes majeurs de Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) qui vise la neutralité carbone à l'horizon 2050. Pour ce faire, le nombre de 500 000 rénovations par an est affiché par l'Etat.

La rénovation énergétique d'un logement est souvent la combinaison de plusieurs gestes agissant sur la performance de l'enveloppe et des systèmes. Comme vu précédemment, la préfabrication peut intervenir dans ces deux familles de gestes. Dans le cadre de la présente étude, le périmètre est limité à l'isolation thermique par l'extérieur.

Ce chapitre « Estimation du gisement » a pour objectif d'évaluer le volume de logements individuels pouvant être concernés par la mise en œuvre d'une isolation thermique par l'extérieur préfabriquée.

Dans le projet RESTORE, le parc de maisons individuelles a été classifié suivant des typologies qui se retrouvent en nombre et qui permettent d'aider à répondre à des enjeux de rénovation. Ces typologies s'appuient sur des caractéristiques architecturales et constructives et donc de période de construction et de localisation (rurale ou urbaine, ou spécificité régionales).

Dans cette étude, il a été choisi de s'appuyer sur cette classification typologique des maisons françaises pour qualifier la faisabilité de trois solutions d'isolation thermiques par l'extérieur, décrites dans la phase 1 de l'étude :

- Isolant collé / chevillé sous enduit
- Eléments isolants manuportables sous bardage ou enduit
- Façades préfabriquées sous bardage ou sous enduit

Après avoir estimé le volume éligible par typologie PROFEEL, les données seront régionalisées à partir des données INSEE afin de projeter les marchés locaux.

2.2.1 ESTIMATION DU VOLUME DE MI ÉLIGIBLE À UNE ITE PAR CATÉGORIE PROFEEL RESTORE

Cette première estimation est faite sur la base de l'étude (CSTB, 2023) « Programme RESTORE Lot 1 – Typologies et problématiques de la rénovation énergétique de maison individuelle – Dossier n°1 et 2 ». Cette étude catégorise le parc des maisons individuelles en fonction des principaux critères que sont l'année de construction et la forme architecturale. Elle fournit aussi, par catégorie, une estimation du volume.

La faisabilité de pose d'une isolation thermique par l'extérieur est estimée sur une échelle allant de 0 (impossible ou matériaux historiques nécessitant une conception spécifique) à 3 (parfaitement adaptée). Cette évaluation de la faisabilité est faite au regard des caractéristiques architecturales, des procédés constructifs, du régime de propriété et du positionnement vis-à-vis du domaine public.

Pour cette première étape d'estimation, la technique utilisée pour l'ITE n'est pas prise en compte. On obtiendra ainsi un volume brut ; ultérieurement, le volume sera estimé pour chacune des techniques présentées dans la phase 1.

Ce critère de faisabilité sert ensuite de base pour l'estimation du volume de maisons éligibles à des travaux d'ITE dans la catégorie. Le coefficient multiplicateur du volume en fonction du critère de faisabilité est :

- 0 -> 0 (impossibilité complète principalement à cause du procédé constructif d'origine)
- 1 -> 0,3
- 2 -> 0,6
- 3 -> 0,9 (bâti bien adapté par son procédé constructif et sa forme architecturale simple)

2.2.1.1 MAISONS URBAINES ET SUBURBAINES DATANT D'AVANT 1945



Maison de bourg © CSTB



Maison de maître © CSTB



Maison Loucheur © CSTB



Maisons ouvrières © CSTB

Type	Quantité estimée	Faisabilité ITE	Quantité estimée éligible ITE	Commentaires ITE
Maison de bourg ou de centre ancien <1914	1 671 000	1	501 300	Maison à l'alignement Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
VILLA « 1900 »	33 000	2	19 800	Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Maison de maître	260 000	1	78 000	Architecture complexe - nombreuses ouvertures Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Maison Loucheur et assimilés 1928/1935	614 000	3	552 600	
Maison bourgeoise mitoyenne	318 000	1	95 400	Maison à l'alignement Architecture complexe - nombreuses ouvertures Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Maison d'employés urbaine	796 000	1	238 800	Maison à l'alignement Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Maison ouvrière "basique"	339 000	1	101 700	Maison à l'alignement Faible largeur de façade Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Maison ouvrière Type RDC minimal	17 000	2	10 200	Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Maison ouvrière 2 X 2	2 000	2	1 200	Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Maison ouvrière 4 X 4	2 000	1	600	Mitoyenneté complexe Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Maison ouvrière minimale R+1	34 000	1	10 200	Maison à l'alignement Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Maison d'employés / contremaîtres autonome	10 000	2	6 000	Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Maison de contremaître en cité 2 X 2	5 000	2	3 000	Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Maison en cité-jardin 1918 / 1939	65 000	2	39 000	Architecture pouvant être complexe
Maison de bourg reconstruction	743 000	2	445 800	Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Totaux	4 909 000		2 103 600	

La faisabilité de la pose d'ITE sur cette catégorie est variable car ces maisons sont souvent à l'alignement du domaine public. Ce positionnement génère des contraintes sur les voiries en raison du débord de l'ITE ; De plus, certaines communes peuvent avoir mis en place des mesures de protection architecturale empêchant toute pose.

2.2.1.2 MAISONS URBAINES OU SUBURBAINES ENTRE 1945 ET 1989



Maison autonome © CSTB



Maisons en bande © CSTB



Maisons industrialisées © CSTB



Maison autonome © CSTB

Type	Quantité estimée	Faisabilité ITE	Quantité estimée éligible ITE	Commentaires ITE
Maison expérimentale de la reconstruction	20 000	2	12 000	Vérifier la capacité structurelle
Maison autonome 1946-1968	1 349 000	3	1 214 100	
Maison en bande 1946-1968	925 000	3	832 500	
Maison de constructeurs industrialisée	250 000	3	225 000	
Maison autonome 1969-1974	981 000	3	882 900	
Maison en bande 1969-1974	416 000	3	374 400	
Maison camus bas camus haut	22 000	3	19 800	
Maison autonome 1975-1981	1 228 000	3	1 105 200	
Maison en bande 1975/1981	606 000	3	545 400	
Maison autonome 1982 - 1989	1 629 000	2	977 400	Tenir compte de l'ITI d'origine
Maison en bande 1982-1989	287 000	2	172 200	Tenir compte de l'ITI d'origine
Totaux	7 713 000		6 360 900	

On retrouve ici toutes les maisons construites après-guerre. Elles sont issues de la volonté de la majorité des ménages de posséder leur propre logement et de l'industrialisation des matériaux et procédés de construction.

On constate dans certains cas que les maîtres d'ouvrage profitent de la pose d'ITE pour améliorer la qualité architecturale de leur bien.



Avant travaux © EMENDA



Après travaux © EMENDA

2.2.1.3 MAISONS URBAINES OU SUBURBAINES ENTRE 1945 ET 1989



Maison moyenne © CSTB



Maisons épaisse © CSTB



Maisons de maître © CSTB



Grande maison © CSTB

Type	Quantité estimée	Faisabilité ITE	Quantité estimée éligible ITE	Commentaires ITE
Maison minimale	440 000	0	0	Matériaux "historiques" nécessitant traitement spécifique pour migration de l'eau
Maison moyenne	220 000	0	0	Matériaux "historiques" nécessitant traitement spécifique pour migration de l'eau
Maison épaisse	200 000	0	0	Matériaux "historiques" nécessitant traitement spécifique pour migration de l'eau
Longère	25 000	0	0	Matériaux "historiques" nécessitant traitement spécifique pour migration de l'eau
Maison de maître rurale	148 000	2	88 800	Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Maison rurale typique régionale	34 000	0	0	Matériaux "historiques" nécessitant traitement spécifique pour migration de l'eau
Villégiature	24 000	1	7 200	Architecture complexe - nombreuses ouvertures Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Maison de village-rue	5 000	1	1 500	Maison à l'alignement Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Grande Maison	25 000	0	0	Matériaux "historiques" nécessitant traitement spécifique pour migration de l'eau
Grande Ferme	592 000	0	0	Matériaux "historiques" nécessitant traitement spécifique pour migration de l'eau
Totaux	1 713 000		97 500	

Ces maisons « historiques » sont très difficilement isolables par l'extérieur pour de nombreuses raisons dont les principales sont :

- Géométrie imparfaite,
- Matériaux très sensibles à l'humidité,
- Systèmes constructifs ne permettant pas l'ajout de masse,
- Architecture complexe,
- Fondations restreintes,
- Caractère historique.

Seules les maisons bâties à partir de la révolution industrielle peuvent être concernées (emploi de la brique).

2.2.1.4 Maisons urbaines et suburbaines d'après 1990

Type	Quantité estimée	Faisabilité ITE	Quantité éligible ITE	Commentaires ITE
Maison autonome 1990 - 2000	1 537 000	2	922 200	Tenir compte de l'ITI d'origine
Maison en bande 1990-2000	315 000	2	189 000	Tenir compte de l'ITI d'origine
Maison autonome 2001-2005	912 000	0	0	Agir plutôt sur les systèmes
Maison en bande 2001 - 2005	148 000	0	0	Agir plutôt sur les systèmes
Maison autonome après 2005	1 798 000	0	0	Agir plutôt sur les systèmes
Maison en bande après 2005	343 000	0	0	Agir plutôt sur les systèmes
Totaux	5 053 000		1 111 200	

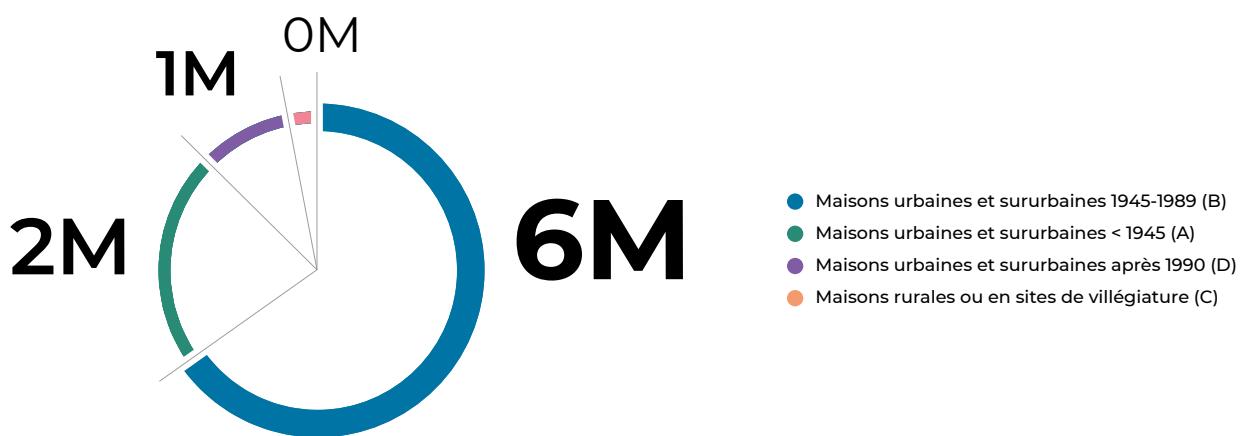
Ces maisons récentes sont peu concernées car elles répondent aux réglementations thermiques de 2000, 2005, 2012 et à réglementation environnementale 2020. Pour les maisons datant d'après 2000, le facteur de faisabilité est mis à 0 car l'ajout

d'une ITE aurait un rapport gain énergétique sur coûts de travaux faibles. Pour celles-ci, un travail sur les systèmes s'avère plus pertinent pour améliorer l'étiquette énergétique.

2.2.1.5 Synthèse

La répartition du nombre de maisons individuelles éligibles à des travaux d'isolation thermique par l'extérieur en fonction de la catégorie PROFEEL est la suivante :

FIGURE 2 Répartition par catégorie



Les Maisons urbaines et suburbaines 1945 – 1989 doivent être la cible principale des efforts de massification. En effet, elle concentre le plus grand nombre d'unités, et les techniques d'isolation par l'extérieur, disponibles sur le marché et présentées en partie 1, sont parfaitement adaptées aux procédés constructifs utilisés.

Elles sont, dans leur grande majorité, dépourvues des modénatures qui font la richesse architecturale des maisons des catégories « historiques ». Elles ne font quasiment jamais l'objet de protections architecturales ; l'obtention des autorisations d'urbanisme s'en trouve donc facilitée.

2.2.2 ESTIMATION DU VOLUME GLOBAL DE MAISONS

2.2.2.1 Le parc dans son ensemble

Au regard des tableaux présentés ci-dessus, la part de maisons individuelles susceptibles de recevoir une isolation thermique par l'extérieur est de 49,9%, soit 9 672 500 unités⁽²⁶⁾.

L'hypothèse simplificatrice est faite

selon laquelle toutes les typologies sont représentées similairement sur l'ensemble du territoire. La part de 49,9% sera appliquée aux volumes locaux pour déterminer le potentiel de chaque région/ département métropolitain.

La carte ci-dessous présente le nombre estimé de logements éligibles à une isolation thermique par l'extérieur.

FIGURE 3 Estimation, par département, du nombre de logements individuels éligibles à une ITE

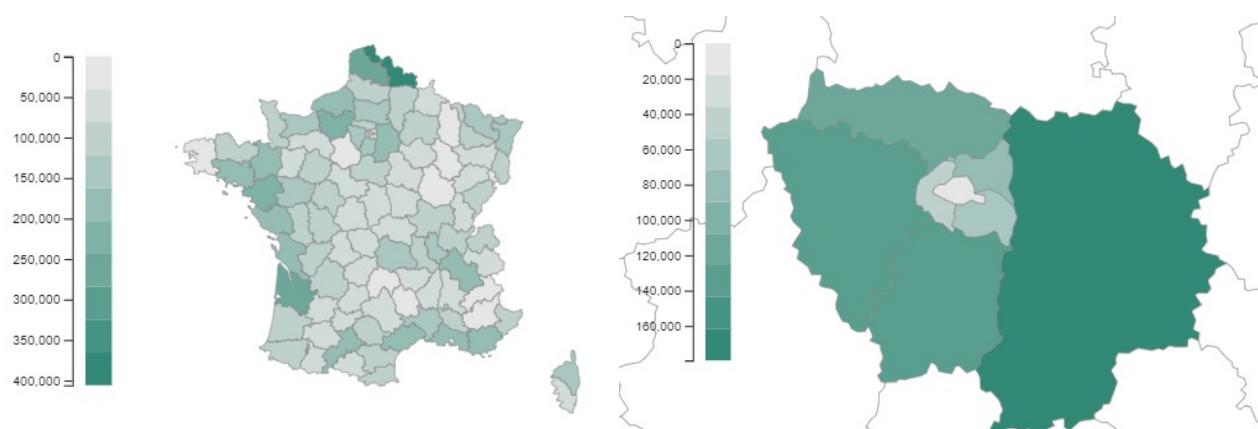
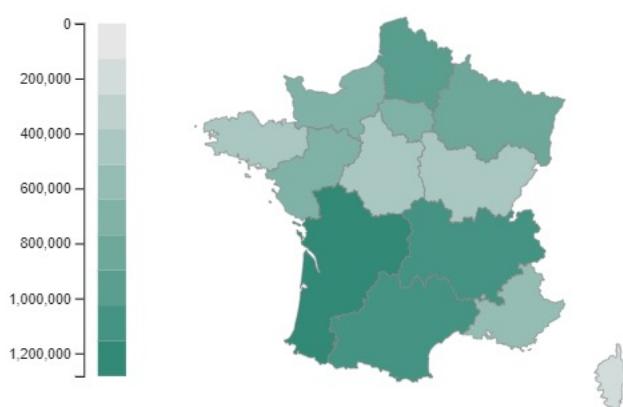


FIGURE 4 Estimation, par région, du nombre de logements individuels éligibles à une ITE



26. En l'absence de données consolidées, ce nombre néglige les maisons déjà rénovées par le geste d'isoler.

2.2.2.2 Le parc locatif social

En France métropolitaine, la part des logements sociaux dans le parc immobilier est de 14,3%. Parmi les 5 165 770 logements sociaux, 789 590 sont des logements individuels, soit 4% du parc des maisons (Ministère de la Transition Ecologique - SDES, 2023).

En moyenne, les maisons individuelles représentent 15,3% des logements sociaux possédés par les bailleurs. Cependant, on note quelques spécificités locales remarquables ; en particulier dans le département du Pas de Calais, la part de maisons individuelles dans le parc social est de 56,2% soit près de 91 000 unités. Le département voisin du Nord présente lui-aussi un volume très important de logements individuels : 97 500 (35 % du parc social).

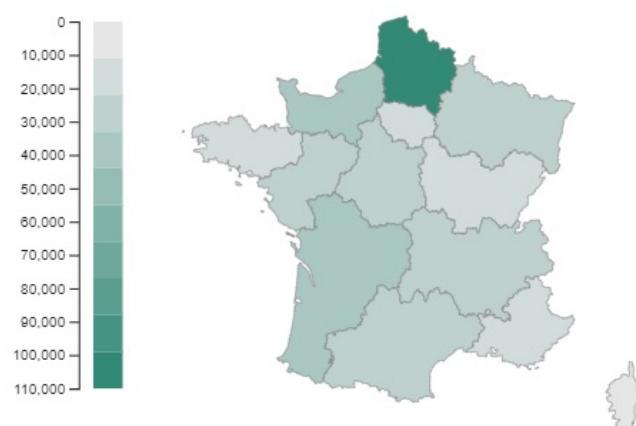
Depuis plusieurs années, les bailleurs sociaux se regroupent en centrales d'achat régionales pour massifier la rénovation

énergétique de leurs parcs. À titre d'exemple, on peut mentionner MASH Pays de la Loire (VALRANGES, 2020), GIREEO - Hauts de France (URH Hauts-de-France, 2021) ou encore l'ARO HLM Bretagne.

Les marchés publiés concernent souvent des centaines, voire des milliers de logements. Outre l'obtention de conditions financières intéressantes pour les bailleurs, ces marchés ont souvent vocation d'une part à initier / favoriser le développement de filières locales, et d'autre part à faire émerger des techniques innovantes. Il semble donc opportun de présenter le nombre de maisons individuelles du parc social éligibles à une isolation thermique par l'extérieur.

La capacité des sociétés immobilières, en comparaison à des bailleurs privés, permet de déployer les rénovations à grande échelle et d'atteindre une efficacité énergétique de 25% supérieure⁽²⁷⁾.

FIGURE 5 Estimation, par région, du nombre de logements sociaux individuels éligibles à une ITE



27. «Small might be beautiful, but bigger performs better: Scale economies in «green» refurbishments of apartment housing», Michelsen, Rosenschon, Schulz, (Juillet 2015)

FOCUS

**Logements sociaux dans les départements du Nord et du Pas de Calais**

Dès le début de la révolution industrielle, pour faire face à l'important besoin de main d'œuvre et la nécessité de la loger, les entreprises minières et industrielles ont construit massivement des maisons standardisées regroupées en cités appelées « corons ». Elles sont si caractéristiques de cette région que certaines sont entrées au patrimoine mondial de l'UNESCO. La construction de corons a perduré jusque dans les années 70.

Au fil du temps, les entreprises se sont progressivement séparées de ces maisons au profit de propriétaires privés mais aussi de bailleurs sociaux.



© Photos Google Maps

Ces maisons présentent, pour la préfabrication, l'avantage d'être toutes identiques. L'emploi de grands éléments de façades est pleinement adapté. La répétitivité des motifs architecturaux et la concentration des logements dans un même espace permettent la mutualisation des frais de conception, de transport et de manutention.

Exemple de projet réalisé :



Chantier à HEM (périphérie de Roubaix) ©EnergieSprong.fr

2.2.3 Estimation du volume par solution technique

Les deux précédentes sections avaient pour objectif d'estimer le nombre de maisons individuelles pouvant recevoir une isolation thermique par l'extérieur (ITE), c'est-à-dire par défaut, le système le plus simple : isolant sous enduit.

Dans ce paragraphe, ces volumes seront analysés au travers des prismes des deux solutions techniques préfabriquées principales :

- les éléments manuportables de petite taille ;
- les façades complètes (grands éléments préfabriqués).

La documentation décrivant les contraintes techniques de mise en œuvre d'ITE préfabriquée étant inexistante, les estimations de faisabilité présentées ci-dessous ont été établies sur la base des interviews de la phase 1 et des expériences des entreprises EMENDA et FRAMEWORKS.

Les faisabilités présentées intègrent de nombreux paramètres tels (liste non exhaustive) :

- facilité d'accès au terrain (présence de réseaux aériens, en particulier pour les zones rurales) ;
- surface du terrain (capacité à mettre en place des échafaudages ou des engins de levage) ;

- complexité architecturale (forme du bâti, modénatures, balcons, escaliers, préaux...) ;
- rapport surface ouvertures sur surface totale ;
- protection réglementaire (PLU, gestion de l'alignement, protection de linéaires architecturaux...) ;
- système constructif d'origine (capacité à supporter la surcharge de l'ITE).

L'attribution de la faisabilité s'appuie sur la description architecturale des typologies PROFEEL (CSTB, 2023).

Les seuils retenus et à appliquer aux volumes par catégorie sont :

- 0% : impossible ou volume marginal
- 10% : faisabilité très faible
- 30% : faisabilité faible
- 50% : faisabilité moyenne
- 75% : faisabilité forte
- 90% : faisabilité très forte

Nota : Pour les façades préfabriquées, si l'une des façades ne peut pas être traitée avec la solution technique alors la faisabilité est nulle.

Seule la faisabilité technique est ici évaluée. Les coûts, les temps de retour et les rapports investissements sur économies seront traitées plus loin dans la présente étude.

28. En particulier les expériences EnergieSprong qui portent une part de préfabrication importante.

2.2.3.1 Estimation du volume pour les éléments manuportables

Maisons urbaines et suburbaines < 1945

Type	Quantité estimée éligible ITE	Faisabilité manuportable	Quantité estimée	Commentaires ITE manuportable
Maison de bourg ou de centre ancien <1914	501 300	10%	50 200	Difficultés à monter un échafaudage en face arrière Contraintes architecturales parfois fortes (dont nombreux points singuliers, préservation de l'unité architecturale) Capacité à supporter la structure
VILLA « 1900 »	19 800	10%	2 000	Terrain souvent étroit rendant l'accès aux faces latérales et arrivées très difficile
Maison de maître	78 000	10%	7 800	Contraintes architecturales parfois fortes (dont nombreux points singuliers)
Maison Loucheur et assimilés 1928/1935	552 600	30%	165 800	Faces latérales et arrières peu accessibles Difficultés à monter un échafaudage Présence de balcons et escaliers extérieurs
Maison bourgeoise mitoyenne	95 400	10%	9 600	Contraintes architecturales parfois fortes (dont nombreux points singuliers, préservation de l'unité architecturale)
Maison d'employés urbaine	238 800	10%	23 900	Difficultés à monter un échafaudage en face arrière Contraintes architecturales parfois fortes (préservation de l'unité architecturale)
Maison ouvrière "basique"	101 700	0%	0	Façades très étroites - rapport poids structure sur surface très important Espace de mautention très restreint à l'arrière Contraintes architecturales parfois fortes (préservation de l'unité architecturale)
Maison ouvrière Type RDC minimal	10 200	30%	3 100	Espace de mautention restreint à l'arrière Contraintes architecturales parfois fortes (préservation de l'unité architecturale)
Maison ouvrière 2X2	1 200	75%	900	La copropriété peut poser problème
Maison ouvrière 4X4	600	75%	500	La copropriété peut poser problème
Maison ouvrière minimale R+1	10 200	0%	0	Façades très étroites - rapport poids structure sur surface très important Espace de mautention très restreint à l'arrière Préservation unité architecturale
Maison d'employés / contremaîtres autonome	6 000	75%	4 500	Matériaux de construction (brique ok mais autres matériaux nécessitent une vigilance spécifique)
Maison de contremaître en cité 2X2	3 000	50%	1 500	La copropriété peut poser problème)
Maison en cité-jardin 1918 / 1939	39 000	75%	29 300	Architecture pouvant être complexe
Maison de bourg reconstruction	445 800	75%	334 400	Contraintes architecturales parfois fortes La copropriété peut poser problème
Totaux	2 103 600		633 500	

Par leur caractère et leurs systèmes constructifs historiques, ces maisons sont peu susceptibles d'accueillir une isolation constituée d'éléments manuportables (30% du volume éligible à une ITE). La complexité architecturale et la difficulté d'accès aux façades sont les principaux freins.

Les artisans chargés de la conception et de la pose devront être vigilants sur la problématique de migration de l'eau dans les parois.

Maisons urbaines et suburbaines > 1945

Type	Quantité estimée éligible ITE	Faisabilité manuportable	Quantité estimée	Commentaires ITE manuportable
Maison expérimentale de la reconstruction	12 000	50%	6 000	Vérifier la capacité structurelle
Maison autonome 1946-1968	1 214 100	75%	910 600	Quelques éléments en façade (escaliers, balcons, terrasses couvertes...)
Maison en bande 1946-1968	832 500	75%	624 400	Quelques éléments en façade (escaliers, balcons...)
Maison de constructeurs industrialisée	225 000	50%	112 500	Vérifier la capacité structurelle
Maison autonome 1969-1974	882 900	75%	662 200	Quelques éléments en façade (escaliers, balcons, terrasses couvertes...)
Maison en bande 1969-1974	374 400	75%	280 800	Quelques éléments en façade (escaliers, balcons...)
Maison camus bas camus haut	19 800	90%	17 900	Architecture très simple et standardisée
Maison autonome 1975-1981	1 105 200	90%	994 700	Architecture simple et standardisée
Maison en bande 1975/1981	545 400	90%	490 900	Architecture simple et standardisée
Maison autonome 1982 - 1989	977 400	90%	879 700	Architecture simple et standardisée
Maison en bande 1982-1989	172 200	90%	155 000	Architecture simple et standardisée
Totaux	6 360 900		5 134 700	

Ces maisons sont particulièrement adaptées à la mise en œuvre d'éléments manuportables pour réaliser une isolation thermique par l'extérieur (81%). Les formes architecturales sont simplifiées du fait de la volonté d'industrialiser les matériaux et les process de construction. Généralement, elles sont construites au milieu d'une vaste parcelle ; ceci permet l'accès à toutes les façades, une bonne circulation autour de la maison et un stockage sur le chantier des éléments préfabriqués.

Maisons rurales ou en sites de villégiature

Type	Quantité estimée éligible ITE	Faisabilité manuportable	Quantité estimée	Commentaires ITE manuportable
Maison minimale	0	0%	0	
Maison moyenne	0	0%	0	
Maison épaisse	0	0%	0	
Longère	0	0%	0	
Maison de maître rurale	88 800	75%	66 600	Architecture assez simple
Maison rurale typique régionale	0	0%	0	
Villégiature	7 200	10%	800	Contraintes architecturales fortes (dont nombreux points singuliers, préservation de l'unité architecturale)
Maison de village-rue	1 500	50%	800	Contraintes architecturales parfois fortes (dont nombreux points singuliers, préservation de l'unité architecturale)
Grande Maison	0	0%	0	
Grande Ferme	0	0%	0	
Totaux	97 500		68 200	

Ces maisons présentent de manière générale une forte complexité pour la mise en œuvre d'une isolation thermique par l'extérieur. Elle est renforcée pour les éléments manuportables qui imposent une exigence géométrique, de planéité en particulier. En complément, les maisons construites en matériaux locaux et naturels nécessitent d'une part, une gestion de l'eau optimisée afin de ne pas dégrader la construction, et d'autre part, la réalisation d'études complémentaires pour garantir la capacité à supporter les fixations et la masse ajoutée.

Maisons urbaines et suburbaines après 1990

Type	Quantité estimée éligible ITE	Faisabilité manuportable	Quantité estimée	Commentaires ITE manuportable
Maison autonome 1990 - 2000	922 200	90%	830 000	
Maison en bande 1990-2000	189 000	90%	170 100	
Maison autonome 2001-2005	0	90%	0	
Maison en bande 2001 - 2005	0	90%	0	
Maison autonome après 2005	0	90%	0	
Maison en bande après 2005	0	90%	0	
Totaux	1 111 200		1 000 100	

Comme pour les maisons urbaines et suburbaines de 1945 à 1989, l'emploi d'éléments manuportables est bien adapté pour réaliser l'isolation ces maisons. Il faut cependant garder à l'esprit que leur niveau de performance thermique est globalement satisfaisant. Il faudra plutôt travailler sur les systèmes pour améliorer la performance énergétique.

2.2.3.2 Estimation du volume pour les grands éléments de façade

Maisons urbaines et suburbaines < 1945

Type	Quantité estimée éligible ITE	Faisabilité façade	Quantité estimée	Commentaires ITE façade
Maison de bourg ou de centre ancien <1914	501 300	0%	0	Maisons souvent hautes et profondes rendant le levage très complexe à impossible Contraintes architecturales parfois fortes Capacité à supporter la structure
VILLA « 1900 »	19 800	0%	0	Terrain souvent étroit rendant l'accès aux faces latérales et arrivées très difficile
Maison de maître	78 000	0%	0	Souvent de très nombreuses ouvertures Faces latérales et arrières peu accessibles Vigilance matériaux de construction
Maison Loucheur et assimilés 1928/1935	552 600	10%	55 300	Faces latérales et arrières peu accessibles Présence de balcons et escaliers extérieurs Bébord de toit
Maison bourgeoise mitoyenne	95 400	0%	0	Maisons souvent hautes et profondes rendant le levage très complexe à impossible Contraintes architecturales parfois fortes
Maison d'employés urbaine	238 800	0%	0	Maisons souvent hautes rendant le levage très complexe à impossible Vigilance matériaux de construction
Maison ouvrière "basique"	101 700	0%	0	Façades très étroites - rapport poids structure sur surface très important Espace de mautention très restreint à l'arrière
Maison ouvrière Type RDC minimal	10 200	10%	1 100	Faces arrières peu accessibles Vigilance matériaux de construction
Maison ouvrière 2 X 2	1 200	10%	200	Vigilance matériaux de construction La copropriété peut poser problème
Maison ouvrière 4 X 4	600	10%	100	Vigilance matériaux de construction La copropriété peut poser problème
Maison ouvrière minimale R+1	10 200	10%	1 100	Façades très étroites - rapport poids structure sur surface très important Espace de mautention très restreint à l'arrière Intérêt si plusieurs maisons traitées simultanément (1 façade pour plusieurs logements)
Maison d'employés / contremaîtres autonome	6 000	10%	600	Vigilance matériaux de construction
Maison de contremaître en cité 2 X 2	3 000	10%	300	Vigilance matériaux de construction La copropriété peut poser problème
Maison en cité-jardin 1918 / 1939	39 000	0%	0	Architecture pouvant être complexe
Maison de bourg reconstruction	445 800	10%	44 600	Maisons souvent hautes et profondes rendant le levage très complexe à impossible Contraintes architecturales parfois fortes La copropriété peut poser problème
Totaux	2 103 600		103 300	

Les caractéristiques architecturales (façades étroites et maisons épaisse) ainsi que les procédés constructifs (matériaux historiques) rendent ces maisons très peu compatibles avec les grands éléments préfabriqués.

Les artisans qui souhaiteraient proposer cette solution doivent porter une attention particulière à la migration de l'eau dans les parois.

Maisons urbaines et suburbaines 1945 – 1989

Type	Quantité estimée éligible ITE	Faisabilité façade	Quantité estimée	Commentaires ITE façade
Maison expérimentale de la reconstruction	12 000	30%	3 600	Vérifier la capacité structurelle (fondation possible) Accès aux faces latérales et arrière complexe
Maison autonome 1946-1968	1 214 100	10%	121 500	Quelques éléments en façade (escaliers, balcons, terrasses couvertes...) très complexes à traiter Accès aux faces latérales et arrière complexe
Maison en bande 1946-1968	832 500	10%	83 300	Quelques éléments en façade (escaliers, balcons, terrasses couvertes...) très complexes à traiter Accès aux faces arrières complexe
Maison de constructeurs industrialisée	225 000	10%	22 500	Vérifier la capacité structurelle (fondation possible) Accès aux faces latérales et arrière complexe
Maison autonome 1969-1974	882 900	10%	88 300	Quelques éléments en façade (escaliers, balcons, terrasses couvertes...)
Maison en bande 1969-1974	374 400	10%	37 500	Quelques éléments en façade (escaliers, balcons...)
Maison camus bas camus haut	19 800	30%	6 000	Vérifier la capacité structurelle (fondation possible) Accès aux faces latérales et arrière complexe
Maison autonome 1975-1981	1 105 200	30%	331 600	Architecture simple et standardisée
Maison en bande 1975/1981	545 400	10%	54 600	Architecture simple et standardisée Accès aux faces arrières complexe
Maison autonome 1982 - 1989	977 400	30%	293 300	Architecture simple et standardisée
Maison en bande 1982-1989	172 200	10%	17 300	Architecture simple et standardisée Accès aux faces arrières complexe
Totaux	6 360 900		1 059 500	

Les maisons urbaines et suburbaines construites entre 1945 et 1989 peuvent sans trop de difficultés recevoir des grandes façades préfabriquées. Dans leur grande majorité, la structure et les matériaux employés supportent la fixation et la surcharge qu'imposent ses grands éléments. Les matériaux employés lors de la construction sont moins sensibles à la problématique de l'eau.

Les contraintes viennent principalement des éléments architecturaux qui peuvent fortement complexifier la pose (débord de toit, escalier extérieur, balcon, marquise, préau, volumes complexes...).

Maisons rurales ou en sites de villégiature

Type	Quantité estimée éligible ITE	Faisabilité façade	Quantité estimée	Commentaires ITE façade
Maison minimale	0	0%	0	
Maison moyenne	0	0%	0	
Maison épaisse	0	0%	0	
Longère	0	0%	0	
Maison de maître rurale	88 800	50%	44 400	Architecture assez simple
Maison rurale typique régionale	0	0%	0	
Villégiature	7 200	0%	0	Contraintes architecturales fortes (dont nombreux points singuliers, préservation de l'unité architecturale)
Maison de village-rue	1 500	30%	500	Contraintes architecturales parfois fortes (dont nombreux points singuliers, préservation de l'unité architecturale) Façade arrière difficile accessible
Grande Maison	0	0%	0	
Grande Ferme	0	0%	0	
Totaux	97 500		44 900	

Pour les mêmes raisons que celles évoquées pour les éléments manuportables, ces maisons sont inadaptées à la pose de grands éléments de façade. Une attention particulière doit être portée sur la gestion de la migration de la vapeur d'eau.

Maisons urbaines et suburbaines après 1990

Type	Quantité estimée éligible ITE	Faisabilité façade	Quantité estimée	Commentaires ITE façade
Maison 1990 - 2000	922 200	10%	92 300	Réduction taille des parcelles, accès aux faces latérales et arrière complexe
Maison en bande 1990-2000	189 000	10%	18 900	Accès à la façade arrière complexe
Maison 2001-2005	0	10%	0	Réduction taille des parcelles, accès aux faces latérales et arrière complexe
Maison en bande 2001 - 2005	0	10%	0	Accès à la façade arrière complexe
Maison après 2005	0	10%	0	Réduction taille des parcelles, accès aux faces latérales et arrière complexe
Maison en bande après 2005	0	10%	0	Accès à la façade arrière complexe
Totaux	1 111 200		111 200	

L'emploi de façades préfabriquées est techniquement viable pour réaliser l'isolation de ces maisons. Il faut cependant garder à l'esprit que leur niveau de performance thermique est globalement satisfaisant. Il faudra plutôt travailler sur les systèmes pour améliorer la performance énergétique.

Il est à noter que les parcelles sur lesquelles sont construites ces maisons sont dans leur ensemble plus petites que pour les maisons construites entre 45 et 89⁽²⁹⁾. Le levage et la pose sont donc plus complexes voire impossible. Ceci dégrade significativement la faisabilité de pose des grands éléments préfabriqués.

29. La taille moyenne des parcelles est passée progressivement de 1000m² dans les années 60 – 70 à 400 m² actuellement.

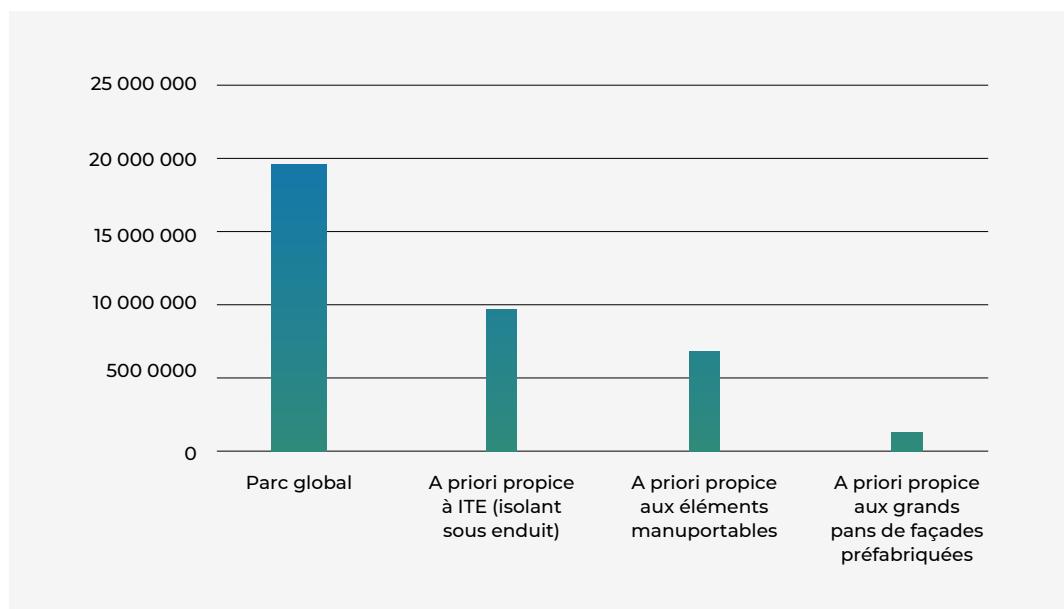
2.2.4 SYNTHÈSE DE L'ESTIMATION DU GISEMENT

En consolidant les estimations présentées dans les tableaux ci-dessus, on constate qu'environ :

- 6 800 000 maisons peuvent être isolées grâce à des petits éléments manuportables (71% du volume des maisons pouvant recevoir une ITE)
- 1 300 000 maisons individuelles peuvent recevoir des grandes façades préfabriquées (14% du volume des maisons pouvant recevoir une ITE)

Ces deux estimations ne sont pas cumulatives car les maisons pouvant accueillir des façades préfabriquées peuvent aussi être isolées grâce à des éléments manuportables.

→ Estimation MI par solution technique



2 (3)**ESTIMATION DE L'OFFRE**

L'objet de ce chapitre est d'estimer le nombre d'entreprises / établissements déjà présents ou susceptibles d'aller vers le marché de la préfabrication et réalisant la fabrication et la pose des éléments préfabriqués.

Pour ce faire, trois principales sources de données sont employées :

- La base SIRENE des entreprises françaises,
- L'observatoire des métiers du BTP (2020),
- L'enquête nationale de la construction bois (FIBOIS 2023)

L'absence de données chiffrées sur la préfabrication artisanale (reconnue en phase 1 lors des interviews des fédérations) impose de prendre quelques hypothèses qui seront mentionnées dans les paragraphes suivants.

2.3.1 PRATIQUES TRADITIONNELLES D'ITE

À ce jour, la réglementation thermique pour les bâtiments existants fixe les règles pour la rénovation énergétique. Basée sur la RT de 2005, elle fixe des seuils de performance énergétique assez modestes et surtout, la question de l'émission des gaz à effet de serre liée au chantier de rénovation énergétique (Analyse du cycle de vie intégrant les composants déposés, ajoutés, le transport, etc.) n'est pas adressée. De ce fait, les isolants minéraux ou synthétiques, du fait de leurs prix très compétitifs et de leur facilité de mise en œuvre, sont très largement employés.

Il est envisageable que, dans un avenir plus ou moins proche, l'État impose une réglementation environnementale pour la rénovation, proche de la RE 2020 applicable aux constructions neuves.

Dans cette éventualité, le PSE, largement employé pour les ITE sous enduit, devrait être de moins en moins utilisé au profit de matériaux plus vertueux voire biosourcés. À ce jour, des solutions biosourcées sont matures et déjà présentes sur le marché. Plusieurs fournisseurs proposent d'ores et déjà des blocs de fibres de bois à coller, cheviller puis enduire. Les isolants biosourcés présentent l'avantage de renforcer l'inertie du bâtiment, améliorant ainsi le confort d'été.

Les techniques de pose étant sensiblement les mêmes que pour le PSE sous enduit, les rédacteurs de cette étude font l'hypothèse que les poseurs d'ITE se contenteront de remplacer leur isolant habituel par un isolant biosourcé pour répondre aux attentes de la réglementation environnementale. Les maîtres d'ouvrage devront certainement subir un surcoût dans les premières années suivant l'application de la future « RE ex » mais il devrait s'estomper avec le temps.

Les façadiers poseurs d'ITE n'auront certainement pas plus recours à la préfabrication qu'aujourd'hui. Ils sont exclus de l'analyse présentée dans les paragraphes suivants.

2.3.2 ESTIMATION DU VOLUME BRUT DES ENTREPRISES POUVANT ÊTRE CONCERNÉES

L'obtention de données qualifiées concernant spécifiquement les entreprises en mesure de réaliser des ouvrages hors site ou en passe de se structurer est très complexe voire impossible. La sélection des établissements potentiellement concernés se fait à partir des codes NAF utilisés par l'Institut Economique des Territoires (VEIA) dans son Enquête Nationale de la construction bois (VEIA, 2023), réalisée pour FIBOIS France :

- 16.23Z : Fabrication de charpentes et d'autres menuiseries
- 41.20A : Construction de maisons individuelles
- 43.32A : Travaux de menuiserie bois et PVC
- 43.91A : Travaux de charpente

Il est à noter que les artisans, au sens de la définition proposée en phase 1 de cette étude, sont dans les catégories 43.23A et 43.91A.

La limite de l'approche par code NAF est l'impossibilité de d'identifier les professionnels travaillant le bois, le métal ou les deux.

L'extraction, en octobre 2024, des données de la base SIRENE⁽³⁰⁾ donne les volumes suivants :

Région	16.23Z	41.20A	43.32A	43.91A	Total
▪ Auvergne-Rhône-Alpes	701	1954	10806	3678	17139
▪ Bourgogne-Franche-Comté	244	664	3412	863	5183
▪ Bretagne	232	832	4996	832	6892
▪ Centre-Val de Loire	137	774	2697	641	4249
▪ Corse	52	257	673	50	1032
▪ Grand Est	302	1344	5703	1026	8375
▪ Hauts-de-France	213	2981	5232	379	8805
▪ Île-de-France	172	15442	9284	773	25671
▪ Normandie	170	1382	4423	751	6726
▪ Nouvelle-Aquitaine	508	2480	8965	3197	15150
▪ Occitanie	526	2421	7690	2350	12987
▪ Pays de la Loire	225	992	5029	925	7171
▪ Provence-Alpes-Côte d'Azur	286	2702	5921	1104	10013
Total	3768	34225	74831	16569	129393

30. www.sirene.fr – base de données des unités légales et de leurs établissements – maintenue à jour quotidiennement par l'INSEE.

2.3.3 ESTIMATION DU VOLUME DES ARTISANS POUVANT ÊTRE CONCERNÉS

Comme indiqué plus haut, les artisans sont regroupés sous les codes NAF 43.23A et 43.91A. L'Observatoire du BTP réalisé en 2020 (Observatoire du BTP, 2020) permet d'obtenir une vision plus fine des entreprises, en particulier concernant le nombre d'employés.

	NAF 43.32A (Menuiserie)			NAF 43.91A (Charpente)		
	Nb entreprises	0 salarié	0 à 9 salariés	Nb entreprises	0 salarié	0 à 9 salariés
Auvergne-Rhône-Alpes	10 335	7 351	71%	9 981	97%	
Bourgogne-Franche-Comté	2 667	1 819	68%	2 572	96%	
Bretagne	3 847	2 640	69%	3 659	95%	
Centre-Val-de-Loire	2 160	1 435	66%	2 078	96%	
Corse	493	358	73%	484	98%	
Grand-Est	4 574	3 102	68%	4 372	96%	
Hauts-de-France	4 083	2 731	67%	3 872	95%	
Île-de-France	8 442	6 082	72%	8 174	97%	
Normandie	3 558	2 428	68%	3 398	96%	
Nouvelle Aquitaine	6 929	4 995	72%	6 696	97%	
Occitanie	5 952	4 576	77%	5 827	98%	
Pays-de-la-Loire	2 570	1 608	63%	2 436	95%	
Provence-Alpes-Côte-d'Azur	4 969	3 872	78%	4 875	98%	
Totaux	60 579	42 997	71%	58 424	96%	
Nb entreprises de plus de 10 salariés			2 155	Nb entreprises de plus de 10 salariés		
						674

Nota : Les colonnes « 0 à 9 salariés » additionnent le nombre d'entreprises comprenant « 0 salariés » (présentées dans le tableau avec le nombre des entreprises employant « 1 à 9 salariés » (non présentées dans le tableau).

À la lecture de ce tableau, il apparaît que la majorité des établissements n'emploient aucun salarié. Seul le gérant y travaille. Il est fortement probable qu'elles ne disposent pas des moyens nécessaires pour réaliser des façades ou des éléments manuportables hors site. Il convient de les exclure du panel. Cela représente, si on projette la répartition de 2020 sur le volume des entreprises de 2024, 63 671⁽³¹⁾ sur 91 400 entreprises (soit 70%).

A l'opposé, les entreprises de plus de 10 salariés devraient disposer des moyens nécessaires pour concevoir et produire hors site. Si ce type de production n'est encore opérationnel en leur sein, les efforts pour le mettre en place devraient être

limités car elles disposent d'ateliers correctement équipés. En 2024, le volume concerné est d'environ 3 500⁽³²⁾ sur 91 400 (soit 4%).

Entre ces deux catégories, les entreprises de 1 à 9 salariés sont 23 910 (soit 26%). Elles présentent un niveau d'équipement diverse. Il n'est pas aisés d'établir une règle s'appliquant uniformément à cet ensemble. À la suite des interviews menées en phase 1, il apparaît que certains de ces artisans font de la préfabrication sans le dire, en particulier les charpentiers. En effet, ils préparent leurs chantiers en faisant une sorte de kitting (les ossatures bois peuvent être pré découpées en atelier puis assemblées sur site). Cette seconde phase de l'étude s'intéressant principalement aux grandes façades préfabriquées et aux éléments manuportables, il est proposé de ne pas comptabiliser ces entreprises, employant de 1 à 9 salariés, dans la population analysée.

31. 71% (part des entreprises de 0 salarié en 2020) des 74 831 entreprises 43.32A existantes en 2024 + 60% des 16 569 entreprises 43.91A de 2024.

32. Même principe de calcul que ci-dessus : part des entreprises en 2020 projetée sur le recensement des entreprises de 2024.

2.3.4 ESTIMATION DU VOLUME D'INDUSTRIELS POUVANT ÊTRE CONCERNÉS

Le code NAF 16.23Z regroupe :

- La fabrication d'articles en bois destinés principalement à l'industrie du bâtiment :
 - Poutres, poutrelles, chevrons, solives,
 - Lamellé collé et armatures en bois et bâtiments en bois préfabriqués,
 - Portes, fenêtres, rideaux et leurs encastrements, avec ou sans accessoires métalliques, tels que serrures et ferrures,
 - Escalier, rampes d'escalier,
 - Bardeaux, baquettes et moulures
- La fabrication de bâtiments préfabriqués ou éléments de ces bâtiments, en bois,
- La fabrication de maisons mobiles,
- La fabrication de cloisons en bois (à l'exception des cloisons mobiles).

Cette catégorie est particulièrement vaste, il est donc proposé d'utiliser le recensement fait par VEIA pour le compte de FIBOIS (VEIA, 2023). Cette étude estime que seules 136 entreprises, rattachées à ce code NAF, sont concernées par la construction bois. La construction neuve est leur cœur de métier. Elles peuvent « aisément » mettre leur outil de travail au service de la rénovation.

2.3.5 ESTIMATION DU VOLUME DE CONSTRUCTEURS DE MAISONS POUVANT ÊTRE CONCERNÉS

Le code NAF 41.20A regroupe :

- Les entreprises générales de construction ou TCE prenant la responsabilité globale de la construction d'une maison, notamment dans le cadre d'un CMI
- L'assemblage et la construction de maisons préfabriquées.

La base SIRENE identifie plus de 34 000 entreprises de construction de maisons individuelles. Pour identifier celles qui sont en mesure de réaliser des constructions en bois, on se basera sur l'étude VEIA (VEIA, 2023). Le nombre d'entreprises pouvant être concernées est de 156 sur le territoire métropolitain.

Il est à noter qu'il peut y avoir une redondance avec les entreprises 16.23Z car les constructeurs de maisons ne disposent pas tous de moyen de production propres.

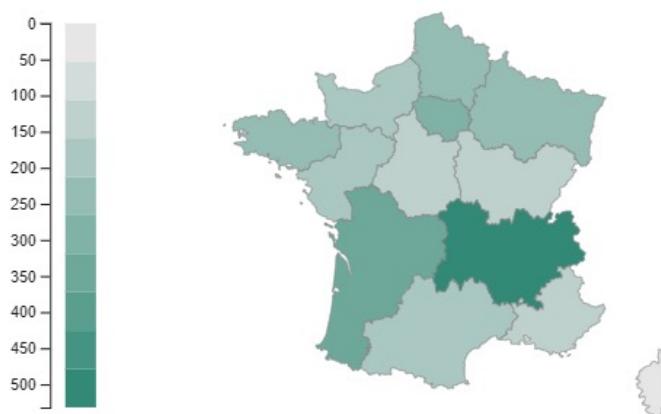
Les assemblageurs pourraient mettre leur savoir-faire au profit de la rénovation énergétique. Cependant, il apparaît que le modèle économique des CMIs n'est pas compatible avec des travaux de rénovation énergétique.

2.3.6 SYNTHÈSE

En consolidant l'ensemble des données présentées ci-dessus, la répartition géographique des entreprises susceptibles de proposer des solutions préfabriquées d'isolation par l'extérieur pour la rénovation énergétique est la suivante :

	Industriels (16.23Z)	Artisans Menuisiers (43.32A) > 9 salariés	Artisans Charpentiers (43.32A) > 9 salariés	Totaux
Auvergne-Rhône-Alpes	25	437	196	659
Bourgogne-Franche-Comté	15	117	48	180
Bretagne	13	245	68	326
Centre-Val-de-Loire	9	101	49	159
Corse		11	1	12
Grand-Est	16	250	59	325
Hauts-de-France	6	211	49	266
Île-de-France	3	331	48	382
Normandie	7	198	58	262
Nouvelle Aquitaine	20	288	118	426
Occitanie	11	154	76	241
Pays-de-la-Loire	6	166	51	223
Provence-Alpes-Côte-d'Azur	5	116	45	166
Totaux	136	2 625	865	3 626

FIGURE 6 Répartition régionale des entreprises susceptibles de proposer des solutions préfabriquées



Au regard de cette analyse, il apparaît que, sur le territoire métropolitain, « seules » 3 600 entreprises seraient susceptibles de proposer des solutions d'isolation thermique par l'extérieur préfabriquée.

La carte ci-dessous met en correspondance l'offre et le gisement (nombre d'artisans pour 10 000 maisons individuelles éligibles à une solution préfabriquée) :

FIGURE 7 **Nombre d'artisans pouvant proposer des solutions préfabriquées pour 10 000 logements éligibles à une solution préfabriquée**

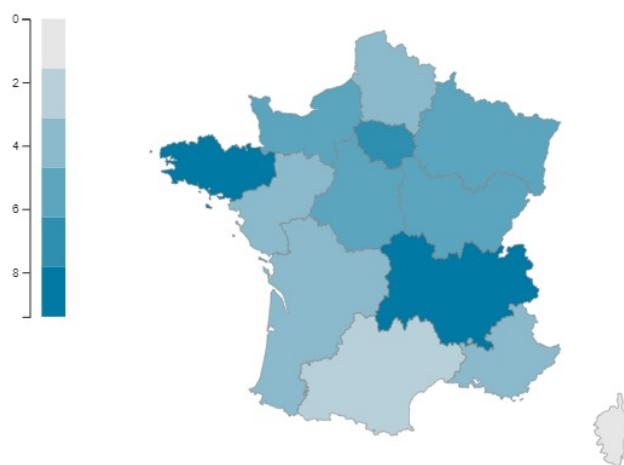
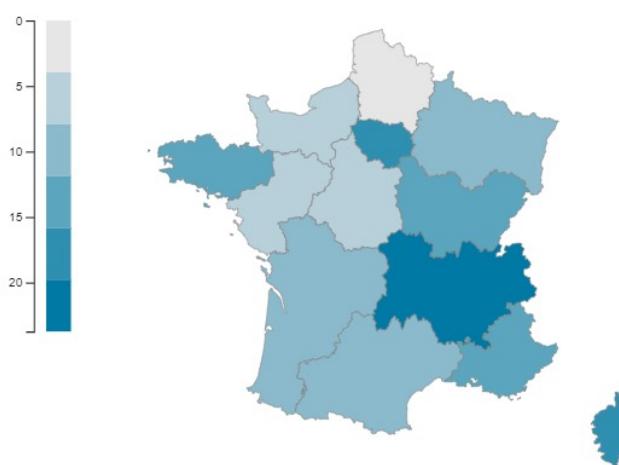


FIGURE 8 **Nombre d'artisans pouvant proposer des solutions préfabriquées pour 1 000 logements sociaux éligibles à une solution préfabriquée**



En moyenne sur le territoire métropolitain, on dénombre une entreprise artisanale pouvant proposer des solutions préfabriquées pour 2000 maisons individuelles pouvant recevoir une isolation thermique par l'extérieur préfabriquée. Même si les disparités sont fortes entre les régions, le potentiel marché, pour les entreprises en place est vaste.

Comme indiqué précédemment, les bailleurs sociaux peuvent, même si leurs

parcs représentent moins de 4% du volume total, présenter une opportunité sérieuse pour les entreprises souhaitant proposer des solutions préfabriquées. Les initiatives de massification de la rénovation énergétique doivent inciter les artisans à se fédérer surtout dans les régions les « moins peuplées » telles que les Hauts-de-France. Les opérations de massification de la rénovation, par les bailleurs sociaux, peuvent faire émerger des filières locales.

2 4

CONDITIONS DE DÉPLOIEMENT DES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE FAÇON ARTISANALE DÉDIÉES AU MARCHE DE LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DE MI

Comme vu précédemment, la rénovation énergétique des maisons individuelles présente un gisement très important qui pourrait permettre à la filière de la préfabrication, encore peu mature pour ces scénarios, de se développer. L'analyse des avantages et freins de la préfabrication pour la rénovation de maisons montre en première partie de ce rapport que cette solution est moins idéale que pour des bâtiments de grande dimension ou pour de la construction neuve. La nécessité de s'adapter précisément à un bâti existant, pas toujours accessible, qui doit pouvoir supporter le poids des éléments et avec peu de possibilités d'ajuster sur chantier, présente des contraintes techniques fortes qui augmentent le coût de ces solutions. De plus, la rénovation de maison en préfabrication étant méconnue, une formation et la montée en maturité de la filière sont nécessaires.

L'opportunité de marché de la rénovation de maison individuelles en France pousse à détailler les verrous à lever et les recommandations possibles pour aider cette filière naissante à se positionner et à se renforcer sur les secteurs les plus pertinents.

Principaux verrous et recommandations pour la filière

2.4.1 LE PRODUIT MAISON INDIVIDUELLE

Les verrous

1 - Le produit « maison individuelle » est intrinsèquement mal adapté à la logique d'industrialisation, même légère, imposée par la préfabrication d'éléments d'isolation.

Malgré la volonté de standardiser la construction des maisons individuelles depuis les 70, on constate que seuls les méthodes et les matériaux sont standards. La forme architecturale de chaque maison, son évolution depuis sa construction ainsi que son environnement rendent de nombreux chantiers de rénovation trop spécifiques pour profiter suffisamment des avantages de la standardisation liée à la préfabrication. Il y a un très fort niveau de variabilité et d'adaptabilité des solutions à base d'éléments isolants, imposant systématiquement une phase d'étude conséquente.

2 - Les complexités logistiques liées au stockage, au transport et à la manutention des éléments préfabriqués, quelle que soit leur taille, créent un surcoût significatif en comparaison à la pose d'un échafaudage de faible hauteur (les maisons individuelles dépassent rarement R+1).

Les environnements urbains dans lesquels les maisons individuelles s'inscrivent complexifient les opérations de levage (largeur des voies, stationnement, alignement sur le domaine publics...). Dans la majeure partie des cas, deux à trois des faces de la maison sont inaccessibles. Il est essentiel de souligner que les réseaux aériens encore très présents apportent des contraintes fortes sur les opérations de levage pour les grands pans de façades préfabriquées.

3 – Le marché de la rénovation des maisons individuelles est par nature géographiquement et temporellement très diffus. Ceci implique que les frais logistiques prennent une part importante dans le montant total du projet.

Les solutions possibles

1 – Pour réduire la part des coûts logistiques, notamment ceux liés au levage et au transport, il pourrait être intéressant de réaliser des opérations groupées, au sein d'un lotissement par exemple. Pour se faire, il est nécessaire d'impliquer les collectivités territoriales pour qu'elles incitent fortement les propriétaires d'un même espace géographique à se fédérer pour massifier la rénovation localement.

2 - Il apparaît que les grands éléments de façade sont peu adaptés à la maison individuelle. Cependant, une piste pour développer la préfabrication artisanale est la conception de solutions techniques basées sur un nombre limité de modules isolants, manuportables, de dimensions standardisées auxquels on adjoint des «fileurs»⁽³³⁾ réalisés sur mesure. Il est possible de remplacer ces fileurs par un complément d'isolation réalisé directement sur le chantier⁽³⁴⁾.

Les éléments manuportables ne sont pas soumis aux mêmes contraintes de rigidité que les grands éléments préfabriqués. En effet, plus légers, ils craignent moins la déformation pendant les phases transitoires.

Une conception optimisée doit permettre de limiter l'impact des contraintes de manutention et de fixation sur le volume de matériaux utilisés et donc sur le coût de la solution (voir encadré ci-dessous).

Il est conseillé, dans la mesure où la planéité de la façade le permet, d'éviter la présence d'une lame d'air entre l'élément isolant et la maçonnerie afin de s'affranchir de la présence d'un pare-vapeur.

33. Élément réalisé sur mesure permettant de combler un espace entre éléments manuportables ou des éléments de la façade.

34. Il est probable que cette solution réduise l'avantage de la réduction du temps de chantier.

FOCUS



Les raisons du manque de compétitivité des solutions préfabriquées de grandes dimensions

Les principales raisons du manque de compétitivité des solutions préfabriquées de grandes dimensions dans la rénovation des maisons individuelles (MI) incluent :

- **Faibles volumes** : La préfabrication est peu développée en rénovation de MI, les volumes sont faibles, ne permettant pas la mise en place d'une filière économiquement efficiente ;
- **La faible répétitivité des MI induit une approche sur mesure pour chaque projet entraînant :**
 - Coûts d'études élevées :
 - Relevés de l'existant indispensable (scan 3D)
 - Tests/essais de caractérisation de l'existant (efforts d'arrachements)
 - Études EXE détaillées pour pouvoir fabriquer les éléments en atelier ;
 - Limitation des gains de productivité en atelier car adaptation à chaque projet.
- **Surconsommation de matière** : en rénovation, la préfabrication induit généralement une surconsommation de matière, souvent nécessaire uniquement pour des phases provisoires (levage / transport). Par exemple pour le cas des FOB : ajout de lisses horizontales, de panneaux de contreventement, matériel de traitement des joints...

• Coûts logistiques :

- Coûts de transports de grands éléments ;
- Coûts de levage de grands éléments (et dans une moindre mesure des éléments manuportables) ;
- Le transport et l'installation des éléments préfabriqués sur site peuvent être complexes et donc coûteux, surtout dans des zones difficiles d'accès ou dans des chantiers en zone urbaine. Cela augmente les coûts totaux de la rénovation par rapport à des techniques plus traditionnelles où les matériaux sont souvent acheminés facilement à faible coût.

• Gain de délais non valorisés : sauf exception (bailleurs sociaux contraints notamment), le gain de délai de chantier est peu valorisé et un propriétaire préférera réduire le coût plutôt que gagner deux semaines de travaux, notamment car ces importants travaux de rénovation énergétique sont souvent réalisés dans des phases de transition où le logement n'est pas occupé (donc pas de valorisation sur la réduction des nuisances...).

• Besoin de main-d'œuvre qualifiée : la préfabrication nécessite une main-d'œuvre spécialisée. Le manque de personnel formé aux techniques de préfabrication et d'assemblage dans le secteur de la rénovation constitue un obstacle majeur à l'adoption à grande échelle de ces solutions, et donc à la compétitivité de ces solutions.

RETOUR D'EXPÉRIENCE



EnergieSprong Pays de la Loire est un programme de massification de la rénovation énergétique de 1500 logements sociaux de 7 bailleurs accompagnés par l'USH. Ces rénovations sont faites sur la base du concept EnergieSprong conçu aux Pays Bas (<https://energiesprong.org>). Ce concept vise à favoriser l'accès à des rénovations très performantes, rapides et qualitatives en s'appuyant sur des méthodes d'industrialisation et en se basant plutôt sur des objectifs de résultat que de moyens.

Le lot 2, dont le mandataire est SYNERPOD (fabricant de POD énergétiques tout en un) associé à SPIE Batignolles Grand Ouest (SBCO), a pour objet la rénovation de 400 maisons individuelles.

Dans les phases préliminaires du projet, SBCO a cherché à développer une solution d'isolation préfabriquée simple et respectant les techniques courantes afin de s'affranchir de toute obtention d'ATEX.

La solution retenue est la création de 7 dimensions de modules isolants manuportables constitués d'un cadre en bois support de l'isolant associés à des panneaux de bardage bois de dimensions correspondantes.

Les cadres isolants et les panneaux de bardage sont préfabriqués dans un entrepôt logistique puis acheminés sur le chantier par camion.



Cadres isolants (au fond) –
panneaux de bardage
(au 1^{er} plan) ©SPIE
Batignolles GO

Séquence de pose
©EMENDA

Les panneaux sont fixés sur le bâti par des équerres puis revêtus, sur le chantier, par un pare-pluie et le panneau de bardage.

La préparation hors site permet de limiter l'impact des intempéries, réduire le nombre de compagnons sur chantier, réduire la durée du chantier et réduire l'emprise du chantier.

L'emploi d'un configurateur (logiciel) permet d'optimiser, à partir d'une prise de cotes 2D, l'emploi des caissons standards et de définir les dimensions des éléments complémentaires (fileurs) à réaliser. La phase et les coûts de conception sont ainsi limités. Idéalement, ce configurateur pourrait être développé par un acteur de la filière (fédération ou syndicat) et mis à disposition des entreprises gratuitement ou moyennant une faible redevance.

3 – Les contraintes qu'imposent l'environnement urbain sur la logistique de la préfabrication poussent, là encore, à la mise en œuvre d'éléments préfabriqués de petite taille qui peuvent être transportés soit dans un véhicule utilitaire, soit sur un camion de petite dimension. Le fait que ces modules soient manuportables supprime toutes les problématiques liées au levage.

2.4.2 LE PROFIL DU MAÎTRE D'OUVRAGE

Les verrous

L'écrasante majorité (96%) des maisons individuelles sont possédées par des ménages privés. Malgré les aides de l'État et des collectivités territoriales en faveur de la rénovation énergétique, les budgets alloués aux travaux restent limités. Les maîtres d'ouvrage vont chercher à optimiser le rapport gains de performance / coût. Le critère de gain de temps reste secondaire au regard du prix. Cela laisse assez peu de place aux solutions préfabriquées intrinsèquement plus coûteuses que l'isolant sous enduit réalisé sur site.

Un chiffre, extrait de l'enquête TREMI 2020 (ONRE, 2022), est éloquent : le budget médian du geste isolation des murs est de 3900 € (le troisième quartile est aux environs de 9 000 €).

Les solutions possibles

Ne représentant que 4% du volume total des maisons individuelles, le parc social est cependant un gisement particulièrement pertinent pour les artisans souhaitant développer une offre préfabriquée. Le parc social compte environ 394 000 unités éligibles à la pose d'ITE. Comme indiqué plus haut, les disparités régionales sont très fortes. Les Hauts-de-France est la région au plus haut potentiel puisqu'elle concentre à elle seule 28% de ces logements⁽³⁵⁾.

Dans leurs campagnes de rénovation énergétiques, les bailleurs sociaux réalisent en général plusieurs gestes simultanément. Les marchés publics dissocient rarement ces gestes de rénovation. Il est donc essentiel que l'artisan menuisier / charpentier s'associe avec d'autres corps d'état, en particulier celui des plombiers / chauffagistes, pour proposer une offre susceptible de couvrir le spectre des travaux attendus.

Les Unions Sociales pour L'Habitat (représentants régionaux des bailleurs sociaux) sont fortement impliquées dans la massification de la rénovation du parc social. Il conviendra donc de leur faire connaître les offres ainsi développées.

En complément, le critère gain de temps est fortement entendable par les bailleurs sociaux car leurs rénovations se font majoritairement en site occupé. Les bailleurs pouvant être dans l'obligation d'indemniser leurs locataires si la durée du chantier dépasse 21 jours, ils peuvent être sensibles à cet argument.

35. Viennent ensuite la Normandie et la Nouvelle-Aquitaine avec 10% chacune.

2.4.3 LA DISPONIBILITÉ DES ENTREPRISES

Les verrous

1 - Comme indiqué dans le paragraphe « Estimation de l'offre », le nombre d'entreprises estimé ici comme potentiellement capables de réaliser des éléments préfabriqués serait faible (3 600 sur le territoire français). Le nombre de structures disposant des compétences nécessaires pour concevoir et poser les solutions préfabriquées serait mécaniquement plus petit que ces 3 600.

La préfabrication fait appel aux compétences cœur de métier de l'artisan mais nécessite d'avoir recours à des compétences capables de concevoir des structures et des ensembles complexes (ingénieurs, techniciens, dessinateurs...).

Le recrutement de ces profils est un obstacle très complexe pour l'artisan chef d'entreprise qui a rarement été en contact avec eux. Il faut ajouter que ces collaborateurs, souvent coûteux, ne sont « rentables » que si le volume d'affaires est suffisant.

La préfabrication impose un niveau de précision élevé et des assemblages de qualité, particulièrement pour les éléments de grandes dimensions. Même les compétences cœur doivent être renforcées à la fois par de la formation et par de l'acquisition d'expérience terrain. Les artisans ayant, à l'heure actuelle, des carnets de commande très chargés, ils sont moins enclins à mettre les moyens et dégager le temps nécessaire pour développer de nouvelles activités nettement plus complexes à la rentabilité parfois hasardeuse.

2 - En complément de l'augmentation du niveau de compétence, une entreprise qui veut se lancer dans la préfabrication doit

investir dans les moyens techniques : des outils de mesures, des machines-outils, des moyens de levage et des zones de stockage. Cela représente un frein, surtout pour les petites entreprises qui peinent à obtenir des financements, car la préfabrication est encore perçue comme risquée.

Les solutions possibles

1 – Le manque de main d'œuvre qualifiée est un problème récurrent dans le secteur de la construction. La complexité apportée par la préfabrication risque d'aggraver le problème. Cependant quelques pistes pour traiter ou contourner ce problème existent.

La formation des collaborateurs est un moyen majeur pour l'acquisition des compétences nécessaires à la mise en œuvre de processus de préfabrication. Les organismes institutionnels tels que les fédérations professionnelles, les chambres des métiers et de l'artisanat ou encore le CSTB doivent développer des modules de formations dédiés à chaque étape de la préfabrication.

Concernant les étapes de conception, pour s'affranchir du recrutement de profils concepteurs, l'artisan peut faire appel à un bureaux d'études techniques qui se chargera des relevés sur site, des calculs de structure et de la réalisation des plans d'exécution. Cette phase est mutualisable avec le besoin d'études renforcées en phase amont-programmation pour bien définir le projet au service du maître d'ouvrage.

Une autre piste consiste à ne pas se limiter à la réalisation de produits destinés à la rénovation énergétique. Le volume d'affaires de la préfabrication étant plus important dans le neuf, il peut être intéressant pour l'artisan de se positionner sur ces deux marchés simultanément.

Il est à noter que les futurs seuils de la RE2020 seront de plus en plus contraignants sur le poids carbone des constructions neuves, favorisant ainsi le bois et par effet d'entraînement la préfabrication dans le neuf. Le neuf apportera un volume et une rentabilité qui pourront servir la rénovation plus complexe et plus coûteuse. Les collaborateurs recrutés et les matériels acquis auront ainsi un niveau d'activité suffisant pour ne pas dégrader la rentabilité de l'entreprise.

2 – Pour lever le frein lié aux investissements en matériel, deux pistes peuvent être envisagées. La première consiste à se limiter à la préfabrication de petits éléments manuportables pouvant être réalisés avec l'outillage « classique » d'un artisan.

La seconde piste pourrait être la mise en place d'ateliers partagés permettant aux artisans d'un même secteur géographique d'avoir accès à des équipements et outils spécifiques et coûteux. Le monde agricole a développé un concept similaire : les Coopératives d'Utilisation de Matériel Agricole (CUMA). Au sortir de la seconde guerre mondiale, ces structures ont vu le jour avec l'essor de la mécanisation. De nombreuses petites exploitations ont pu avoir accès à des matériels performants qu'elles n'étaient en mesure d'acquérir seules.

Des initiatives de ce genre commencent à voir le jour. Les niveaux d'équipement sont encore relativement modestes mais certaines d'entre-elles disposent de machines à commande numérique.

FOCUS



Impacts financiers de la préfabrication sur les entreprises

- Amortissement des investissements de production en atelier : la mise en place des ateliers pour la préfabrication nécessite des investissements initiaux possiblement importants en machines, technologies et formations du personnel. Cela représente un frein, surtout pour les petites entreprises qui peinent à obtenir des financements, car la préfabrication est encore perçue comme risquée.
- Impact sur le flux de trésorerie :
 - Nécessité d'immobilisation et besoins en fonds de roulement importants par opposition à la rénovation traditionnelle qui ne génère aucun besoin de trésorerie anticipée
 - Nécessité de surfaces de stockage pour les matières premières et les produits finis en attente de livraison sur chantier.

2.4.4 L'ENVIRONNEMENT RÉGLEMENTAIRE ET ASSURANCIEL

Les verrous

Les éléments préfabriqués utilisés pour l'isolation thermique par l'extérieur (ITE) en rénovation représentent une solution innovante qui, pour être facilement intégrée dans le cadre assurantiel, nécessite un encadrement technique rigoureux. Pas encore référencés dans les DTU ni couverts par des Règles Professionnelles spécifiques, ces systèmes peuvent faire l'objet d'une reconnaissance formelle à travers la délivrance d'un Avis Technique (ATec) ⁽³⁶⁾ ou d'une Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEx) ⁽³⁷⁾ par le CSTB.

Ces évaluations permettent de sécuriser la solution et d'en démontrer la fiabilité sur des bases techniques solides, en s'appuyant sur des essais, des simulations et de - elles témoignent d'une véritable montée en compétence et renforce la crédibilité du professionnel.

Cependant, ce processus demande du temps – entre 7 et 18 mois selon les cas – et doit donc être anticipé en amont du déploiement. Une bonne préparation technique est donc essentielle pour en tirer pleinement parti et optimiser l'intégration de la solution dans le cadre réglementaire et assurantiel.

Les solutions possibles

1 – Lors des entretiens de la phase 1 de la présente étude, certains artisans ont indiqué avoir établi une réelle relation de confiance avec leurs assureurs. Après présentation du dossier technique et réalisation d'un premier chantier concluant, les assureurs sont disposés

à prendre le risque d'une garantie décennale.

Cette solution est la plus simple et la moins coûteuse mais est le résultat de plusieurs années de création du lien de confiance. Elle doit être privilégiée par les entreprises ayant plusieurs années d'existence et ayant démontré leur savoir-faire à leur assureur (sinistralité très faible). Cependant, cette solution relevant de la relation bilatérale entre l'artisan et son assureur permet l'expérimentation sur quelques chantiers mais, elle ne permet pas la massification d'une technique qui par essence devrait être répllicable par différents artisans sans devoir se poser la question de l'assurabilité à chaque chantier.

2 – La filière préfabrication pour la rénovation peut créer son propre référentiel technique par la rédaction d'une ou plusieurs Règles Professionnelles par exemple. Ce travail mobilisant l'ensemble de la filière (entreprises de préfabrication, BET, fournisseur de matières premières et de sous-ensembles, fédérations, syndicats, CSTB, bureaux de contrôle...) et nécessitant un consensus entre tous les intervenants est très long. De plus, il nécessite une phase d'étude de conception préalable, d'établissement de modes de preuve et de recommandations de mise en œuvre ainsi que des retours d'expérience terrain pouvant être très coûteux. Les éléments d'accompagnement préalables et les retours d'expérience produits dans RESTORE (Lots 2 et 3) peuvent initier utilement la démarche. Cette solution est le meilleur moyen pour faciliter la mise sur le marché de solutions préfabriquées pour l'isolation des parois.

36. ATec : Avis TEChnique

37. ATEX : Appréciation Technique d'EXpérimentation

2.4.5 SYNTHESE DES ACTIONS À MENER POUR DÉVELOPPER LA PRÉFABRICATION ARTISANALE

Sur la base éléments présentés précédemment, alimentés par les entretiens réalisés en phase 1 et les expériences respectives FrameWorks et Emenda, les actions ont été pondérées comme suit :

- Le critère Difficulté de mise en œuvre est noté sur une échelle de 1 (facile à mettre en œuvre) à 5 (très difficile à mettre en œuvre).
- L'Efficacité mesure l'efficacité de l'action en faveur du développement de la préfabrication pour la rénovation énergétique des maisons individuelles. Elle aussi est notée sur une échelle de 1 (peu efficace) et 5 (très efficace).

Niveau filière

Action	Difficulté de mise en œuvre	Efficacité
Inciter localement (échelle communale ou intercommunale) des propriétaires à se fédérer pour massifier la rénovation de leurs biens et ainsi créer un groupement d'achat	5	1
Créer les conditions favorables pour permettre la constitution de groupement pluridisciplinaires pour pouvoir soumissionner à des marchés publics de rénovation énergétique	2	3
Développer un configurateur pour les solutions préfabriquées à base de petits éléments manuportables	3	3
Promouvoir la préfabrication auprès des donneurs d'ordre public (bailleurs sociaux) en mettant en avant la réduction des durées de chantier	1	3
Créer des modules de formation pour chaque étape du processus de préfabrication	2	2
Développer les ateliers partagés	4	2
Communiquer auprès du grand public	1	1
Créer le corpus normatif dédié aux éléments préfabriqués pour l'isolation thermique des parois	5	5

Niveau entreprise

Action	Difficulté de mise en œuvre	Efficacité
Pour la maison individuelle, privilégier les petits éléments manuportables au détriment des grandes façades	4	2
Créer un groupement avec d'autres corps d'état pour proposer une offre pluridisciplinaire pour répondre aux marchés publics	3	3
Former le personnel de l'entreprise	2	4
Faire appel à des bureaux d'études techniques si le volume d'affaires n'est pas suffisant pour permettre le recrutement de compétences de conception au sein de l'entreprise	1	4
Développer une offre de préfabrication pour le marché neuf qui pourra assurer la pérennité de la préfabrication en rénovation (augmentation du taux d'occupation et la rentabilité de l'outil de production)	4	5
Faire valider la solution préfabriquée directement auprès de l'assureur de l'entreprise	3	5

2.4.6 CONDITIONS « IDÉALES » POUR ENGAGER UN CHANTIER DE RÉNOVATION À L'AIDE D'ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS

Condition	Pondération
Architecture simple voire très simple (façades planes sans modénature)	5
Structure existante connue (capacité à supporter l'apport de masse)	5
Validation préalable de la solution par l'assureur	5
Accessibilité des façades (absence de réseaux aériens, possibilité de manœuvre sur le terrain)	4
Regroupement de maîtres d'ouvrage et/ou maisons en bande	3
Ajout d'une extension ou d'une surélévation simultanément	3
Finition bardage	2



CONCLUSION DE L'ÉTUDE

3.1

RAPPEL DES AVANTAGES DES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES

Le recours à la préfabrication pour la rénovation de maisons individuelles présente de nombreux avantages :

- Elle permet dans une grande majorité des cas la réduction de l'impact environnemental car, plus avancée sur ce secteur, la filière s'appuie sur des solutions en structures bois et en isolant biosourcé ou recyclé.
- La préfabrication est réalisée dans un environnement protégé à l'abri des intempéries, idéal pour déployer des matériaux biosourcés avec des performances thermiques et d'étanchéité renforcées.
- Cela permet également aux artisans de réduire le temps passé en extérieur, limitant la vulnérabilité aux fortes chaleurs ou aux intempéries ainsi que les interruptions de chantiers.
- La réduction du temps passé sur le chantier au profit du temps en atelier permet aux artisans d'en se positionner sur des chantiers plus loin de la base
- Pour les ménages cela permet une réduction des nuisances sur site par rapport à des scénarios sans préfabrication.

– De plus, la préfabrication permet à la filière d'innover dans ses méthodes et dans son organisation. Des mutualisations sont possibles pour partager les équipements de production mais aussi pour regrouper les chantiers et profiter d'une mutualisation offrant des économies d'échelle. Les professionnels peuvent se positionner sur l'ensemble de la chaîne de valeur ou alors uniquement sur la préfabrication ou la pose. Cette flexibilité permet une adaptabilité à beaucoup des structures artisanales déjà implantées.

Enfin, les différentes modalités de préfabrication (grands pans de façades et modules manuportables) permettent de s'adapter à une plus grande diversité du bâti existant en évitant un certain nombre de contraintes tout en maintenant un certain nombre d'avantages de rapidité d'exécution et de fiabilité de mise en œuvre.

3 (2)

LES OBSTACLES CÔTÉ « OFFRE »

3.2.1 LES OBSTACLES LIÉS À LA DÉMOGRAPHIE DES ENTREPRISES ARTISANALES

Les solutions préfabriquées destinées à la rénovation énergétique des maisons individuelles s'appuient sur des technologies et des pratiques éprouvées, largement issues de la construction neuve. Les artisans engagés dans une démarche de production hors site maîtrisent ces savoir-faire et sont capables de proposer des solutions adaptées.

Ces solutions ont démontré leur efficacité pour garantir un haut niveau de performance thermique. Des expérimentations menées avec l'appui du CSTB ou de regroupements de bailleurs sociaux, ainsi que des retours d'expérience de professionnels du secteur, confirment leur pertinence technique. Cependant, leur adoption reste limitée, puisque seulement 5 % des entreprises artisanales en France seraient aujourd'hui en mesure de les proposer. Ce faible taux reflète les défis techniques, normatifs et économiques à surmonter pour intégrer ces pratiques dans un secteur encore largement dominé par des solutions traditionnelles.

3.2.2 LES OBSTACLES ÉCONOMIQUES

Le développement de la préfabrication dans la rénovation énergétique des maisons individuelles est notamment freiné par des contraintes économiques fortes.

Trois facteurs principaux alourdissent les coûts des solutions préfabriquées :

- Les frais d'étude préalable : chaque maison étant unique en raison des évolutions dont elle a fait l'objet au cours d'un premier cycle de vie, les éléments préfabriqués nécessitent une phase de conception sur mesure, rendant difficile toute économie d'échelle significative. Cependant cette phase peut être mutualisée avec une amélioration de la définition du projet pour le maître d'ouvrage, ce qui est nécessaire dans le secteur de la maison individuelle.

- Le surplus de matériaux : la préfabrication implique des ajustements techniques, comme l'ajout de montants, ou contreventements, augmentant les besoins en matière première.

- Les coûts logistiques : le stockage, le transport et la manutention des éléments préfabriqués génèrent des charges opérationnelles importantes.

L'investissement initial dans des moyens de production appropriés et la formation du personnel à des pratiques exigeantes et peu connues actuellement : l'amortissement de cet investissement demande d'avoir une quantité de chantier suffisante.

3.2.3 LES OBSTACLES NORMATIFS

À cela s'ajoute l'absence d'un cadre normatif adapté. Si des DTU couvrent des solutions de préfabrication dans la construction neuve, leur applicabilité peut parfois se trouver limitée face aux contraintes de la rénovation à la rénovation. En l'absence de normes spécifiques à la rénovation, les solutions préfabriquées sont peu favorisées. Les assureurs, dans ce contexte, peuvent refuser souvent de couvrir les projets ou imposer des primes élevées. Le recours aux avis techniques ou expérimentaux reste possible, mais leur coût et leur complexité dissuadent la plupart des entreprises artisanales.

Ce déséquilibre est renforcé par l'absence d'incitations réglementaires favorisant les solutions bas carbone et biosourcées dans la rénovation énergétique.

Contrairement à la construction neuve, où des réglementations comme la RE2020 imposent des seuils ambitieux de performance environnementale, la rénovation reste à ce jour dépourvue de cadres similaires. Cela empêche les systèmes préfabriqués, souvent plus coûteux mais favorisant l'emploi de matériaux biosourcés, de rivaliser efficacement sur le plan économique.

3.2.4 DES SOLUTIONS CONCURRENTIELLES TRÈS COMPÉTITIVES

En parallèle, les solutions traditionnelles, comme les isolants sous enduit à base de polystyrène expansé (PSE), offrent un avantage compétitif indéniable grâce à leur faible coût, leur large disponibilité, et leur simplicité de mise en œuvre. Ces solutions dominent actuellement le marché, rendant difficile l'émergence de systèmes préfabriqués pourtant plus performants sur le plan environnemental.

Ainsi, sans incitations fortes et sans ajustement du cadre normatif, la préfabrication pour la rénovation énergétique des maisons individuelles continue de faire face à une forte concurrence des solutions traditionnelles et à des freins structurels qui limitent son déploiement.

3 (3)

LES OBSTACLES CÔTÉ « DEMANDE »

3.3.1 UN MARCHÉ AU POTENTIEL CONSÉQUENT MAIS SOUS-EXPLOITÉ

Le marché des maisons individuelles en France offre un potentiel significatif pour le déploiement des solutions préfabriquées. Sur les 19 millions de maisons individuelles recensées, environ un quart sont considérées comme adaptées à l'utilisation d'éléments préfabriqués, notamment des petits modules manuportables. Cela représente un volume conséquent de projets potentiels. Toutefois, ce marché reste largement sous-exploité, notamment en raison du faible nombre d'entreprises capables de proposer ces solutions.

On estime qu'il y a actuellement un artisan pour 2 000 maisons pouvant être rénovées thermiquement grâce à des éléments préfabriqués. Cette proportion met en lumière un déséquilibre important entre la demande potentielle et l'offre disponible, limitant ainsi le développement de cette approche dans le secteur de la rénovation énergétique. Pour les artisans souhaitant s'engager dans cette voie, ce marché représente une opportunité considérable, mais qui nécessite des compétences spécifiques et une organisation adaptée pour être exploitée pleinement.

3.3.2 UNE DEMANDE FREINÉE PAR LES CONTRAINTES DES MÉNAGES

Le marché de la rénovation énergétique des maisons individuelles repose en grande partie sur la demande des particuliers, qui se heurte à plusieurs limitations. Les budgets que les ménages peuvent consacrer aux travaux d'isolation sont souvent restreints, ce qui favorise les solutions les moins coûteuses, comme les isolants traditionnels. Bien que la préfabrication offre l'avantage notable de réduire la durée des chantiers, cet aspect est rarement prioritaire pour les particuliers, qui privilégiennent généralement le coût à performance thermique équivalente.

De plus, si la préfabrication permet de diminuer la durée de la phase de chantier, permettant de réduire les nuisances lors de chantier en site occupé, la durée totale du projet, incluant les études et la préparation, est souvent plus longue. Cette différence, combinée au surcoût des solutions préfabriquées, réduit leur attractivité auprès des ménages.

Enfin, l'absence d'incitations financières ou réglementaires spécifiques pour les solutions préfabriquées limite leur adoption. Dans un contexte économique déjà tendu, les particuliers sont peu enclins à choisir des options perçues comme plus complexes et onéreuses, même si elles apportent des avantages à long terme en termes de qualité et de durabilité des travaux.

3 4

LES LEVIERS POUR STRUCTURER ET DÉVELOPPER LA FILIÈRE

3.4.1 DES OPPORTUNITÉS CIBLÉES DANS DES CONTEXTES SPÉCIFIQUES

Malgré les nombreux freins, les solutions préfabriquées pour la rénovation énergétique trouvent des opportunités prometteuses dans certains contextes bien définis.

Les bailleurs sociaux représentent un levier important pour le développement de ces solutions. Confrontés à l'obligation de traiter les passoires énergétiques de leur parc, ils se regroupent souvent pour entreprendre des opérations de massification de la rénovation énergétique. Dans ce cadre, la préfabrication offre des avantages significatifs, notamment :

- La réduction du temps de chantier, essentielle pour limiter les nuisances dans les logements occupés. Cette réduction est particulièrement précieuse compte tenu des contraintes de délais, les bailleurs sociaux cherchant souvent à réaliser les travaux en site occupé en moins de 21 jours pour éviter des pénalités.
- L'accès à des subventions, permettant de compenser les surcoûts initiaux des solutions préfabriquées et d'améliorer la qualité des travaux.

Cependant, ces opérations restent économiquement fragiles et fortement dépendantes des aides publiques, limitant leur reproductibilité à grande échelle.

D'autres contextes techniques et architecturaux se prêtent également à la préfabrication :

- Les maisons avec des façades simples et planes, sans modénatrices complexes.

– Les bâtiments sans contraintes logistiques majeures, facilement accessibles pour le transport et le levage des éléments préfabriqués.

– Les projets combinant rénovation et extension ou surélévation, qui offrent des conditions favorables à l'adoption de solutions préfabriquées en termes de viabilité technique et économique.

Enfin, la préfabrication peut devenir avantageuse dans des regroupements de chantiers situés dans une même zone géographique. Par exemple, des maîtres d'ouvrage privés possédant des biens aux caractéristiques similaires (comme dans un lotissement) pourraient mutualiser leurs efforts pour entreprendre des travaux de rénovation. Cela dit, la variabilité des bâtiments, même au sein de lotissements standards, complique la standardisation des éléments préfabriqués (standardisation que les solutions manuportables essaient de maintenir au maximum malgré une adaptation sur mesure).

En résumé, bien que la préfabrication ne soit pas encore adaptée à l'ensemble du parc des maisons individuelles, elle offre des opportunités ciblées dans des secteurs spécifiques, en particulier sur le gisement estimé dans la partie 2.2 de cette étude où jusqu'à 6 millions de maisons semblent être propices à accueillir ce type de solution, mais également auprès des bailleurs sociaux où les contraintes de délais sont particulièrement fortes. Un développement stratégique et concerté dans ces contextes pourrait ouvrir la voie à un usage plus large des solutions préfabriquées.

3.4.2 DES ACTIONS STRUCTURANTES À METTRE EN PLACE

Pour permettre à la préfabrication de se développer dans le secteur de la rénovation énergétique des maisons individuelles, plusieurs actions structurantes doivent être mises en œuvre :

1. Évolution du cadre normatif et réglementaire

La filière nécessite des normes spécifiques adaptées à la rénovation. Ces normes offriraient un cadre de référence clair pour les entreprises artisanales et faciliteraient l'acceptation des solutions préfabriquées par les assureurs. En parallèle, des incitations réglementaires favorisant les solutions bas carbone et biosourcées, comparables à celles instaurées par la RE2020 pour la construction neuve, seraient essentielles pour encourager l'adoption de ces systèmes permettant des rénovations d'ampleur à faible impact carbone.

2. Réduction des coûts et mutualisation des ressources

L'un des principaux freins au développement de la préfabrication reste son coût élevé. Des innovations techniques et organisationnelles doivent être mises en place pour réduire ces coûts, comme la standardisation partielle des composants, le regroupement de chantiers dans des zones géographiques proches, ou encore le développement de coopérations entre artisans pour partager les équipements et les ressources nécessaires à la préfabrication.

La préfabrication permet aussi de repenser le positionnement de chacun des acteurs. En effet, il est possible pour des entreprises de se positionner soit sur l'ensemble de la chaîne de valeur, soit uniquement sur la préfabrication soit uniquement sur la pose. Ainsi, il peut y avoir de la mutualisation d'effort et d'organisation suivant les différents modèles.

3. Renforcement de la formation et de la sensibilisation

Il est indispensable de former les artisans aux techniques de préfabrication et de les sensibiliser aux avantages économiques, sociaux et environnementaux qu'elles peuvent offrir. En parallèle, les architectes, bureaux d'études, et maîtres d'ouvrage doivent être informés des potentialités de ces solutions pour mieux les intégrer dans leurs projets.

4. Promotion auprès du grand public

La demande des particuliers étant un moteur clé pour le marché de la rénovation, il est crucial de valoriser les atouts des solutions préfabriquées auprès des ménages, notamment en termes de qualité, de durabilité, et de réduction des nuisances sur chantier. Une communication ciblée pourrait contribuer à lever les réticences liées aux coûts initiaux.

5. Affiner et consolider l'évaluation du gisement et sa géolocalisation

La filière et les pouvoirs publics ont besoin de mieux savoir où se situent sur l'ensemble du territoire les maisons propices à être rénovées via une solution préfabriquée. Des outils développés aujourd'hui comme la Base de Données Nationale des Bâtiments (BDNB) peuvent nous aider à repérer les zones de gisements forts et ainsi avoir une stratégie territoriale et locale ciblée. Voir sur gorenove.fr le module de reconnaissance de typologie développé dans le projet RESTORE.

6. Crédit de structures de soutien à la filière

Des syndicats et fédérations professionnelles pourraient jouer un rôle central dans la structuration de la filière. Ils pourraient non seulement porter les évolutions normatives, mais aussi développer des outils et des plateformes collaboratives pour accompagner les artisans et faciliter leur transition vers la préfabrication.

3 (5) CONCLUSION

Les avantages habituellement conférés à la préfabrication sont ici remis en question par les spécificités du secteur de la rénovation des maisons individuelles. Ce secteur se distingue par des petits chantiers souvent non répétables, un faible volume de panneaux par projet, une part logistique significative dans les coûts et les délais, une prédominance de petites entreprises, des contraintes budgétaires élevées, et des pratiques traditionnelles fortement ancrées.

Dans ce contexte, l'équilibre entre avantages et inconvénients de la préfabrication est profondément modifié, remettant en cause son applicabilité généralisée. Cette approche ne constitue pas une solution universelle, mais elle révèle son potentiel dans des situations bien précises.

L'étude a permis d'identifier des contextes propices à l'utilisation des systèmes d'enveloppe préfabriqués, tels que ceux décrits au § 4.6 « Conditions idéales pour engager un chantier de rénovation à l'aide d'éléments préfabriqués ». Ces contextes incluent notamment les configurations architecturales simples, les projets combinant rénovation et extension, ainsi que les interventions auprès des bailleurs sociaux. Dans ces cas spécifiques mais qui peuvent représenter jusqu'à des millions de maisons d'après les estimations, la préfabrication peut jouer un rôle clé en réduisant les délais de chantier et en améliorant la qualité des travaux.

Elle offre ainsi des réponses adaptées à des besoins précis. Cependant, ces bénéfices ne peuvent être pleinement atteints qu'à condition de maîtriser les coûts et de surmonter les contraintes logistiques associées.

La préfabrication appliquée à la rénovation énergétique des maisons individuelles présente un potentiel significatif (voir « Estimation du gisement » détaillé au §2.3.3). Elle présente des avantages structurants pour les propriétaires comme pour les professionnels : des nuisances sur chantier réduite à une période très courte, une mise en œuvre maîtrisée, une préfabrication sans perturbation météorologique, une facilitation des projets de surélévation ou d'extension, une opportunité de mutualiser les moyens entre professionnels ou les actions pour plusieurs chantiers.

Cependant, elle reste confrontée à des défis majeurs, qu'ils soient techniques, économiques ou réglementaires. Si les savoir-faire et solutions techniques existent, leur adoption est freinée par des coûts élevés (une façade préfabriquée avec bardage est quasiment deux fois plus chère qu'une solution PSE réalisée sur site – cf analyse économique des solutions réalisée en phase 1), des normes encore peu adaptées et une forte concurrence des solutions traditionnelles.

L'absence d'un cadre incitatif, comme la RE2020 pour le neuf, et le nombre limité d'artisans formés constituent également un frein au déploiement de solutions bas carbone et biosourcées.

Pour permettre le développement de cette filière, des actions concertées sont nécessaires. Il s'agit notamment :

- d'adapter les normes pour mieux encadrer cette pratique,
- de réduire les coûts par des innovations techniques et organisationnelles,
- de renforcer la formation des artisans et de sensibiliser les maîtres d'ouvrage,
- et de promouvoir ces solutions auprès des ménages.

En mobilisant ces leviers, la préfabrication artisanale pourrait surmonter ses obstacles actuels et devenir une solution durable et compétitive. Elle serait ainsi en mesure de contribuer efficacement à la rénovation du parc bâti existant, répondant aux enjeux énergétiques et environnementaux tout en jouant un rôle clé dans la transition vers des habitats plus performants et respectueux de l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

- Delivering on construction productivity is no longer optional –
Rapport Mc Kinsey – Aout 2024
- AQC - Rapport « Observatoire de la Qualité de la Construction -
Édition 2024 »
- Rapports ADEME, ANAH, FNAIM, Rapports sectoriels privés et études
de marché (ex. Effy, Hellio)
- Extrait du rapport McKinsey – The Next Normal in Construction – 2020
- CSTB. (2023). Programme RESTORE Lot1 - Typologie et
problématiques de la rénovation énergétique de la maison
individuelle - Dossier 1 et 2.
- INSEE. (2021). Statistiques locales - France par département.
- Ministère de la Transition Ecologique - SDES. (2023).
Répertoire des logements locatifs des bailleurs sociaux.
- Observatoire du BTP. (2020). Répartition des établissements
par localisation. Récupéré sur Observatoire des métiers du BTP :
<https://dataviz.metiers-btp.fr/etablissements/localisation>
- ONRE. (2022). La rénovation énergétique des maisons individuelles -
Résultats de l'enquête TREMI 2020.
- URH Hauts-de-France. (2021, Juin 23). Communiqué de presse.
Récupéré sur Union Régionale pour l'Habitat - Les HLM en
Hauts-de-France : <https://www.unionhabitat-hautsdefrance.org/2021/06/energiesprong-7-bailleurs-jouent-le-collectif-pour-structurer-la-filiere-en-hauts-de-france/#:~:text=Avec%20100%20000%20logements%20sociaux%20potentiellement%20adapt%C3%A9s%20%C3%A0%20la>
- VALRANGES, D. (2020). EnergieSprong : l'USH des Pays de la Loire
initie le premier projet régional. Actualités Habitat.
- VEIA. (2023). Enquête nationale de la construction bois.

ANNEXES



A1.1 FILIÈRE PRÉFABRICATION BÉTON

Marchés principaux

Tous

Neuf/Rénovation

Majoritairement neuf et réhabilitation lourdes

Typologies d'acteurs

- Préfabricants d'éléments 1D /2D : poutres/poteaux/prédalles/DAP/prémurs...
- Préfabricants d'éléments volumétriques : escaliers/gaines/balcons...

Chiffres clés de la filière de la préfabrication béton en France

- 461 entreprises pour 696 sites de production répartis sur le territoire
- 3,3 milliards d'euros de chiffre d'affaires annuel
- 63,3% du CA à destination du bâtiment et 36,7% pour les travaux publics et le génie civil
- 22 millions de tonnes de produits en béton préfabriqués
- 19 200 emplois directs
- La consommation de ciment pour les produits préfabriqués en béton est estimée à 2 680 milliers de tonnes, soit 14% de la consommation totale de ciment en France

Organisation de la filière

La filière de la préfabrication béton en France est très mature et structurée autour de différents modèles économiques et organisationnels :

- **Production industrielle à grande échelle :** ce modèle concerne les grandes entreprises qui produisent des éléments préfabriqués standardisés en grande quantité. Elles bénéficient d'économies d'échelle et peuvent fournir des produits à des prix compétitifs pour des projets de construction importants.

– **Fabrication sur-mesure pour projets spécifiques :** certaines entreprises, notamment des PME, se spécialisent dans la production d'éléments préfabriqués sur-mesure pour répondre à des besoins spécifiques de projets architecturaux ou d'ingénierie complexes.

– **Intégration verticale :** quelques acteurs du secteur de la construction intègrent la préfabrication béton à leur chaîne de valeur, produisant eux-mêmes les éléments préfabriqués pour leurs propres projets. Cela leur permet de mieux contrôler les coûts et les délais.

– **Préfabrication locale et de proximité :** cette filière est particulièrement représentée par les PME et PMI qui constituent 96% du secteur. Ces entreprises sont ancrées territorialement créant ainsi un réseau d'emplois non délocalisables.

L'évolution de la filière de la préfabrication béton en France reflète les changements économiques, technologiques et sociaux. De l'artisanat local des années 1950 à l'industrialisation et à l'intégration numérique des dernières décennies, la filière s'est continuellement adaptée pour répondre aux besoins croissants et variés du marché de la construction. Aujourd'hui, elle se concentre sur la réduction de son impact environnemental pour s'adapter aux nouveaux enjeux.

La filière de la préfabrication béton en France est dominée par des PME indépendantes, regroupées au sein de la Fédération des Industriels du Béton (FIB). La FIB, en tant qu'organisation professionnelle principale du secteur, apporte un soutien important aux PME notamment en organisant des campagnes d'information et en mettant à disposition des ressources documentaires pour aider les entreprises à se développer et à promouvoir leurs produits.

1. <https://www.batiweb.com/actualites/vie-des-societes/que-du-bon-dans-la-prefabrication-beton-44195>

Caractéristiques génériques

des produits/systèmes

- Niveau d'industrialisation : élevé
- Capacité d'adaptation/flexibilité : variable. Les études et les produits sont généralement réalisés sur mesure (modèle PME avec forte adaptabilité) même s'il existe des gammes de produits standards notamment pour le marché de la maison et chez les leaders qui produisent des éléments standardisés en grande quantité.

- Maturité technologique : marché très mature, bénéficiant de décennies de retour d'expérience et d'amélioration continue, avec une fédération représentative (FIB) et efficace pour défendre les intérêts de la filière.
- Maturité normative : très mature, notamment grâce à l'ancienneté et au travail de la FIB.

EXEMPLES D'ENTREPRISES LEADERS DU SECTEUR

RECTOR

Année de création : 1953
Chiffre d'affaires : ≈ 200 M€
Effectif : ≈ 1 000 employés

Produits

- Poutrelles en béton précontraint et armé
- Prédalles, dalles de plancher (précontraintes et alvéolaires)
- Murs à coffrage intégré
- Solutions de planchers isolants

Marchés

- Résidentiel (maisons individuelles et logements collectifs)
- Non-résidentiel (bureaux, commerces)
- Infrastructures (ponts, tunnels)

FEHR

Année de création : 1956
Chiffre d'affaires : ≈ 150 M€
Effectif : ≈ 800 employés

Produits

- Murs en béton (prémurs, murs sandwichs)
- Planchers (dalles alvéolaires, prédalles)
- Escaliers préfabriqués
- Solutions de construction modulaires

Marchés

- Résidentiel (maisons individuelles et logements collectifs)
- Non-résidentiel (bureaux, commerces, bâtiments publics)
- Infrastructures (structures de ponts et ouvrages d'art)

KP1

Année de création : 1959
Chiffre d'affaires : ≈ 300 M€
Effectif : ≈ 1 700 employés

Produits

- Planchers (dalles alvéolaires, prédalles, poutrelles)
- Murs préfabriqués (prémurs, murs sandwichs)
- Solutions de fondations (pieux, longines)
- Systèmes constructifs intégrés (isolants, thermiques)

Marchés

- Résidentiel (maisons individuelles et logements collectifs)
- Non-résidentiel (bureaux, commerces, bâtiments industriels)
- Infrastructures (ponts, tunnels, structures industrielles)

Enjeux

Adaptation de la filière aux nouveaux enjeux environnementaux, intégration de ciments bas carbone aux propriétés modifiant les chaînes industrielles établies. Malgré ce contexte difficile, la FIB souhaite promouvoir davantage la préfabrication béton, jugée plus vertueuse sur le plan environnemental et économique ainsi que sur la sécurité des chantiers. Une campagne de communication « Préfabrication béton, le Bon calcul » a ainsi été lancée par la FIB pour valoriser ce mode constructif.

Analyse croisée marchés neufs et rénovation

Le segment de marché des produits préfabriqués béton concerne quasi exclusivement des composants liés à la structure. Or, à l'exception des cas de réhabilitation lourde, les opérations de rénovation énergétique ne nécessitent pas d'évolution structurelle, ces composants sont donc totalement absents du marché de la rénovation énergétique.

A1.2 FILIÈRE PRÉFABRICATION « MODULAIRE 3D »

Aperçu de la filière de préfabrication modulaire : pour cartographier le plus justement la filière de préfabrication modulaire, nous avons fait le choix de regrouper les acteurs en 3 familles en fonction des différents matériaux de structure utilisés :

- modules à structure métallique ;
- modules à structure bois ;
- modules à structure béton.

A1.2.1 Filière « Modules 3D à structures métalliques »

Marchés principaux

Constructions neuves ou temporaires en vente ou location (moyenne du secteur : 60% vente/40% location) avec un gros focus sur les marchés tertiaire, scolaire, équipements publics, et bases vie de chantier.

Neuf/Rénovation

Neuf et temporaire/pas de rénovation

Chiffres clés filière

(données ACIM – Études Asterès 2022)

- Chiffre d'affaires total : 1,013 Md€
- Répartition du chiffre d'affaires :
location : 56% ; vente : 44%
- M2 vendus : 359 118
- Effectifs : 4 980 employés

Organisation de la filière et typologies d'acteurs

Filière mature avec des industriels bien établis souvent depuis de nombreuses années (plusieurs décennies pour certains), les leaders du marché dépassent les 300 M€ CA annuel, possèdent de nombreuses implantations sur tout le territoire et des effectifs de plusieurs centaines, voire milliers de personnes.

Le marché est composé de :

- **Grands groupes nationaux et internationaux** : il y a environ 10 à 15 grands acteurs qui dominent le marché, dont certains sont internationaux et d'autres nationaux.
- **PME Régionales et spécialisées** : il existe une multitude de petites et moyennes entreprises (PME) qui opèrent à l'échelle régionale ou se spécialisent dans des niches spécifiques du marché des bâtiments modulaires. Leur nombre est estimé à plusieurs dizaines.
- **Fabricants de modules spécialisés** : certains acteurs se spécialisent dans des types spécifiques de modules, comme les modules sanitaires, les espaces de bureaux temporaires, ou les installations scolaires.

On peut estimer leur nombre à une vingtaine.

Ces acteurs sont majoritairement regroupés au sein de l'ACIM, leur syndicat professionnel (Acteurs de la Construction Industrialisée et Modulaire). A l'inverse des marchés de constructions permanentes, ces acteurs interviennent majoritairement dans une logique de «fournisseur de service».

À noter qu'il existe également des acteurs du modulaire à ossatures métalliques qui adressent le marché du résidentiel, mais ce segment de marché est relativement nouveau pour eux (ex : AVELIS/ou B3 ECODESIGN (filiale d'IFFAGE qui utilise des containers recyclés).

EXEMPLES D'ACTEURS LEADERS DU SECTEUR

COUGNAUD

Année de création : 1972
Chiffre d'affaires : 300 M€
Effectif : ≈ 1 500 employés
Présence sur le marché : Europe

ALGECO

Année de création : 1955
Chiffre d'affaires : 900 M€
Effectif : 2 500 employés
Présence sur le marché : mondial

GROUPE GSCM, SOLFAB

Année de création : 1976
Chiffre d'affaires : ≈ 120 M€
Effectif : 400 employés
Présence sur le marché : France, avec quelques opérations en Europe

Caractéristiques génériques des produits/systèmes

- Niveau d'industrialisation : très avancé. Systèmes fermés peu interopérables avec d'autres systèmes modulaires. Fabrication à la chaîne possiblement indépendante de la prise de commande.
- Capacité d'adaptation/flexibilité : produits catalogues une relativement faible capacité de modification.
- Niveau de gamme : produits temporaires entrée de gamme et produits définitifs toutes gammes.

- Maturité technologique : avancée
 - Système ayant généralement fait l'objet de RetD/brevets avec des décennies d'amélioration continue même si le produit final reste relativement basique au niveau technologique.
- Maturité normative : élevée, grâce à l'historique d'une filière bien établie et bien représentée.

Analyse croisée marchés neufs et rénovation « Filière préfabrication modulaire 3D métal »

Les systèmes constructifs modulaires à ossatures métalliques étant majoritairement présents sur le marché du neuf et de la location, ces solutions ne sont pas transposables dans le cas de marchés de rénovation énergétique. Ces solutions peuvent néanmoins être des solutions complémentaires pertinentes dans le cas d'extension ou de surélévation, mais dans ce cas, nous privilierons les solutions modulaires bois qui sont bien plus orientées vers le marché résidentiel.

de ces acteurs et formater de la donnée manquante sur la filière et ses perspectives. L'ACIM se positionne également comme un possible relai/syndicat professionnel pour ce segment de marché encore non représenté en tant que tel. Ci-dessous des chiffres estimés :

- nombre de sites de production sur le territoire : environ 50 unités de production ;
- production annuelle : 8 000 modules/an ;
- capacité de production (1:8) : ~ 20 000 modules/an ;
- saturation de l'outil de production : environ 40%.

Structuration de la filière

La filière du modulaire 3D bois est majoritairement représentée par 4 types d'acteurs :

- Les nouvelles entreprises spécialisées en modulaire 3D (mode start-up)
 - Acteur(s) représentatif(s) : Vestack
- Les entreprises rattachées à des groupes (de construction ou de promotion immobilière)
 - Acteur(s) représentatif(s) : Ossabois, Mayers, WBI
- Les constructeurs de maisons individuelles ayant développé leurs propres systèmes constructifs
 - Acteur(s) représentatif(s) : Ademeure
- Les menuisiers/charpentiers qui ont évolués vers la préfabrication (qui réalisent majoritairement des éléments 2D mais fabriquent également des modules 3D)
 - Acteur(s) représentatif(s) : Dassé, Pyrénées Charpente
- Les acteurs de la « pièce en plus »/ Tiny House (qui réalisent majoritairement des modules 3D bois dans le cas d'extensions de MI ou d'espaces isolés type « Tiny House »)
 - Acteur(s) représentatif(s) : Woodvolum, Greenkub

A1.2.2 Filière « Modules 3D à structures bois »

Marchés principaux

Résidentiel

- Maisons individuelles
- Logements collectifs (en bonne partie porté par la dynamique des acteurs du logement social --> Foyers jeunes travailleurs/Résidences sociales/Habitat d'urgences et opérations de logements déplaçables sur des fonciers temporaires)
- Résidences étudiantes, séniors
- Hôtellerie
- Petites extensions individuelles (souvent indépendantes)
- Habitat léger de loisirs (HLL)

Non Résidentiel

- Bureaux
- Bâtiments publics (majoritairement écoles, crèches et bâtiments administratifs, et plus ponctuellement : hôpitaux)

Neuf/Rénovation

95% en neuf/5% en rénovation⁽²⁾/Solutions également très pertinentes dans le cadre d'opérations d'extension et de surélévation.

Chiffres clés filière

La filière « modulaire bois » est jeune et encore en pleine maturation. À ce stade, il n'existe pas de chiffres fiables sur ce segment de marché. L'association « Filière Hors site France » a été créée début 2024 pour justement accélérer la structuration

2. Rénovations avec modules 3D dans le cadre d'opérations de « boîtes dans la boîte » - Par exemple : projet de réhabilitation de l'internat du lycée La Prat's à Cluny (71).

Caractéristiques génériques des produits/systèmes « Modulaires 3D Bois »

- Niveau d'industrialisation : très variable mais généralement faible à modéré en partie dû à un marché en pleine maturation dont la demande reste très hétérogène et pas encore suffisamment structurée pour entrer dans une phase d'industrialisation plus avancée.
- Capacité d'adaptation/flexibilité : modérée et variable en fonction des modèles d'entreprises. Même si les acteurs souhaiteraient limiter la variabilité de leurs modules au minimum, les clients et la chaîne de valeur n'étant pas encore mature, ils sont contraints d'accepter encore un niveau important de variabilité et de « sur mesure » pour obtenir des marchés.
- Maturité normative : faible à moyenne. La construction modulaire rentre peu dans le champ réglementaire de la construction bois (DTU) et soulève de nombreuses interrogations sur les phases de transports, manutention et stockage. Plusieurs initiatives sont en cours, comme pour la filière acier, pour pallier ce manque, notamment une commission de normalisation (AFNOR) et un travail du CSTB via le QB53 (entre autres).
- Maturité technologique : variable en fonction des acteurs et des systèmes mis en œuvre. Généralement bien maîtrisé jusqu'en 2eme famille d'habitation, et beaucoup plus complexe au-delà, notamment à cause des contraintes incendie.

Analyse croisée marchés neufs et rénovation « Filière préfabrication modulaire 3D bois »

- Solutions modulaires non adaptées pour la rénovation énergétique, mais les solutions modulaires bois peuvent s'avérer être d'excellents outils dans le cas d'extension ou de surélévation. Elles peuvent également être pertinentes en cas de division parcellaire (densification) au profit du financement des travaux de rénovation énergétique du bâtiment principal.
- Avec une partie des acteurs du marché qui gravitent déjà dans le marché de la maison individuelle, ces solutions semblent pouvoir être facilement déployables auprès de propriétaires particuliers.

A1.2.3 Filière « Modules 3D à structure béton »

Marchés principaux

Logement individuels et collectifs

Neuf/Rénovation

Neuf exclusivement

Structuration de la filière et typologies d'acteurs représentatifs

- Il n'existe pas de filière à proprement parler. Ces systèmes constructifs restent marginaux et seuls quelques acteurs en France développent ces produits.
- À noter que ces acteurs sont généralement jeunes (moins de 5 ans d'ancienneté pour la plupart)
- Acteur(s) représentatif(s) : Muance, CubikHome

**Caractéristiques génériques
des produits/systèmes « Modulaires
3D béton »**

- Niveau d'industrialisation : moyen à élevé mais le poids des éléments nécessite naturellement des moyens de levage et de manutention importants.
- Capacité d'adaptation/flexibilité : faible
 - Les moules sont un poste de dépense important limitant la variabilité du système.
- Maturité normative : /
- Maturité technologique : faible et hétérogène - Système utilisant possiblement des bétons spéciaux sous brevets ou ayant fait l'objet de RetD interne.

**Analyse croisée marchés neufs
et rénovation « Filière préfabrication
modulaire béton »**

- Même logique que pour les modules à ossatures bois. Pas adapté en rénovation énergétique sauf en cas d'extension. Le poids des modules béton les rend difficilement compatibles avec des projets de surélévation.

→ **Synthèse filière préfabrication MODULAIRE 3D**

Principaux marchés	Tertiaire/scolaire/équipements publics/bases vie
Neuf/rénovation/autre	Neuf et temporaire - Pas de rénovation
Maturité filière	Très mature
Ancienneté moyenne des entreprises	Plusieurs décennies
CA et implantations des leaders	> 300M€/Multiples sites de production/activités en Europe et à l'international
Composition filière	<ul style="list-style-type: none"> Grands groupes nationaux/internationaux (10 à 15 acteurs) Multitudes de PME régionales (x 50/100) Fabricants spécialisés (modules spécifiques) : (x20)
Notes	<ul style="list-style-type: none"> Toutes les entreprises n'ont pas un centre de production ; Nouveaux acteurs qui s'orientent vers le résidentiel (AVELIS/Module M/B2 EcoDesign...)
Syndicat/organisation professionnelle	ACIM
Niveau industrialisation	++
Capacité d'adaptation/flexibilité	--
Maturité technologique	++
Maturité normative	++/variable (notamment RE2020)
Enjeux	Réemploi modules/Développement du neuf/RE2020
Pertinence Rénovation	-- (possible en extension/surélévation...)

Résidentiel (MI/collectif), résidentiel géré, hôtellerie Non résidentiel : Bureaux et bâtiments publics (écoles, crèches, administratifs, santé)	Résidentiel individuel et collectif
Neuf (95%)/Rénovation (5%) --> notamment très pertinent en extension/surélévation	Neuf exclusivement
Faible	Inexistante
5 à 10 ans	Moins de 5 ans
Leader = ~ 30 M€ et les suivantes ~ 10/15M€ Les leaders ont 1 à 2 sites de production en moyenne et opèrent en France uniquement	Il n'existe pas de filière à proprement parler. Ces systèmes constructifs restent marginaux et seuls quelques acteurs en France développent ces produits.
<ul style="list-style-type: none"> Les nouvelles entreprises spécialisées en modulaire 3D (mode start-up) Les entreprises rattachées à des groupes (de construction ou de promotion immobilière) Les constructeurs de maisons individuelles ayant développé leurs propres systèmes constructifs Les menuisiers/charpentiers qui ont évolué vers la préfabrication Les acteurs de la « pièce en plus » et de la « tiny house » 	Environ 5 entreprises sur le territoire, entre phase de RetD et développement commercial
<ul style="list-style-type: none"> Pas d'interopérabilité entre les systèmes modulaires systèmes constructifs « propriétaires » pour certains 	
Filière Hors site France (mars 2024)/(ACIM)	/
-	+
+	-
+ (2 ^e famille)/- (> 3 ^e famille habitation) - Notamment incendie	-/variable en fonction des systèmes (RetD/brevets)
-	/
Réglementaires et assurantiels + structuration filière	Impact carbone de solutions béton
-- (mais très pertinent en extension*/surélévation) * Acteurs majoritairement issus du monde l'artisanat et de la MI	--

A1.3 FILIÈRE PRÉFABRICATION « COMPOSANTS VOLUMÉ-TRIQUES NON STRUCTURELS » ET « SYSTÈMES TECHNIQUES »

Marchés principaux

Variable en fonction des systèmes constructifs. Les pods de salles de bains sont majoritairement utilisés dans le résidentiel géré, résidentiel social entrée de gamme, l'hôtellerie, et l'hospitalier. La préfabrication de systèmes techniques simples (pieuves élec, hydro) est présente sur quasiment tous les segments de marchés.

Neuf/Rénovation

Neuf principalement et certains systèmes constructifs se développent sur le marché de la rénovation comme le pod PCVC multifonctions.

Chiffres clés filière

N/A

Structuration de la filière

Il n'y a pas encore à proprement parler de filière. Mais trois familles d'acteurs se distinguent :

- **Les fabricants de pods de salles de bains et cuisines**
 - Environ 5 entreprises en France ;
 - Ces entreprises conçoivent des pods standards sur catalogue, ou répondent à des demandes sur mesure en fonction de leur modèle technico-économique (ou les deux...).
- **Les préfabricants de systèmes CET (pieuves hydro, élec, kits PCVC...).**
 - Ils préfabriquent des « sous-systèmes » sur mesure qui sont ensuite intégrés dans des systèmes constructifs de plus grandes dimensions (prédalles, murs à ossatures bois) ou directement sur chantier.
- **Les fabricants de « gros » systèmes CET préfabriqués (sous stations, gaines techniques, pods PCVC multifonctions, modules techniques...).**

- Ces fabricants ont généralement une approche « produit » ayant fait l'objet d'un ciblage marché précis et d'une phase de RetD possiblement importante. À la différence de la famille précédente, ces systèmes sont généralement « autoportant » (à savoir possèdent une ossature (chassis) qui permet de les déplacer/lever). Ils sont ensuite intégrés directement dans des bâtiments sur chantier comme un composant ;
- On y retrouve des nouveaux acteurs spécialisés et également des acteurs historiques du secteur, notamment certains industriels PCVC, qui ont développés des offres « préfabriquées » (ou des offres de « kitting ») ;

Caractéristiques génériques des produits/systèmes préfabriqués « Pods et Techniques »

- **Niveau d'industrialisation** : variable en fonction des produits. Les pods ou les « gros » systèmes CET préfabriqués nécessitent une organisation industrielle possiblement conséquente, même si la capacité d'adaptation reste essentielle et que le niveau d'industrialisation moyen reste faible à modéré.
- **Capacité d'adaptation/flexibilité** : Important, avec un mix entre culture du sur mesure (préfabrication à la demande sur plans) vs une approche « produit » sur des systèmes plus complexes (avec peu de flexibilité).
- **Maturité normative** : variable. Exemple pour les salles de bains préfabriquées : certains industriels font le choix de techniques traditionnelles et d'autres font le choix de techniques non courantes (sdb résine polyester par exemple) et sont alors soumis à Avis Technique.
- **Maturité technologique** : variable : bien maîtrisé pour les systèmes simples et plus faible pour les nouveaux produits complexes (pods multifonctions par exemple).

Analyse croisée marchés neufs et rénovation « Filière préfabrication Pods et systèmes Techniques »

Ces solutions sont généralement peu adaptées à la rénovation, surtout les systèmes préfabriqués de taille importante dont les contraintes d'accès/levage complexifient largement la possibilité de mise en œuvre en rénovation.

Il faut cependant distinguer deux familles dont le potentiel en rénovation semble intéressant :

– les systèmes de préfabrication CET « basiques » comme les pieuvres élec/ hydro et approches kitting peuvent s'avérer des outils très intéressant pour

massifier et accélérer les travaux CET dans le cas de rénovation tout en garantissant un haut niveau de qualité ;
– certains nouveaux produits comme les « pods PCVC multifonctions » ciblent spécifiquement le marché de la rénovation (ex. : Synerpod) avec des systèmes autonomes qui se raccordent directement en extérieur sur un bâtiment existant (MI ou collectif).

A2.1 LES ACTEURS DE LA PRÉFABRICATION BÉTON

Voir focus sur la filière préfabrication béton en § A1.1 en annexe 1.

Ces entreprises, expertes de l'enveloppe, possèdent toutes un bureau d'étude interne et se positionnent sur des marchés de travaux en fourniture et pose, possiblement en prenant des marchés de clos et couvert complet sur des projets de taille importante.

A2.2 LES ACTEURS DE LA FAÇADE LÉGÈRE

Marchés principaux

Bureaux, Equipements publics, scolaires.

Neuf/Rénovation

Entreprises industrielles matures et de taille moyenne à importante, ayant souvent plusieurs décennies d'ancienneté, proposant des solutions d'enveloppe complète et performante. Ces solutions sont généralement complexes et ont quasi systématiquement fait l'objet de RetD.

Caractéristiques génériques des produits/systèmes

- Niveau d'industrialisation : élevé, usines fortement outillées
- Capacité d'adaptation/flexibilité : faible à modéré - Variabilité limitée dans le cadre autorisé par le produit
- Maturité technologique : élevé, filière mature avec des décennies d'amélioration continue et de RetD
- Maturité normative : élevé grâce à l'ancienneté et la structuration de la filière.

ACTEURS REPRÉSENTATIFS

ENTREPRISE GOYER

Expertise et histoire

- Crée en 1931, Goyer est spécialisée dans les façades en aluminium depuis 1970
- Depuis 1998, l'entreprise industrialise la conception et la fabrication de blocs façades
- Rachetée par le groupe Eiffage en 2005

Capacités de production

- Usine principale à Fougères (41) sur 100 000 m² de terrain
- Usine secondaire en Pologne (société DEFOR) depuis 2011
- En 2023 : fabrication de 23 000 blocs de façade et 300 000 m² de façade

Processus de fabrication

- Conception, fabrication et pose de façades en aluminium

- Approche industrielle du «sur-mesure»
- Fabrication de blocs façades préfabriqués pour 8 à 10 projets simultanément

Innovations récentes

- Développement de solutions de façade mixte Bois-Alu pour réduire l'empreinte carbone
- Nouveau concept de façade éco-innovante présenté à l'Élysée en 2023 (bilan carbone réduit de 40%, performances thermiques améliorées de 40%)

Projet phare actuel

- Tour The Link à La Défense : 98 000 m² de façade, 17 700 blocs de façade différents
- 40 % de la capacité de production de l'usine de Fougères mobilisée pour ce projet

- Fabrication de blocs photovoltaïques triangulaires (90 par semaine)

Chiffres clés

- 750 employés en 2023
- Chiffre d'affaires de 150 M€ en 2023
- 4000 projets réalisés depuis sa création

Goyer se positionne comme un acteur majeur dans la fabrication de façades préfabriquées en France, alliant expertise historique, capacités de production importantes et innovation constante pour répondre aux enjeux actuels de la construction.

Analyse croisée marchés neufs et rénovation systèmes 2D « Façades légères »

Les entreprises de façades légères sont déjà présentes sur le marché de la rénovation, mais peu sur le segment résidentiel tant leurs solutions (fortement vitrées) sont majoritairement adaptées au marché tertiaire/équipements publics.

ACTEURS REPRÉSENTATIFS

ENTREPRISE ALLOUIS (FACE IN TEC)

ALLOUIS Face In Tec® est une entreprise spécialisée dans le développement sur mesure de façades modulaires préfabriquées en menuiserie aluminium et autres matériaux. Créeée en 1989, c'est une entreprise familiale reconnue pour son expertise dans la construction et la rénovation de l'enveloppe des bâtiments à forte signature architecturale.

Spécialité

Fabrication de façades finies en usine, avec des blocs pouvant atteindre 9 mètres de largeur.

Procédé Face In Tec

Système breveté de façade modulaire préfabriquée permettant de mixer différents matériaux (bois, métal, béton, composite) avec des

remplissages variés (photovoltaïque, matériaux recyclés, végétaux).

Avantages du procédé

Adaptabilité à tout type de projet architectural / Étanchéité intégrée / Fabrication sur-mesure / Optimisation des performances thermiques et de l'empreinte carbone

Chiffres clés :

- Effectifs : Environ 50 salariés
- En 3 ans, entre 2019 et 2022, le CA de la société est passé de 9 à 15 M€
- Les façades représentent désormais 60 % du chiffre d'affaires d'Allouis Face InTec.
- Cette forte croissance a coïncidé avec l'emménagement de l'entreprise dans de nouveaux locaux plus grands à Meximieux en août 2022 (700 m² de bureaux et 6000 m² d'ateliers).

Marchés

Construction neuve et réhabilitation de façades pour divers types de bâtiments.

Innovation

Fort accent sur la RetD, notamment pour l'intégration du bois dans l'habitat.

Avantages client

Solutions plus intelligentes (modulaires), plus rapides (construction en usine), plus responsables (optimisation des matériaux, réduction des déchets) et de haute qualité.

ALLOUIS Face In Tec se positionne comme un acteur innovant dans le domaine des façades modulaires préfabriquées, offrant des solutions sur-mesure et performantes pour répondre aux exigences architecturales et environnementales actuelles.

A2.3 LES ACTEURS DES PANNEAUX SANDWICH

A l'inverse des façadiers, ces entreprises assument leur position d'industriel pur et se positionnent comme fournisseurs de solutions d'enveloppe pour des entreprises générales ou entreprises de façades. Leurs systèmes ont fait l'objet d'une RetD avancée et sont souvent sous avis techniques ou autres certifications permettant de garantir leur déploiement sur des segments de marchés ciblés.

Marchés principaux

Bureaux, Equipements publics, scolaires, bâtiments industriels

Neuf/Rénovation

Neuf et Rénovation

Caractéristiques génériques des produits/systèmes

- Niveau d'industrialisation : très élevé
- Capacité d'adaptation / flexibilité : faible
- Maturité technologique : Élevée
- Maturité réglementaire : Élevée. De plus, ces acteurs industriels ont une culture de la RetD / capacité à faire certifier leurs produits via des procédures spécifiques (notamment ATEC) qui facilite la mise sur le marché et le déploiement de leurs solutions.

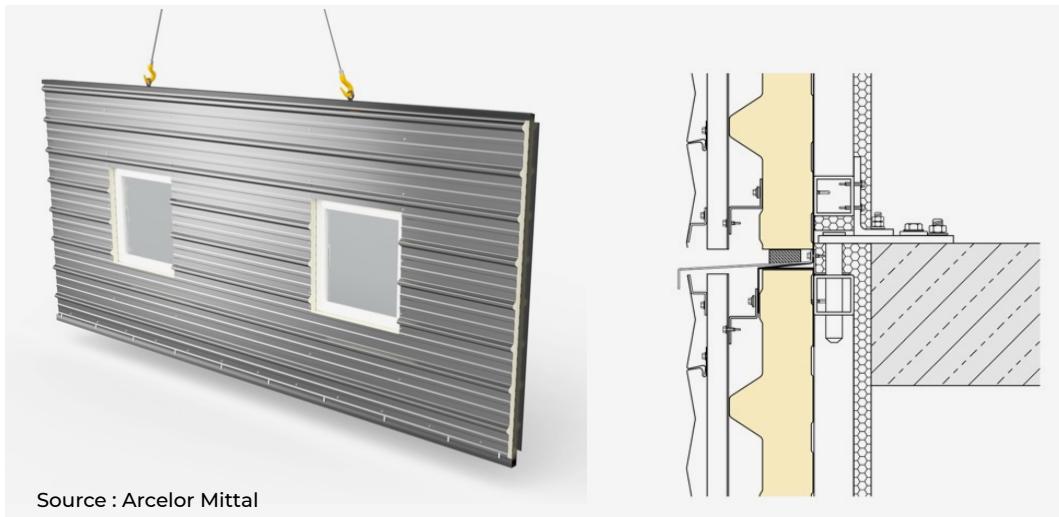
> **Il est malheureusement impossible de ressortir des chiffres clés de ces produits spécifiques tant ces offres sont noyées dans ces groupes de taille très importante.**

ACTEUR REPRÉSENTATIF

ARCELOR MITTAL – NOTAMMENT VIA SON SYSTÈME « D2B »

- Chiffre d'affaires : 68,3 milliards de dollars (2023)
- Production : 58,1 MT d'acier et 42,0 MT de minerai de fer. (2023)
- Présence mondiale : 60 pays
- Employés : environ 157 000 personnes dans le monde entier

→ **Exemple de produit : « Système D2B »**



D2B (Designed to Build) est un système de façade préfabriquée développé par ArcelorMittal Construction. Il s'agit d'un concept de mur rideau étanche à partir de panneaux sandwichs :

- **structure** : ossature porteuse en acier galvanisé.
- **Isolation** : panneaux sandwich isolants haute performance en mousse PIR certifiée Acermi.
- **Étanchéité** : membranes d'étanchéité intégrées.
- **Finitions** : large gamme de revêtements architecturaux.

Le système D2B d'ArcelorMittal se positionne comme une solution innovante et performante pour la réalisation de façades préfabriquées, offrant à la fois efficacité énergétique, rapidité de mise en œuvre et flexibilité architecturale.

Analyse croisée marchés neufs et rénovation systèmes 2D « Panneaux Sandwichs » :

- Solutions possiblement adaptées à la rénovation énergétique même si ces solutions ne sont intéressantes que dans le cas de volumes assez importants, donc majoritairement sur des bâtiments tertiaires, scolaires ou habitat collectif. Par ailleurs, l'impact carbone de ces solutions à ossatures métalliques, et avec bardage souvent métallique, doit être creusé.
- L'organisation de ces acteurs semble difficilement compatible avec le niveau de variabilité et les micro volumes propres au marché de la rénovation de maisons individuelles.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	05	
MÉTHODOLOGIE	06	
1	ÉTAT DES LIEUX DE LA PRÉFABRICATION ET ZOOM SUR LA RENOVATION DES MAISONS INDIVIDUELLES	08
1.1 PANORAMA DE LA FILIÈRE PRÉFABRICATION ET STRUCTURATION NEUF VERSUS RÉNOVATION	09	
1.1.1 Filière préfabrication «éléments 2D»	11	
↳ 1.1.1.1 Filière préfabrication éléments 2D à structures bois	12	
↳ 1.1.1.2 Les acteurs des structures métalliques légères (LGS)	21	
1.1.2 Synthèse des analyses croisées des filières de préfabrication avec le marché de la rénovation	28	
1.2 CARACTÉRISTIQUES DES SYSTÈMES CONSTRUCTIFS PRÉFABRIQUÉS UTILISÉS POUR L'ISOLATION	30	
1.2.1 Caractérisation des systèmes constructifs	32	
1.2.2 Exemples de systèmes constructifs types	33	
↳ 1.2.2.1 MOB/FOB finition basique conforme DTU	33	
↳ 1.2.2.2 MOB/FOB finition avancée conforme DTU	35	
↳ 1.2.2.3 Système sous ATEC/ATEX	37	
↳ 1.2.2.4 Système manuportable	39	
↳ 1.2.2.5 Système structure métallique légère	41	
↳ 1.2.2.6 Système « Kitting »	43	
1.2.3 Adaptabilité des systèmes constructifs types	45	
1.3 ANALYSE TECHNICO-ÉCONOMIQUE DE LA SOLUTION TRADITIONNELLE ET DE LA SOLUTION PRÉFABRIQUÉE	46	
1.3.1 ITE sous enduit	46	
1.3.2 ITE sous bardage bois à claire voie	48	
1.3.3 ITE partiellement préfabriquée – isolant sous bardage bois à claire voie	49	
1.3.4 Façade préfabriquée hors site	51	
1.3.5 Étude de cas coûts n°1 : pavillon 4 faces	54	
1.3.6 Étude de cas coûts n°2 : maisons en bande	58	
1.3.7 Synthèse des études de cas	62	
↳ 1.3.7.1 Délais d'intervention	62	
↳ 1.3.7.2 Coûts	65	

TABLE DES MATIÈRES

2	ANALYSE DES MUTATIONS EN COURS/ PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT DE LA PRÉFABRICATION	67
2.1 ANALYSE DU CONTEXTE, DES MUTATIONS ET DES PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT DE LA PRÉFABRICATION		70
2.1.1 Analyse du contexte actuel de la construction en France		70
2.1.2 Principaux impacts de la construction hors site sur la chaîne de valeur et l'organisation des acteurs		75
2.1.3 Synthèse des principaux freins au développement de la préfabrication		76
2.1.4 Construction hors site : les limites du transfert du marché du neuf vers le marché de la rénovation		78
2.1.5 Analyse détaillée des avantages et limites de la préfabrication appliquée à la rénovation de maisons individuelles		82
2.1.6 Analyse de la pertinence des différents systèmes constructifs préfabriqués en rénovation de maisons individuelles		88
2.1.7 Synthèse « Mutations et perspectives de la préfabrication »		93
2.2 ESTIMATION DU GISEMENT		95
2.2.1 Estimation du volume de MI éligible à une ITE par catégorie PROFEEL RESTORE		95
↳ 2.2.1.1 Maisons urbaines et suburbaines datant d'avant 1945		96
↳ 2.2.1.2 Maisons urbaines ou suburbaines entre 1945 et 1989		98
↳ 2.2.1.3 Maisons rurales ou en site de villégiature		99
↳ 2.2.1.4 Maisons urbaines et suburbaines d'après 1990		101
↳ 2.2.1.5 Synthèse		101
2.2.2 Estimation du volume global		102
↳ 2.2.2.1 Le parc dans son ensemble		102
↳ 2.2.2.2 Le parc locatif social		103
2.2.3 Estimation du volume par solution technique		105
↳ 2.2.3.1 Estimation du volume pour les éléments manuportables		106
↳ 2.2.3.2 Estimation du volume pour les grands éléments de façade		109
2.2.4 Synthèse de l'estimation du gisement		112
2.3 ESTIMATION DE L'OFFRE		113
2.3.1 Pratiques traditionnelles d'ITE		113
2.3.2 Estimation du volume brut des entreprises pouvant être concernées		114
2.3.3 Estimation du volume des artisans pouvant être concernés		115

TABLE DES MATIÈRES

2.3.4 Estimation du volume d'industriels pouvant être concernés	116
2.3.5 Estimation du volume de constructeurs de maisons pouvant être concernés	116
2.3.6 Synthèse	117
2.4 CONDITIONS DE DÉPLOIEMENT DES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES DE FAÇON ARTISANALE DEDIÉES AU MARCHÉ DE LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DE MI	119
2.4.1 Le produit maison individuelle	119
2.4.2 Le profil du maître d'ouvrage	123
2.4.3 La disponibilité des entreprises	124
2.4.4 L'environnement réglementaire et assuranciel	126
2.4.5 Synthèse des actions à mener pour développer la préfabrication artisanale	127
2.4.6 Conditions « idéales » pour engager un chantier de rénovation à l'aide d'éléments préfabriqués	128
3 CONCLUSION DE L'ÉTUDE	129
3.1 RAPPEL DES AVANTAGES DES SOLUTIONS PRÉFABRIQUÉES	130
3.2 LES OBSTACLES CÔTÉ « OFFRE »	131
3.2.1 Les obstacles liés à la démographie des entreprises artisanales	131
3.2.2 Les obstacles économiques	131
3.2.3 Les obstacles normatifs	132
3.2.4 Des solutions concurrentielles très compétitives	132
3.3 LES OBSTACLES CÔTÉ « DEMANDE »	133
3.3.1 Un marché au potentiel conséquent mais sous-exploité	133
3.3.2 Une demande freinée par les contraintes des ménages	133
3.4 LES LEVIERS POUR STRUCTURER ET DÉVELOPPER LA FILIÈRE	134
3.4.1 Des opportunités ciblées dans des contextes spécifiques	134
3.4.2 Des actions structurantes à mettre en place	135
3.5 CONCLUSION	136

TABLE DES MATIÈRES

BIBLIOGRAPHIE	138
ANNEXES	139
A1.1 FILIÈRES PRÉFABRICATION BÉTON, MODULAIRE 3D, ET SYSTÈMES TECHNIQUES	140
A1.2 FILIÈRE PRÉFABRICATION «MODULAIRE 3D»	142
A1.2.1 Filière « Modules 3D à structures métalliques »	142
A1.2.2 Filière « Modules 3D à structures bois »	144
A1.2.3 Filière « Modules 3D à structure béton »	145
A1.3 FILIÈRE PRÉFABRICATION «COMPOSANTS VOLUMÉTRIQUES NON STRUCTURELS» ET «SYSTÈMES TECHNIQUES»	149
A2.1 LES ACTEURS DE LA PRÉFABRICATION BÉTON	151
A2.2 LES ACTEURS	151
A2.3 LES ACTEURS DES PANNEAUX SANDWICH DE LA FAÇADE LÉGÈRE	153

Issu du programme PROFEEL, le projet RESTORE présente des solutions innovantes de rénovations, qui seront hébergées sur la plateforme Pro'Reno

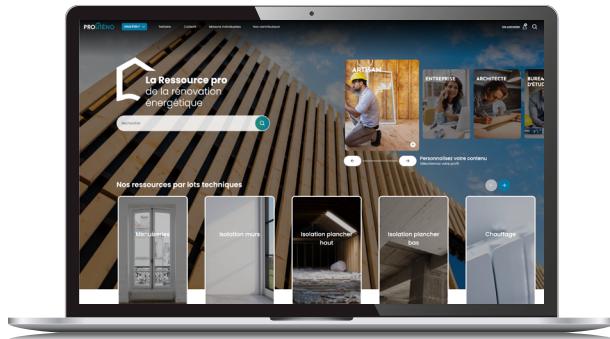


PROFEEL Des outils et solutions innovants au service de la rénovation

Le programme PROFEEL, ce sont 8 projets compris entre 2022 et 2025 (dont le projet RESTORE) pour faciliter et fiabiliser la rénovation énergétique des bâtiments existants.

Autant de défis qui symbolisent l'engagement de notre filière, celle du bâtiment, à répondre aux enjeux de la transition énergétique. Les 3 points importants sont la bonne connaissance du parc, la fiabilisation et la massification de la réhabilitation performante et enfin l'accompagnement des solutions innovantes dans l'acte de réhabiliter. Ce programme est financé dans le cadre du dispositif des CEE.

Pour en savoir plus
<https://programmeprofeel.fr/>



PRO'RENO La ressource professionnelle de la rénovation énergétique

Pro'Reno est une plateforme pour accéder aux ressources PROFEEL, et notamment à l'ensemble des documents produits dans le cadre de RESTORE.

Pour en savoir plus
<https://www.proreno.fr/>



Pour toute demande d'information sur le projet
restore@cstb.fr

PARTENAIRES PROFEEL

Pouvoirs publics	Porteurs	Financeurs
------------------	----------	------------



DGEC
DHUP



Filière bâtiment

