# PROJET « REUSE-BOIS »

# FCBA / FPI

# Economie circulaire, création d'une gamme de systèmes constructifs démontables en bois et à base de matériaux biosourcés,

# CONVENTION DHUP 2018

## Rapport final
## Août 2020


| Demandeur de l'étude : | Rédacteurs : |
|---|---|
| Farid BOU-CHERIFI,<br>remplacé par Magali MULOT<br>Cheffe de projet bois construction et biodiversité<br>Ministère de la transition écologique<br>**DGALN - DHUP**<br>**Sous-Direction QC2**<br>La Grande Arche<br>92055 PARIS LA DEFENSE CEDEX | Jean-Luc Kouyoumji,<br>Ingénieur de Recherche Energie et Acoustique du bâtiment<br>**FCBA,** Pôle Industries Bois Construction<br>Tél. 05 56 43 63 74<br>Mail : jean-luc.kouyoumji@fcba.fr<br><br>Zaratiana Mandrara,<br>Ingénieur de Recherche Thermique et Energie du Bâtiment<br>**FCBA,** Pôle Industries Bois Construction<br>Tél. 05 56 43 64 75<br>Mail : zaratiana.mandrara@fcba.fr |

# REUSE-BOIS

## Table des matières


**1. INTRODUCTION ..... 4**
**1.1. Objectif du projet REUSE ..... 4**
**1.2. Contextes règlementaire et normatif ..... 4**
**1.3. Définition du réemploi ..... 5**
**2. DIAGNOSTIC DU PRODUIT DANS L'OUVRAGE EXISTANT ..... 5**
**2.1 Construction à ossature Bois ..... 6**
**2.1.1 Principe ..... 6**
**2.1.2 Règlementation ..... 6**
**2.2 Déconstruction d'une construction à ossature Bois ..... 6**
**2.2.1 Diagnostic relatif au produit ..... 7**
**2.2.2 Description technique du produit avant la dépose ..... 7**
**2.2.3 Enregistrement des pathologies. ..... 8**
**2.2.4 Analyse structurelle ..... 9**
Quantité disponible en réemploi ..... 11
2.3.1 Accès au gisement (démolition / abattage sélectif / déconstruction) ..... 11
**2.3 Diagnostic relatif au domaine d'emploi initial : exemple d'une charpente industrielles ..... 12**
**2.3.1 Usage et localisation du produit sur/dans l'ouvrage existant ..... 12**
**2.3.2 Localisation géographique du bâtiment ..... 12**
**2.3.3 Typologie de l'ouvrage initial au sens de la règlementation incendie ..... 14**
**2.3.4 Conditions d'exposition ..... 14**
Les classes d'emploi sont définies selon les différentes ambiances afin de prévoir la tenue du bois dans le temps : ..... 14
**2.3.5 Déconstruction De charpente d'une toiture ..... 14**
Description technique du produit pendant la vie en œuvre avant dépose ..... 15
**2.3.5.1 Evaluation des sollicitations mécaniques ..... 15**
**2.3.5.2 DEPOSE D'une toiture ..... 16**
**2.3.5.2.1 La Couverture ..... 16**
**2.3.5.3 Transport / Lieu du stockage ..... 17**
**2.3.5.4 Préparation de la ressource ..... 18**
**2.3.6 Déconstruction d'un mur à ossature bois ..... 19**
2.3.2 Accès au gisement (démolition / abattage sélectif / déconstruction) ..... 22
**3.1 Dépose d'un MOB préfabriqué ..... 22**
**3.2 Transport / Lieu du stockage ..... 23**
**3.3 Préparation de la ressource ..... 23**
**3. WORKSHOP ORGANISE LE 15 MAI 2019, À L'UNIVERSITE LAVAL A QUEBEC ..... 24**
**3.1 Programme du 14 Mai 2019, visites d'entreprises ..... 24**
**3.1.1 Art Massif ..... 25**
**3.1.2 Maisons Laprise ..... 26**
**3.1.3 TechnoPieux, ..... 27**
**3.2 Jour 2 : Workshop à l'Université Laval ..... 27**
**3.3 Session de créativité en groupe de travail : ..... 32**
**3.3.1 Restitution des rapporteurs : ..... 32**
**3.4 Conclusion sur le workshop : ..... 34**
**ANNEXE A : GLOSSAIRE ..... 36**
**ANNEXE B : CHRONOLOGIE D'UN DIAGNOSTIC REEMPLOI ..... 41**

**ANNEXE C : NORMES, REGLES DE l'ART et MARQUE DE QUALITE ...**Erreur ! Signet non défini.
**ANNEXE E : PERFORMANCES RESIDUELLES ET MODES DE PREUVES ..... 44**
**ANNEXE F : LOGIGRAMMES ..... 62**
**ANNEXE G : FICHE REEMPLOI ..... 66**

# 1. INTRODUCTION

## 1.1. OBJECTIF DU PROJET REUSE

L'objectif de ce document est de mettre au point une solution constructive bois qui limite la production de déchets grâce à une anticipation du réemploi en amont. Pour cela, dès la conception, le projet envisage une approche systématique de démontabilité des systèmes constructifs bois.

Afin d'alimenter cette réflexion, le projet se base sur l'analyse du réemploi des systèmes actuels afin de les faire évoluer vers la facilitation du réemploi.

La première partie du travail consiste à proposer une méthodologie de dépose et de récupération des matériaux pour une possibilité de réemploi. Pour cela, il faut commencer par le diagnostic des ressources sur un bâtiment existant, ensuite l'estimation des performances résiduelles et enfin la mise en œuvre de la déconstruction pour une perspective d'un nouvel usage identique et un domaine d'emploi identique à l'emploi initial ou potentiellement différent présentant de moindres contraintes.

La deuxième partie du travail consiste à l'amélioration de la conception pour lever les freins détectés dans la déconstruction des ouvrages bois actuels. Pour cela, nous allons commencer par lister et décrire les freins au réemploi, puis proposer des solutions techniquement justifiables pour arriver à fiabiliser les ouvrages réalisés par le réemploi. Ces réflexions seront complétées par un Hackathon organisé pour rassembler plusieurs acteurs de la construction et de l'innovation pour évoluer la construction vers la démontabilité et réemployabilité des systèmes.

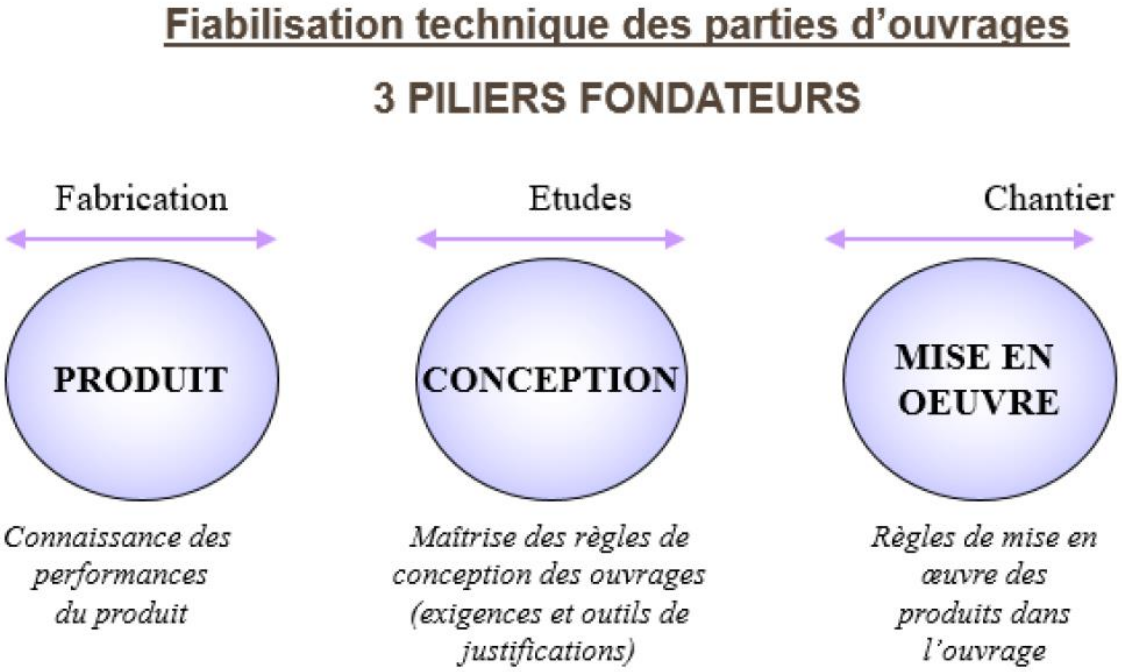
## 1.2. CONTEXTES REGLEMENTAIRE ET NORMATIF

La fiabilisation d'une partie d'ouvrage repose sur 3 piliers fondateurs :

• Au niveau du ou des Produits de constitution : Identification des performances techniques, maîtrise de la qualité et reproductibilité de la fabrication. On entend par produit : des matériaux, des composants, voire des systèmes, suivant les cas.

• Concernant sa Conception : Identification des exigences de performances liées aux ouvrages (solidité vent, neige, sismique…, acoustique, thermiques, environnementales, sécurité incendie…) et maîtrise d'outils de justification s'y rapportant (Eurocodes…)

• Pour sa réalisation : maîtrise de la Mise en oeuvre des produits dans l'ouvrage




Ces piliers fondateurs sont constitués de référentiels techniques qui auront, le plus souvent, soit un « statut normatif », soit un « statut réglementaire ».

En général, une règlementation fixe des exigences, et une norme constitue un outil de justification vis-à-vis de ces exigences règlementaires. Une règlementation est d'application obligatoire, son non-respect conduisant directement à des sanctions pénales, ce qui n'est pas le cas d'une norme.

Aujourd'hui, Il y a un besoin important de fiabilisation technique des parties d'ouvrages Bois pour le réemploi parce qu'il n'existe ni normes ni exigences règlementaires pour les secondes vies des ouvrages bois. En effet, l'allongement de la durée de vie de produits/procédés/équipements peut passer par l'intégration de ce produit dans un ouvrage à la suite d'une première vie en œuvre. On parle alors de réemploi ou de réutilisation. La distinction entre réemploi et réutilisation a été définie dans le cadre du projet ECOCIRC de la Fondation Bâtiment Energie, que nous allons emprunter dans ce rapport.

### 1.3. DEFINITION DU REEMPLOI

Les types de configurations suivants peuvent être distingués pour le nouvel usage :

- Le Réemploi :
  Un usage et un domaine d'emploi strictement identiques à l'usage et au domaine d'emploi initial;
  Un usage identique mais un domaine d'emploi différent par rapport au domaine d'emploi initial, c'est-à-dire que les performances essentielles à justifier sont différentes de celles du domaine d'emploi initial. 2 cas de figures existent dans cette configuration :
  - Les performances essentielles attendues pour le nouvel usage sont moindres. C'est par exemple le cas pour une cloison séparative acoustique utilisée en cloison séparative standard;
  - Les performances essentielles attendues pour le nouvel usage sont plus importantes (cas non visé dans ce document)

- La Réutilisation :
  Un usage « différencié » de l'usage initial, par exemple le cas d'une utilisation de revêtements de façade en pavage de sol. Il ne s'agit alors pas de réemploi.

## 2. DIAGNOSTIC DU PRODUIT DANS L'OUVRAGE EXISTANT

## 2.1 CONSTRUCTION A OSSATURE BOIS

Ce système constructif est le plus utilisé dans le monde, notamment aux Etats-Unis, au Canada, dans les pays scandinaves, au Japon ou encore en France. Elle est généralement destinée aux maisons individuelles et aux petits bâtiments commerciaux et industriels.

### 2.1.1 PRINCIPE

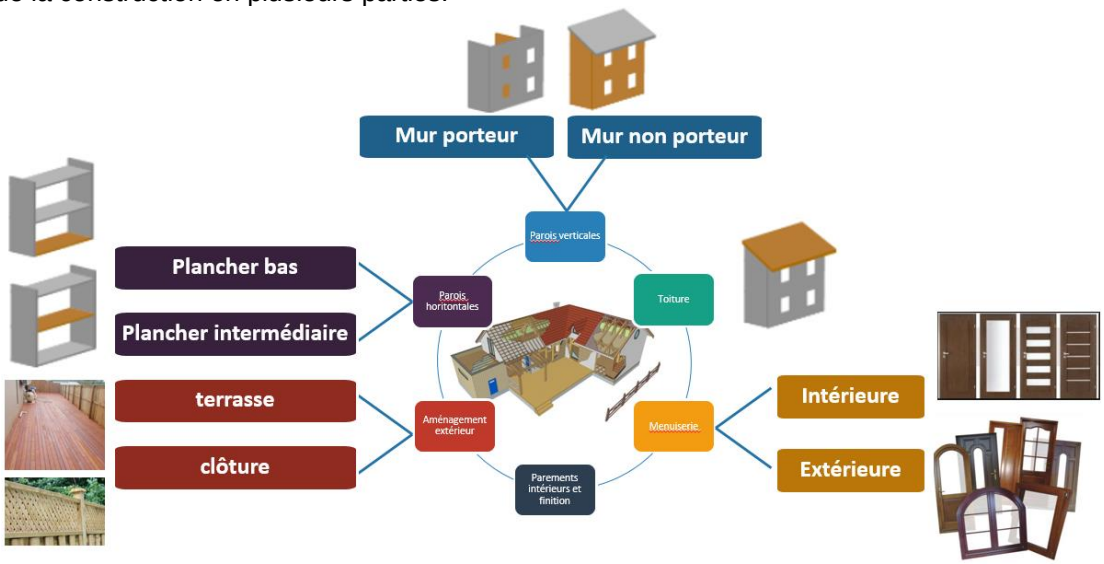
Les montants de l'ossature déterminent la hauteur de l'étage. Ils sont espacés de 40 à 60 cm et sont fixés sur des lisses basses et hautes par clouage. Les pièces de bois ont une section minimale de 100x36 mm². Les niveaux sont autonomes : le rez-de-chaussée peut être monté sur une dalle en béton ou en bois qui sert de plate-forme pour monter le niveau suivant.
La lisse haute supporte les solives du plancher de l'étage supérieur. Le plancher monté peut ensuite recevoir l'ossature du deuxième niveau. Le dernier niveau reçoit la charpente (dans la majorité des cas industrialisée).
La stabilité, appelée contreventement, de l'ensemble de la structure est assurée par des panneaux fixés par clouage aux cadres en bois.
La structure est ensuite recouverte et équipée de divers éléments pour assurer l'étanchéité et l'isolation thermique et acoustique de la paroi.

### 2.1.2 REGLEMENTATION

Le NF DTU 31.2 couvre notamment tous les ouvrages de construction à ossature bois porteurs de type parois verticales quel que soit le niveau de préfabrication. A noter que les modules tridimensionnels à ossature bois sont également couverts par le NF DTU 31.2. Ces éléments de parois ont un vide entre montants inférieur ou égal à 60 cm, et sont stabilisés par un panneau de contreventement sur au moins une des faces. Le NF DTU 31.2 couvre un grand nombre de fonctions de la paroi: stabilité, étanchéité, transfert hygrothermique, isolation, ...Il couvre toutes les fonctions associées du nu extérieur du pare-pluie au nu intérieur du pare-vapeur. Le NF DTU31.2 couvre ce type d'ouvrage jusqu'à une hauteur de 28 m. Cette hauteur nécessite le choix d'un revêtement extérieur également évalué pour cette hauteur sur support bois. NF DTU31.2couvre également la mise en œuvre de l'isolation et des systèmes d'étanchéité à l'eau, à l'air et à la vapeur d'eau. [Catalogue Bois Construction]

## 2.2 DECONSTRUCTION D'UNE CONSTRUCTION A OSSATURE BOIS

Le réemploi des parties d'ouvrages dans une construction à ossature bois implique la décomposition de la construction en plusieurs parties.




Il est donc très important de bien connaitre la composition du bâtiment avant d'évaluer ses ressources. Pour cela l'opérateur de diagnostic devrait disposer d'un maximum d'informations sur le bâtiment :

Dossier d'ouvrages exécutés (plans d'architecture, plans d'exécution, plan d'implatation des murs, ordre de montage, plan d'implantation des lisses basses…).

### 2.2.1 DIAGNOSTIC RELATIF AU PRODUIT

Dans le diagnostic relatif à chaque catégorie de produits, il s'agit de compiler toutes les informations disponibles par partie d'ouvrage, puis par matériau. Le diagnostic doit être réalisé sur produit in situ exclusivement sinon, il est impossible de connaître la mise en œuvre réalisée.

Les parties d'ouvrage dans une construction à ossature Bois :

- Parois horizontales
- Parois verticales
- Aménagement extérieur
- Parements intérieurs et finition
- Menuiseries
- Toiture

Pour ces parties d'ouvrage, il est nécessaire d'effectuer un inventaire des matériaux composants, leur quantité et leur état de dégradation éventuel.

Dans la Compagnie Française des Experts Construction ou CFEC il existe un groupe d'experts CRAC (Convention de Règlement de l'Assurance Construction) qui, eux sont accrédités par les assurances. Dans le cadre d'un diagnostic du réemploi des structures Bois, on peut faire appel à ces experts CRAC pour produire un certificat indiquant que le produit peut être considéré comme réassurable (assurance décennale bâtiment et Génie civile : RCD possible) et de ce fait, il n'y aurait plus d'obstacle au réemploi.

### 2.2.2 DESCRIPTION TECHNIQUE DU PRODUIT AVANT LA DEPOSE

Toutes les études d'état et les méthodes de diagnostic utilisées pour l'évaluation des structures bois doivent être semi-destructives ou non destructives, de sorte qu'aucune partie de la structure ne doive être retirée pour des essais de laboratoire, sauf pour les petits échantillons utilisés pour l'identification des propriétés physiques et mécaniques, des essences de bois et des agents biologiques. Dans tous les cas, l'échantillonnage doit être conforme à l'EN 16085 et ne doit pas modifier les propriétés mécaniques des éléments ou avoir un impact sur les autres propriétés (par exemple : historiques ou esthétiques) de la structure en bois.

**Historique des performances :**
Une analyse structurelle déterminera si la structure est, au moment considéré, adéquate pour supporter les charges qui lui sont appliquées et qu'elle continuera à l'être après dépose des éléments de charpentes industrielles Bois.
Avant ce travail, il faut s'assurer qu'aucun évènement dans l'historique des ouvrages ne permette d'occuper leurs fonctions initiales :

- Il existe une éventuelle modification des charges (par exemple : en raison d'une modification de l'utilisation de la structure, d'un changement de destination ou de charges climatiques…)
- Les éléments en bois ont subi des altérations d'origine biologique ou des défauts d'origine mécanique.
- Il y a eu des dommages mécaniques, des défaillances ou une déformation excessive indiquant une surcharge des éléments en bois dans le passé, que les matériaux utilisés sont de mauvaise qualité ou que la conception initiale et/ou la qualité d'exécution sont médiocres.
- La structure a subi au cours de sa vie des modifications d'état ou des interventions qui ont entraîné une réduction de sa capacité structurelle ou des modifications du schéma structurel d'origine.
- Les éléments en bois ont subi des dommages, par exemple en raison d'un incendie

- Une évolution de la règlementation ou des règles de l'art qui rendraient les matériaux inutilisables pour l'emploi visé par le présent document.

Afin de s'assurer que la structure est capable de résister aux conditions climatiques extrêmes ou aux séismes.

Il convient que l'évaluation préliminaire comprenne a minima les éléments suivants :

- Récupération de l'éventuelle documentation historique afin de dater la structure et d'identifier la séquence des modifications apportées (phases historiques) ;
- Description écrite de la structure ainsi qu'une documentation photographique ;
- Étude de la structure et représentation graphique de ses caractéristiques géométriques et constructives sous la forme de schémas (axonométriques) en 2D et 3D, plans côtés et à l'échelle ;
- Modes de fixation des éléments d'ancrages
- Identification des essences utilisées pour la structure (éléments porteurs et non porteurs)

Dans un premier temps, cela peut être réalisé par le biais d'une rapide évaluation visuelle, en classant au minimum les éléments en bois au sein d'un groupe clairement identifié d'essences, ne serait-ce que pour différencier les résineux et les feuillus. Note : les structures utilisent parfois un mélange d'essences, quelquefois parce qu'il existe une différence dans les essences utilisées pour les éléments principaux et secondaires.

- Détermination de la teneur en humidité du bois. Dans un premier temps, les mesures ne sont prises qu'au niveau d'emplacements spécifiques de la structure, où les conditions locales suggèrent la présence d'une teneur en humidité plus élevée. Cependant, les mesures doivent également être prises à d'autres emplacements afin de déterminer la teneur en humidité d'équilibre générale du bois au moment de l'étude d'état. Elles doivent être effectuées au moyen de la méthode électrique par résistance selon l'EN 13183-2:2002 et/ou de la méthode capacitative selon l'EN 13183-3:2005.
- Détermination des conditions environnementales. Les classes de service définies dans l'EN 1995-1-1 (pertinentes pour les propriétés mécaniques) et les classes d'emploi définies dans l'EN 335 (liées aux phénomènes biologiques dangereux) auxquelles l'élément en bois est exposé doivent être identifiées. Description des conditions thermo-hygrométriques dans les conditions normales de service et de la teneur en humidité du bois qui en découle ;
- Description du schéma structurel. Il est à noter qu'il peut être nécessaire d'inclure une description de la maçonnerie portante ou d'un autre type de structure.
- Description précise des charges permanentes et d'exploitation de l'ouvrage ;
- Enregistrement de la pathologie et identification de toute zone d'attaque biologique ou de dommage mécanique, ainsi qu'une première description des causes possibles des dommages (diagnostic).

***NOTE*** Les différentes parties ou les différents éléments d'une structure en bois peuvent appartenir à différentes catégories de phénomènes dangereux. Si les différences entre les conditions transitoires (avant ou pendant une éventuelle intervention) et cibles (finales) sont importantes, les deux situations peuvent être identifiées.

### 2.2.3 ENREGISTREMENT DES PATHOLOGIES.

Il convient que l'étude des défauts et dommages comprenne :

- Un enregistrement de l'emplacement et de l'extension de tout dommage mécanique, biologique ou causé par un incendie. L'agent responsable du dommage biologique doit être identifié et il doit être noté s'il est actif ou non ;
- Le type, l'emplacement et l'étendue des principaux défauts naturels (nœuds et inclinaison du fil) ;
- Une note recensant tout élément en bois manquant à la structure ;
- Une note relative au type et au degré de retenue assurée par les supports de maçonnerie ;
- Une note relative à toute indication de modification apportée à la structure au cours de sa vie. Ces modifications pourraient avoir été apportées afin de tenir compte d'un changement d'usage, de changements au niveau du plan ou de la forme extérieure du bâtiment, ou de réparations antérieures ;
- Une note recensant les changements indiquera de manière sûre leur nature ;
- Une note recensant tous les emplacements où les éléments en bois n'étaient pas clairement visibles et où des investigations complémentaires de la structure pourraient être nécessaires ;
- Une note recensant toute détresse structurelle au niveau des éléments en bois, telle que des fissures du bois, une défaillance structurale des éléments et des assemblages ou des déformations excessives ;
- Une note recensant toute détresse au niveau des éléments ou structures de soutien (structures de maçonnerie, fondations, etc.) et des éléments en bois non porteurs qui interagissent avec la structure en bois.

NOTE Les trois derniers cas doivent être guidés par l'analyse structurelle qui aidera à localiser les zones critiques des structures en bois.

### 2.2.4 ANALYSE STRUCTURELLE

Suite à l'étude, il convient qu'un ingénieur des structures Bois effectue une analyse préliminaire de la structure. Cette analyse doit décrire le schéma structurel, c'est-à-dire montrer comment les charges sont transmises au sol. Il convient de déterminer également le type et les niveaux approximatifs de contraintes au niveau des principaux éléments structuraux.

L'objectif principal de cette analyse structurelle est l'identification des zones de la structure soumises à de fortes contraintes où une plus grande attention est requise, en particulier pour les zones critiques[1)] identifiées pendant l'étude d'état. Il convient qu'elle indique le niveau de sécurité de la structure.
Dans le cas de structures simples et régulières, une évaluation simple et prudente du schéma structurel, des propriétés des éléments et de leurs sections transversales efficaces, ainsi que de la performance des assemblages, peut suffire. Autrement, l'évaluation préliminaire pourrait indiquer qu'il est nécessaire de réaliser une analyse structurelle plus détaillée. Dans le cas de systèmes porteurs spatiaux, une analyse numérique avec des modèles en 3 dimensions peut être nécessaire.

L'analyse numérique d'une structure historique étant un processus difficile et comportant de nombreuses incertitudes, il n'est pas toujours possible d'estimer la résistance et la rigidité des éléments structuraux et des assemblages, l'historique des charges, les conditions limites ou de savoir si des éléments de la structure, qui n'étaient pas destinés à être structuraux, peuvent néanmoins supporter une charge.

Elle peut également être nécessaire pour tenir compte des éléments qui sont tellement touchés par la pourriture qu'ils ont transféré des charges significatives aux autres éléments. En conséquence, l'ensemble des éléments affectés seront signalés et ne devront pas être réemployés. Il convient que l'analyse tienne compte des charges appropriées pour l'utilisation proposée du bâtiment et de la région (par exemple : surcharges, charges sismiques, charges dues à la neige ou au vent).

Dans le cadre d'une approche prudente, l'EN 1990 (destinée aux nouvelles structures) peut être suivie en ce qui concerne les combinaisons d'actions à prendre en compte pour la vérification de l'état limite de rupture. Dans une analyse plus détaillée, si les incertitudes relatives à l'historique des charges et aux propriétés des matériaux peuvent être réduites, d'autres combinaisons d'actions peuvent être envisagées à condition qu'un niveau de sécurité approprié soit garanti.

Bien que la vérification des états limites d'aptitude au service puisse également être importante dans certains cas, des limites (en termes de déformation et de vibrations) plus élevées que celles définies dans les nouveaux codes peuvent être acceptables pour les structures patrimoniales.
Il convient que la stabilité générale de la structure soit évaluée ainsi que le comportement des différents

1) La définition d'une zone critique est donnée à l'Article TERMES ET DÉFINITIONS.

éléments ou cadres. Par conséquent, l'adéquation des entretoises doit être prise en compte, de même que celle des principaux éléments structuraux.

L'un des objectifs de l'analyse est d'identifier les éléments en bois et les assemblages qui supportent une charge excessive, ou si l'état des éléments en bois, et donc leur capacité de charge, est critique pour le comportement de la structure dans son ensemble. L'identification de ces zones doit être utilisée pour l'étude détaillée de la structure.

### Quantité disponible en réemploi

Informations à recueillir :

- Nombre et dimensions des éléments répétitifs;
- Au regard de constats visuels et éventuelles mesures in-situ, estimer les quantités altérées mais possiblement « reconditionnables » (par exemple via découpe, rabotage ou remplacement).

**Le rapport préliminaire doit comprendre :**

- Des schémas cotés montrant la structure dans son intégralité, accompagnés de notes techniques décrivant le système structurel, ses principales caractéristiques et problèmes;
- La documentation des problèmes et des pathologies;
- Une note/carte des assemblages et éléments en bois qui n'ont pas été inspectés et la raison pour laquelle ils ne l'ont pas été ;
- Des calculs structurels montrant les charges et les combinaisons de charges exercées sur la structure ainsi que les contraintes et les déformations correspondantes. Des commentaires relatifs aux modifications éventuelles des charges ;
- Une identification des différents types de éléments structuraux - en fonction du type de contraintes - et de l'emplacement des zones critiques (que ce soit du point de vue du niveau de contraintes ou en raison de la présence de défauts du bois ou de dommages biologiques) ;
- Une interprétation des causes des dommages et du comportement général de la structure (diagnostic) ;
- Les classes d'emploi et les classes de service.

Le rapport doit identifier le travail d'étude ultérieur requis, en justifiant intégralement la nécessité de tout travail recommandé et en notant tout emplacement où une ouverture de la structure est nécessaire afin de permettre la réalisation du travail

### 2.3.1 Accès au gisement (démolition / abattage sélectif / déconstruction)

Conditions préliminaires à l'étude d'état :
Les conditions suivantes doivent être satisfaites :

- Sécurité : la structure en bois doit fournir un niveau de sécurité raisonnable, suffisant pour permettre de marcher dessus ou en toute sécurité, sinon un étaiement ou un chevalement sera nécessaire.

- Accessibilité : les éléments en bois doivent être rendus suffisamment accessibles pour permettre d'effectuer les procédures appropriées. Deux aspects se distinguent :

    I) la capacité à atteindre les éléments en bois à inspecter, auxquels l'accès dépendra de la nature de la structure ; il peut s'agir de la simple utilisation d'une échelle ou de la nécessité d'un échafaudage complet. L'accessibilité a une grande influence sur le choix de la technique d'inspection ;

    II) la capacité à voir les éléments en bois qui peuvent être masqués par d'autres éléments de la construction et donc nécessiter une certaine ouverture de la structure. Cette ouverture pourrait nécessiter l'accord des autorités chargées de la conservation.

- Éclairage : une lumière correcte (en termes de qualité et d'intensité) doit être utilisée pour permettre un examen visuel correct des éléments en bois dans leur ensemble, des détails de la surface du bois, des assemblages et des supports.

- Nettoyage : la surface du bois ne doit en aucune façon être recouverte ou masquée par des débris, de la saleté et de la poussière. L'inspecteur doit être préparé au nettoyage des zones du bois comme requis à l'aide de procédés secs (brossage, aspiration, air sous pression, etc.).

NOTE 1 Dans le cas de éléments en bois décorés (peints) ou recouverts, l'accessibilité et la visibilité complètes de la surface du bois peuvent ne pas être possibles. Dans de tels cas, le rapport d'étude d'état peut détailler quelles informations n'ont pas été obtenues et expliquer pourquoi.

NOTE 2 L'étude d'état est particulièrement importante au niveau des points de la structure soumis à des contraintes très fortes, près des assemblages et au niveau des supports. Pour toutes les parties de la structure où une étude visuelle normale de l'état n'est pas possible, comme pour les sablières, les

surfaces supérieures des pannes ou les têtes des poutres insérées dans les murs porteurs, d'autres méthodes d'étude d'état ou des méthodes d'évaluation indirectes peuvent être soigneusement planifiées.

## 2.3 DIAGNOSTIC RELATIF AU DOMAINE D'EMPLOI INITIAL : EXEMPLE D'UNE CHARPENTE INDUSTRIELLES

Il s'agit ici de préciser l'usage et le domaine d'emploi initiaux du produit à réemployer ainsi que les sollicitations auxquelles il a été soumis dans sa 1ère mise en œuvre :

➔ *Ces informations doivent être envisagées :*
*- par pertinence par rapport aux types de matériaux (sensibilité connue à certains paramètres, …) ;*
*- par pertinence au regard du domaine d'emploi initial et du domaine d'emploi futur (gros œuvre, clos couvert, second œuvre, décoration, …). Par exemple, pour un produit qui n'a pas et ne sera pas exposé à l'extérieur, il ne sera pas utile de renseigner les informations relatives aux « ambiances extérieures ». Cependant, si l'emploi final n'est pas encore connu, il sera opportun de renseigner un maximum d'informations.*

La charpente industrielle est appréciée pour sa rapidité de fabrication, de mise en œuvre, et son faible coût. Ce type de charpente est surtout utilisé dès que les combles peuvent être « perdus », en particulier pour la construction de bâtiments de plain-pied avec toiture à faible pente (pavillons individuels, locaux commerciaux, petits immeubles). Il est cependant possible de réaliser des fermettes à entrait retroussé pour rendre une partie des combles aménageables.

Il faut recenser les modifications d'état survenant au fil du temps :

- La corrosion des attaches, étriers et plaques métalliques ;
- Le rétrécissement des éléments en bois ;
- Les fissures et ruptures associées ;
- Les attaques biologiques et dues au feu ;
- Les modifications intentionnelles (interventions humaines) ;
- Les défaillances, mouvements, déformations consécutifs à une surcharge ;
- L'écrasement des éléments en bois ;
- Le gauchissement des attaches métalliques

### 2.3.1 USAGE ET LOCALISATION DU PRODUIT SUR/DANS L'OUVRAGE EXISTANT

La localisation de la fermette sur l'ouvrage existant sera précisée par :

- L'identité de la pièce où se trouve chaque fermette

Un système de numérotation des charpentes industrielles servira à identifier les charpentes industrielles en appui à la fiche de diagnostic produits et les différentes analyses pathologiques réalisées.
Les fermettes identiques doivent être identifiable par un code unique pour faciliter la traçabilité et le nouvel assemblage de chaque élément en vu d'un réemploi.

Les particularités ayant une influence sur une charpente industrialisée sont les suivantes :

- Conditions géographiques : neige, altitude, vent…
- Type de couverture
- Type de plafond
- Type de débords en égout
- Type de débords en pignon
- Type d'habillage sous débords
- Type d'appui des fermes :
  - sur maçonnerie sans sablières,
  - sur sablières non apparentes,
  - sur sablières débordantes avec cache-moineau…

### 2.3.2 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DU BATIMENT

- Zone sismique : sans objet

- Région de vent : nécessaire pour la justification mécanique
- Zones de concomitance vent-pluie : les climats en contact avec la menuiserie extérieure peuvent expliquer l'état de dégradation
- Région de neige : sans objet
- Zone de gel : sans objet
- Climat de plaine ou climat de montagne, bord de mer : A préciser
- Zone de termites : A préciser

### 2.3.3 TYPOLOGIE DE L'OUVRAGE INITIAL AU SENS DE LA REGLEMENTATION INCENDIE

Cette information est a priori nécessaire uniquement pour les produits soumis à la règlementation incendie (réaction et/ou résistance au feu). Cependant, la typologie de l'ouvrage initial étant bien souvent pertinente pour prouver certaines caractéristiques des produits, il est fortement conseillé de l'intégrer de manière systématique.

Les règles de conception en vigueur pour les charpentes bois industrialisées sont décrites dans NF EN 1995-1-2 à laquelle on ajoute l'annexe Nationale (justification par écran sur solutions françaises).

| **Habitation / Logement-foyer** Arrêté du 31 janvier 1986, modifié ; | **Etablissement Recevant du Public (ERP)** Arrêté du 25 juin 1980, modifié | **Immeuble grande hauteur (IGH)** Arrêté du 30 décembre 2011 modifié | **Etablissement relevant du Code du Travail** Décret n°92-332 *(nouveaux établissements),* Décret n°92-333 *(établissements existants) et* Arrêté du 5 août 1992, modifié |
|---|---|---|---|
| Indiquer la famille | Indiquer la catégorie, le ou les types | Indiquer la classe | Indiquer :<br>- Hauteur du plancher bas du dernier niveau : > 8 m ;<br>- Bureaux ;<br>- Industrie ;<br>- Logistique. |

### 2.3.4 CONDITIONS D'EXPOSITION

Les classes d'emploi sont définies selon les différentes ambiances afin de prévoir la tenue du bois dans le temps :

- Prise en compte de l'humidité
- Les agents pathogènes possibles pour chaque classe

On distingue 5 classes d'emploi selon EN 335

| Classes d'emploi | Situation en service | Exemples d'emploi | Risque biologique |
|---|---|---|---|
| 1 | Intérieur – milieu sec | Parquet, lambris, escalier intérieur… | Insectes uniquement |
| 2 | Intérieur ou extérieur abrité – humidité ponctuelle et surfacique | Charpente intérieure ou sous auvent abrité, ossature | Insectes, moisissures de surface |
| 3.1 et 3.2 | Extérieur –alternance humidité et séchage | Bardage, fenêtres, .. extérieurs | Insectes, champignons dont pourriture |
| 4 | Extérieur – contact permanent avec le sol ou l'eau | Balcon, poteaux enterrés, piquet | |
| 5 | en contact permanent avec l'eau salée | Terrasse en bord de mer, pieux ou éléments porteurs en bord de mer | |

### 2.3.5 DECONSTRUCTION DE CHARPENTE D'UNE TOITURE

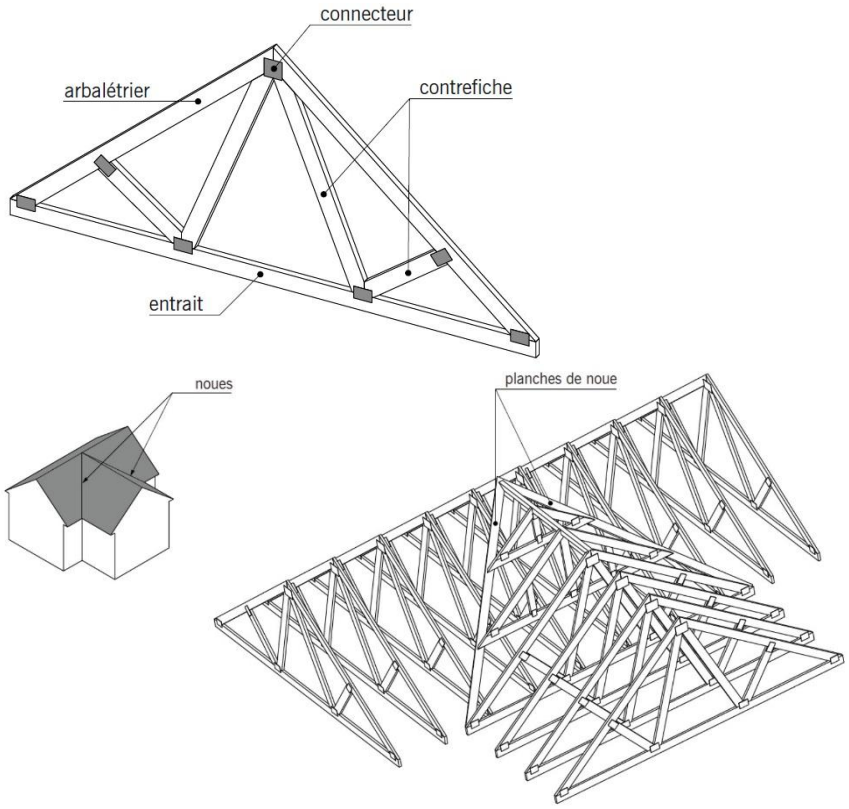
Les toitures d'une construction bois peuvent être réalisées soit :

- Avec des fermes industrialisées (fermettes) assemblées par des connecteurs ou goussets
- Avec des charpentes traditionnelles à fermes ou mur de refend, pannes et chevrons
- Avec des charpentes-chevrons, système issu de la charpente industrielle, les chevrons espacés de 50cm sont en appui uniquement sur le faîtage et le mur.
- Toiture terrasse : leur structure porteuse est réalisée avec les solives qui reposent sur les murs,

des poutres maîtresses ou des muraillères.

### Description technique du produit pendant la vie en œuvre avant dépose

➔ Informations disponibles dans le Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) et documents liés à la nature des matériaux et à leur pose sur le bâtiment avant dépose - à confirmer via reconnaissance in-situ.




## 2.3.5.1 EVALUATION DES SOLLICITATIONS MECANIQUES

Le dimensionnement des charpentes industrialisées doit respecter les règles de conception, de mise en œuvre et de calcul prévues par le DTU 31.3.

Ces documents apportent notamment toutes les informations utiles sur :
– les charges à prendre en compte ;
– la qualité des bois à retenir ;
– les modalités de calcul et les déformations acceptables ;
– les dispositifs permettant d'assurer la stabilité (contreventement, antiflambement) ;
– la fixation des fermettes (en particulier dans les zones sismiques).

Le dimensionnement des charpentes industrialisées doit prendre en compte les lignes d'épure et les conditions d'appui (rotule, appui glissant…). Les charges ponctuelles telles que les souches de cheminée ou les possibilités d'accumulation de neige ne doivent pas être sous-estimées.
Le calcul doit concerner également les formes spéciales (tronquées ou dissymétriques), telles que les fermes de chien-assis, de fenêtre de toit ou sur trémie d'escalier, sujettes à déformations particulières.
En général, les charpentes industrialisées sont en classe d'emploi 2.

**Les contreventements**

Les contreventements sont constitués de :

- Lisses filantes sur entraits

- Entretoises entre les entraits
- Lisses filantes sous arbalétriers
- Contreventements
- Antiflambements sous arbalétriers
- Antiflambements sur fiches

Ils peuvent être calculés mais à défaut, leurs sections sont les suivantes et doivent être justifiées par le calcul si nécessaire.

| | Entraxe des fermettes en m | | |
|---|---|---|---|
| | < 0.70 | 0.70 à 0.92 | 0.92 à 1.10 |
| Antiflambement sous arbalétriers | 25 mm x 100 mm | 36 mm x 96 mm | 36 mm x 122 mm |
| Contreventements sur diagonales | 25 mm x 72 mm | 25 mm x 72 mm | 36 mm x 96 mm |
| Lisses filantes et Antiflambement sur fiches | 25 mm x 60 mm | 25 mm x 72 mm | 36 mm x 72 mm |

**Les assemblages métalliques**

Les connecteurs métalliques sont conformes au CGM du NF DTU 31.3 et à la norme NF EN 15 545. Tous les éléments d'assemblage métalliques ont une durabilité compatible avec la classe de service 2 au sens de NF EN 1995-1-1.

## 2.3.5.2 DEPOSE D'UNE TOITURE

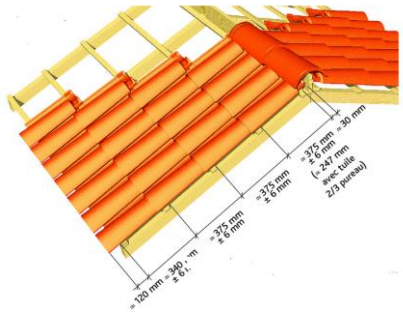
### 2.3.5.2.1 LA COUVERTURE

La dépose d'une couverture en tuile nécessite une intervention par l'extérieur et en hauteur. Il convient de s'assurer que la personne en charge de la dépose puisse marcher en sécurité sur la toiture : mettre en place des équipements de protections (harnais, ligne de vie, …), vérifier l'intégrité de la charpente et de la couverture.
Il est indispensable de prévoir l'accès : par échelle, par des engins de levage avec nacelles et de prévoir le transport adéquat pour que l'opérateur puisse accéder à la toiture en sécurité, et qu'il dispose de moyens pour stocker en hauteur et descendre les éléments de couverture par lots sans les détériorer.

Méthodologie de déconstruction préconisée ;

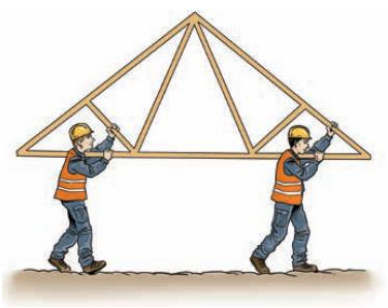
- Retirer l'ensemble des tuiles dans le sens inverse de l'ordre de pose ;
- Effectuer un contrôle visuel sur l'ensemble des produits ;
- Isoler les produits défectueux;
- Stocker les produits de façon à faciliter la manutention.

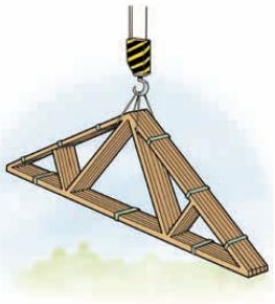
Comme la mise en œuvre des tuiles se font en général depuis le bas vers le haut, la dépose devrait se faire depuis le haut et les bords de la toiture. Le réemploi, la réutilisation ou le recyclage des éléments de couvertures devraient être évalués par les techniciens compétents pour permettre de respecter les règlementations en vigueur.



Après avoir découvert la toiture, le démontage des fermettes se fera toujours par l'extérieur pour pouvoir lever les éléments. Si d'autres matériaux ont été ajouté après la pose de fermette, il faut les enlever avant de démonter la charpente : isolant, écran de toiture, tasseaux, conduits de ventilation.

Des précautions sont à prendre pour le démontage afin de conserver l'intégrité des éléments de fermette. La vérification réalisée avant dépose devrait permettre la manutention en position verticale ainsi que la manutention par levage ou manutention par engin.





Les tolérances géométriques admises sont définies dans la partie 1 du DTU 31.3 « Charpentes en bois assemblées par connecteurs métalliques ou goussets » (Janvier 2012 – Norme NF P 21-205) et dans l'Annexe Nationale de l'Eurocode 5 (NF EN 1995-1-1/NA).

- Aplomb des fermes : par rapport aux appuis de la ferme, la tolérance d'aplomb admise est inférieure à 1/200 de hauteur de ferme et ne doit pas excéder la demi épaisseur de la ferme.
- Les autres tolérances sont définies dans le DTU 31.1 « Charpentes et escaliers en bois » (Mai 1993 – Norme NF P 21-203).
- Entraxe des fermes : une tolérance de plus ou moins 20 mm est admise par rapport à la position indiquée sur le plan de pose.

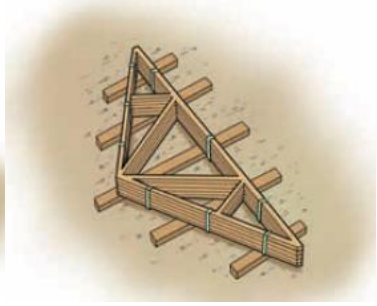
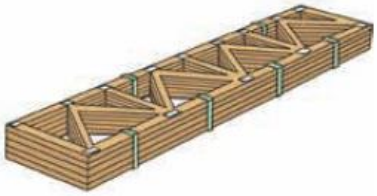
### 2.3.5.3 TRANSPORT / LIEU DU STOCKAGE

Le déchargement et la manutention doivent s'effectuer sans entrainer de :

- Rupture
- Déformation permanente pouvant nuire au caractéristiques de bon fonctionnement des charpentes industrialisées
- Dégradation risquant d'affecter la géométrie et l'esthétique

La meilleure solution est de stocker les fermes en position quasi verticale, en les appuyant contre un mur ou un chevalet. À défaut, les stocker horizontalement sur une surface plane. Il faut alors les poser sur des chevrons ou des bastaings distants de trois mètres maximum.

Pour un stockage de plus de quinze jours, il est nécessaire de protéger les fermes de la pluie, sans gêner leur ventilation.

Le stockage des charpentes industrielles ne doit pas entrainer une hausse de l'humidité des bois non conforme avec les préconisations du fabricant et les règles de l'art.

Toute dégradation provoquée par le démontage, le transport ou le stockage entrainera la mise au rebut des éléments concernés.

#### 2.3.5.4 PREPARATION DE LA RESSOURCE

L'analyse de la rentabilité du réemploi ne fait pas partie du périmètre de ce document. Cependant, une analyse a minima sommaire des impacts économiques associés à un réemploi (surcoûts de dépose, coût de requalification, valeur estimée à la revente,…) au moment de la phase de diagnostic est un point clé pour engager la chaine d'acteurs dans un processus de dépose sélective en vue d'un réemploi.

### 2.3.6 DECONSTRUCTION D'UN MUR A OSSATURE BOIS

Les murs d'une maison à ossature bois sont composés de plusieurs couches assurant chacune une fonction bien particulière. Généralement le mur extérieur comprend de l'intérieur vers l'extérieur :
- Le parement intérieur (1), assurant la finition intérieure du mur, généralement posé sur des tasseaux de bois ou des rails métalliques pour pouvoir faire passer les gaines électriques. Le type de revêtement intérieur le plus souvent rencontré est la plaque de plâtre recouverte d'une finition. Les panneaux à base de bois utilisés comme parements intérieurs sont essentiellement des panneaux contreplaqué ou latté, panneaux de particules, panneaux de fibres, revêtus d'un placage de bois ou d'un élément de décor bois :
  - Les panneaux décoratifs plaqués bois ;
  - Les plaques de stratifié décoratif haute pression ;
  - Les panneaux mélaminés et les panneaux revêtus stratifiés ;
  - Les éléments panneautés massifs ;
  - La plupart des panneaux de contreplaqué, d'OSB ou de MDF peuvent être utilisés comme parement intérieur, à condition de recevoir une finition appropriée.

- Le pare-vapeur (2). La condensation dans les parois extérieures doit être limitée en bloquant la migration de vapeur d'eau au travers des parois extérieures par l'utilisation d'un film pare-vapeur posé en continu du côté intérieur des constructions. L'étanchéité à l'air de la bâtisse est ainsi assurée.

- L'isolant (3). Il doit être en plaque ou en rouleau rigide ou semi-rigide et placé dans le vide entre les montants de l'ossature (7). Il doit satisfaire simultanément les exigences d'un point de vue isolation thermique et phonique. On trouve différents types d'isolants utilisés avec l'ossature bois :
  - Les isolants fibreux minéraux, tels que les laines de roches et les laines de verre ;
  - Les produits plastiques alvéolaires, tels que les polystyrènes expansés, les mousses polyuréthane ou formo-phénoliques ;
  - Les isolants naturels, tels que la ouate de cellulose, la laine de chanvre, les panneaux en fibres de bois, le coco, le lin… ;
  - Les autres matériaux isolants, tels que les blocs de béton cellulaire ou les blocs de terres cuites alvéolaires.

- Le voile de contreventement (4), aussi appelé voile travaillant. Celui-ci participe à la stabilité de la construction. Généralement constitué d'un panneau dérivé du bois (contreplaqué, OSB ou de particules).
Ce système de mur est la clef de voûte de la technique de l'ossature bois puisqu'il sert à stabiliser et rendre la structure générale de la maison indéformable [STE 06].

- Le pare-pluie (5). C'est un film étanche à l'eau mais perméable à la vapeur d'eau qui a pour objectif de protéger les parois extérieures des éventuelles pénétrations d'eau et de parfaire l'étanchéité à l'air de l'ouvrage.

- Une lame d'air formée par des tasseaux fixés sur le voile au droit des montants. Cette lame d'air assure une circulation d'air permettant le séchage d'éventuelles condensations au dos du revêtement extérieur.

- Le parement extérieur (6), ce revêtement se présente généralement sous forme de bois (bardeaux, lames, panneaux…) associé à un certain type de finition (brute, lasurée, peinte…), mais il existe des maisons à ossature bois n'ayant pas un aspect extérieur bois (pierre, bardage métallique…)

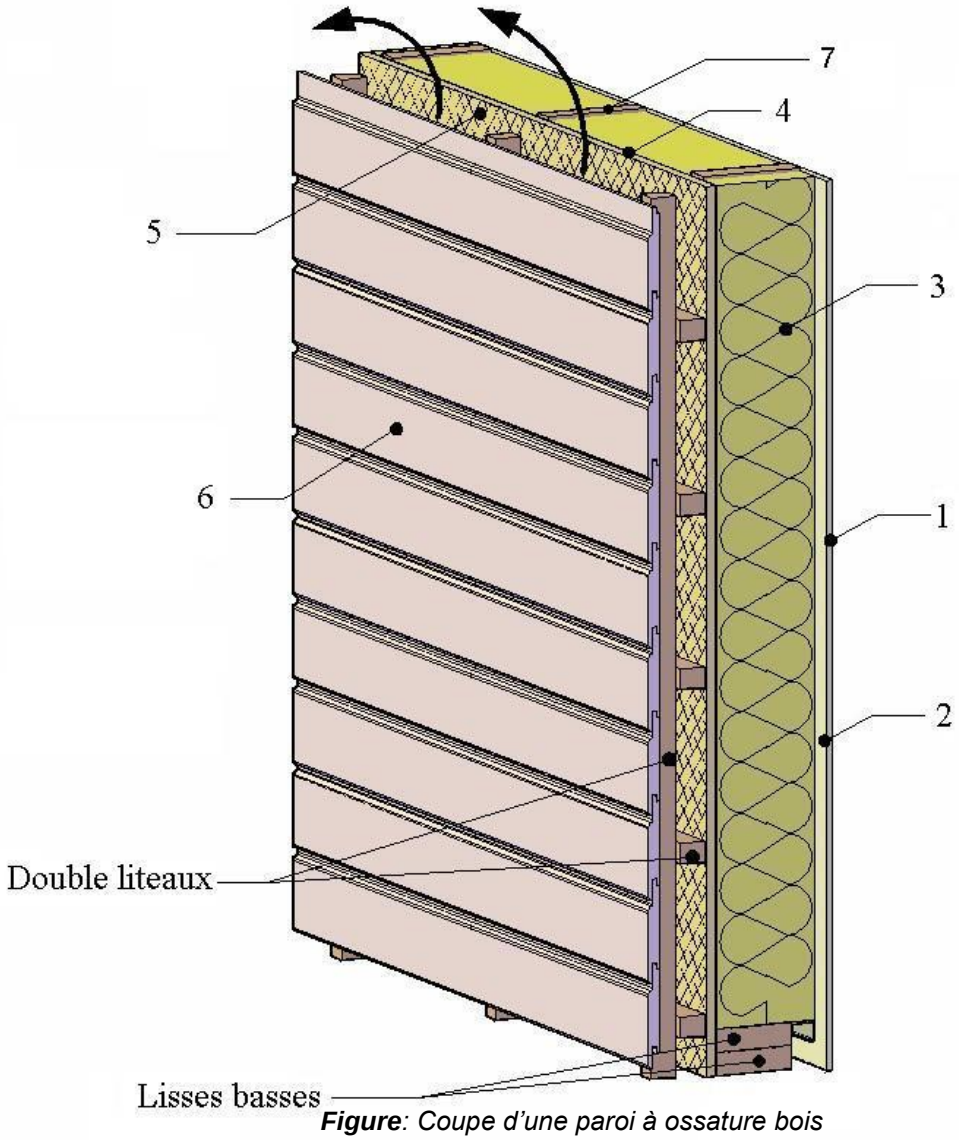



***Figure**: Coupe d'une paroi à ossature bois*

De nos jours, la conception technique des maisons à ossature bois est pratiquement identique dans toutes les contrées du monde et obéit à des lois physiques et mécaniques connues.
Les maisons diffèrent cependant sensiblement d'un pays à un autre par la nature des matériaux de construction en fonction des productions régionales, leur architecture selon les habitudes locales et les règles d'urbanisme, ainsi que du choix des revêtements extérieurs et intérieurs liés.

Le diagnostic d'un mur dans l'ouvrage existant dépend des paramètres suivants :

- Intrinsèques au produit : sa durée de vie en œuvre ou ses performances originelles ;
- Sa liaison avec les autres produits qui impacter les conditions de dépose et les performances résiduelles : liaison avec un autre mur extérieur, un mur intérieur, une toiture, un plancher bas ou plancher intermédiaire, la présence de menuiseries ou de portes.
- L'ouvrage dans lequel il est situé, les différentes sollicitations mécaniques récurrentes, les conditions climatiques, hygrométriques, d'entretien, … lors de son « emploi initial » qui ont un impact sur ses performances résiduelles.

| Caractéristiques | | Informations documentaires (DOE, Fiches techniques, notices de pose, …) | Echantillonnage* (* Nécessite le démontage de quelques lames) | Constat visuel, scan CND et mesures in-situ Le constat des détériorations visuelles peut résulter d'un usage inapproprié du produit dans son usage initial (caractéristiques produit non suffisantes pour le local) |
|---|---|---|---|---|
| Caractéristiques géométriques et dimensionnelles | Longueur | | | |
| | Largeur | | | |
| | Epaisseur totale | | | |
| | Dimensions intérieures | Surface | | Présence de fissure, auréole humide, pathologies (champignons…) |
| | Revêtement intérieur | Nature Finition | | Craquelage, tâches, éclats, |
| | Lame d'air intérieur | Epaisseur | | Présence d'humidité |
| | Complément d'isolant intérieur | Nature Epaisseur | | Tassement d'isolant, présence d'humidité, présence d'insectes |
| | Pare-vapeur | Nature Sd | | Absence, déchirement, présence de flux d'air/vapeur |
| | Isolant principal | Nature Epaisseur | | Tassement d'isolant, présence d'humidité, présence d'insectes |
| | Montants : | Nature du bois Espacement Section Assemblage | | Présence d'humidité, pathologie du bois (moisissures, pourriture, attaques d'insectes xylophages) |
| | Contreventement | Nature Epaisseur Position Fixation | | Flambement, présence d'humidité |
| | Complément d'isolant extérieur | Nature Epaisseur | | Tassement d'isolant, présence d'humidité, présence d'insectes |
| | Pare-pluie | Nature Sd | | Absence, déchirement, présence de flux d'air/vapeur |
| | Lame d'air extérieure | Epaisseur | | Présence d'insectes |
| | Bardage | Nature Epaisseur fixation | | Fragilité ou non des rainures/languettes en démontant, déformations, décoloration, pathologies du bois. |

Tableau 1 : Guide de diagnostic visuel et/ou mesure in-situ de MOB

### 2.3.2 Accès au gisement (démolition / abattage sélectif / déconstruction)

Le MOB existant devrait être décrit de la manière suivante :

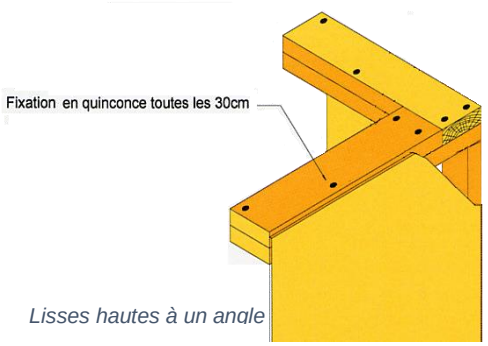
- Le démontage des éléments de mur est-il possible en conservant une intégrité des éléments constitutifs ?
- Le MOB est-il accessible depuis l'intérieur/extérieur entièrement (préfabriqué) ou par matériau
- Les éléments démontés peuvent-ils être sortis du bâtiment sans risque de détérioration (moyens de transport adéquats) ?
- Quelles sont les catégories et tailles d'ouvrages à déposer : éléments encombrants, lourds, nécessité d'engins de levage, …

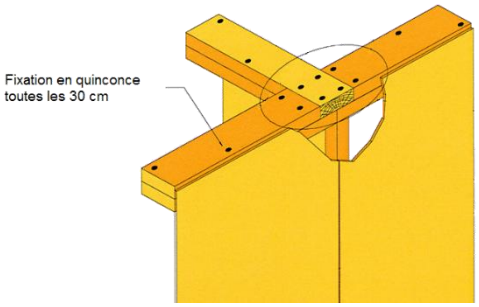
Nota relatif à la pollution : Bien qu'un matériau soit pollué il n'est pas à exclure. Son diagnostic doit être établi car une dépollution pourrait être entreprise. Dans le cas d'un élément en bois, ceci pourrait être la présence d'un produit de préservation, autorisé au moment de sa vie en œuvre et désormais plus autorisé.

## 3.1 DEPOSE D'UN MOB PREFABRIQUE

Cela comprend entre autres les points suivants pour chaque matériau réemployable identifié :

- Méthodologie de déconstruction préconisée ;
  - Couper toute alimentation d'eau, d'électricité et de gaz dans le bâtiment (sur plan et in situ)
  - Situer et identifier les traversées de parois (gaines, câble, tuyauterie) et dégager le parement autour (sur plan et in situ)
  - Identifier les cadres de chaque élément préfabriqué, tracer sur la paroi et situer dans le bâtiment (numérotation, dimensions, photos, orientation…)
  - Vérifier (dans les dossiers ou sur un mur témoin) l'assemblage des composants mis en œuvre sur chantier ou en usine : souvent il s'agit de parement intérieur, la finition et les tasseaux et bardages extérieurs. Parfois, l'isolant est le pare-vapeur sont aussi mis sur chantier.
  - Dévisser les parements intérieurs et tout ce qui est mis en œuvre sur chantier depuis l'intérieur : isolant, pare-vapeur, parement.
  - Situer les assemblages des éléments préfabriqués : lisses de ceinturages, vis, clous




  - Préparer les matériels, les systèmes de supports qui recevront les murs ainsi que les personnels de manutention : grue, escabeau, visseuse, serre-joint, marteau, scie égoïne.

- Appréciation des besoins matériels et humains pour mettre en place la méthodologie de déconstruction

  La dépose :

  - Pour la dépose, s'équiper d'un outil permettant de découper la 1ère lame/planche ainsi que d'un marteau/burin et d'un pied de biche (ou autre matériel équivalent) ;
  - Se munir des EPI pour se protéger des matériaux pouvant être agressifs pour la peau, les yeux, la voie respiratoire (isolant, plaque de plâtre, poudre de peinture, poussière, produits chimiques…)
  - Pour araser les clous, s'équiper d'une disqueuse ;
  - Une fois les éléments de bois déposées, les stocker bien à plat et dans des endroits avec des % d'humidité décrits dans le NF DTU, afin de ne pas induire de tuilage.
  - Disposer d'outils pour dégrafer, dévisser, arracher les assemblages métalliques.

- Lieu du tri
  - Lors de la dépose, séparer les éléments afin d'en faire des groupes homogènes de matériaux, et d'éléments constitutifs. défaut de surface (rayure, usure, poinçonnement) , épaufrure et/ou décollement de la finition) ;
  - Dans le cas où il y a lieu de faire un échantillonnage en perspective d'essais en laboratoire sans reconditionnement intermédiaire, il y a lieu de réaliser ce tri sur le lieu de déconstruction afin de respecter les zones de prélèvement le cas échéant.

- Déplacement des éléments dans le bâtiment :
  - Le déplacement des lames/planches ne requiert pas de matériel de manutention spécifique
  - Le déplacement des lames/planches au sein du bâtiment ne pose pas de souci particulier (pas nécessaire d'évacuer par la façade sauf si plus facile lorsque matériel adéquat installé).

## 3.2 TRANSPORT / LIEU DU STOCKAGE

Lors du transport et dans tous les lieux de stockage, les lames/planches doivent être entreposées parfaitement à plat et dans des endroits avec des % d'humidité décrits dans les normes NF DTU.

## 3.3 PREPARATION DE LA RESSOURCE

- Etat attendu à réception et détail des opérations :
  - Dans tous les cas, les éléments bois doivent être dépoussiérés ;
  - Dans le cas d'éléments cloués dont les clous seraient encore présents, les clous doivent être arasés puis retirés ;
  - Pour les éléments bois dont la finition ne permet pas un réemploi tel quel, un ponçage de la couche de finition peut être envisagé afin de revenir à une couche propre, gommée des éventuelles abrasions/rayures/poinçonnement/ … de faibles amplitudes. A l'issue de cette opération de ponçage, la couche d'usure doit présenter une épaisseur minimale de 1,5 mm.
  - Pour les éléments bois présentant des lames/planches avec une extrémité détériorée, une découpe dans le respect de la perpendicularité des lames/planches des parties dégradées peuvent être envisagées. Pour les lames présentant des rainures/languettes, cette découpe n'est à envisager que sur l'une des extrémités et les lames découpées doivent être stockées à part car leur utilisation sera restreinte à des points singuliers (ex : 1ère lame contre mur, …) .

## 3. WORKSHOP ORGANISE LE 15 MAI 2019, À L'UNIVERSITE LAVAL A QUEBEC

Le programme du Workshop a été organisé sur deux jours, un journé de visites d'entreprises du secteur et un jour de séminaire, avec atelier de créativité.

**L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE DANS LA CONSTRUCTION EN BOIS**
Workshop – atelier de travail
Collaboration FCBA-FPInnovations-Université Laval

**Mardi 14 mai 2019 – Visites industrielles**
AM Maison Laprise, Montmagny
PM Techno Pieux, Thetford Mines
Il serait possible d'ajouter une visite en AM…
**Mercredi 15 mai 2019 – Atelier de travail**
Horaire

| Horaire | Sujet | Intervenant |
|---|---|---|
| 8 :30 | CTTEI - CRD | Claude Maheux-Picard |
| 8 :45 | État des lieux France | Bertrand Laratte |
| 9 :30 | Pause | |
| 10 :00 | Démodulor | Jean-Luc Kouyoumji |
| 10 :30 | DfD/A ossature légère multilogements | Patrick Lavoie |
| 11 :00 | Le réemplois des matériaux de construction | Ingrid Bertin |
| 11 :30 | Le recyclage en cascade | Geraud Essoua |
| 12 :00 | Lunch | |
| 13 :30 | Les méthodes d'affectation en ACV | Xavier Tanguay |
| 14 :00 | Eco-Circ et Wood Circus | Ingrid Bertin et Jean-Luc Koyoumji |
| 14 :30 | Pause | Pause |
| 15 :00 | Atelier de travail – Opportunité de l'économie circulaire dans la construction en bois : de la conception à la déconstruction | Tous |
| 16 :00 | Le mot de la fin | Pierre Blanchet |
| 16 :15 | Fin | |

### 3.1 PROGRAMME DU 14 MAI 2019, VISITES D'ENTREPRISES

Les entreprises visitées :

- Art Massif, Charpente en lamellé-collé
- Maison Laprise, constructeur de maisons bois préfabriquées
- TechnoPieux, entreprise de fondations spéciales

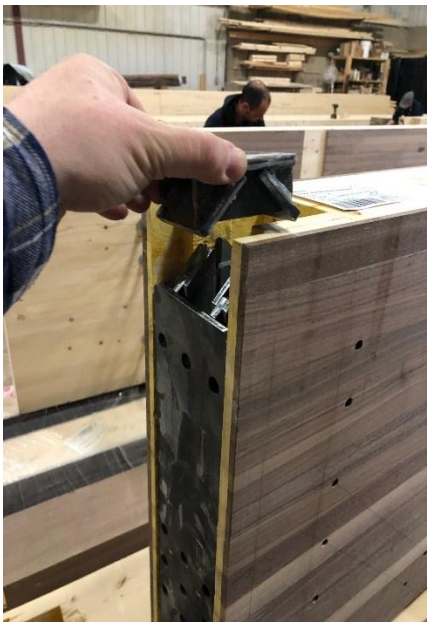
### 3.1.1 ART MASSIF

Visite de l'entreprise Art Massif, spécialisée en charpente bois Lamellé-collé de haute finition esthétique :

- Les éléments en lamellés-collés sont recouverts d'une couche de contrecollé en bois feuillu,
- Les assemblages sont invisibles,
- La technique d'assemblage est rapide,
- Les assemblages sont facilement réversibles,
- Les assemblages sont protégé des risques et expositions,

Ci- après des photographies du système constructif et des assembleurs démontables :

Système « Art Massif » : assembleur invisible une partie brochée-collée dans la section et une partie emboitable.



Assemblage invisible en deux parties, emboitable pour une mise en œuvre rapide, et une pièce de clavage pour bloquer l'assembleur.

### 3.1.2 MAISONS LAPRISE

Visite de l'entreprise Maison Laprise, constructeur de maisons en ossature bois préfabriquées.

- Préfabrication des éléments verticaux et des planchers,
- Production des murs en ossature double,
- Fabrication des planchers et production des poutres en bois métal agrafé.

Préfabrication des murs semi-fermés, et assemblage des poutres bois-métal agrafés. A noté le renfort thermique au droit des rives.

### 3.1.3 TECHNOPIEUX,

Visite de l'entreprise TechnoPieux, spécialiste mondial des fondations vissées. La technologie développée par Techno Pieux permet de garantir une mesure précise de la capacité portante de chaque pieu, testée et validée directement sur site lors de l'installation. La technologie est entièrement réversible : les pieux peuvent être vissés, exploités, puis dévissé. De plus, la technologie permet de renforcer une structure existante en cas de tassement différentiel ou pour augmenter la portance en cas augmentation de la décente de charge.

Pieux pour fondations vissées de 40 à 120 mm. Et matériel de mise en œuvre

## 3.2 JOUR 2 : WORKSHOP A L'UNIVERSITE LAVAL

La journée de workshop organisée dans le bâtiment Kruger de l'Université Laval à regroupé environ 15 personnes, étaient présent : L'Université Laval, Le CIRCERB, Recyc-Québec, l'ENSAM Bordeaux, Le Laboratoire I2M Bordeaux, Groupe SETEC (Paris), FPInnovations, et FCBA. La journée s'est déroulée en deux temps :

- Présentations croisées de projets en cours au Québec et projets en cours en France,
- Ateliers de créativité sur le réemploi

**Présentation 1- BoisCRD_ULaval-Final**
Mise en valeur des résidus crd au Québec*

**Présentation 2- 20190513 Workshop Québec Laratte**
Problématique de prise en compte de l'impact environnementale du bâtiment avec une approche de cycle de vie

**Présentation 3- DEMODULOR FCBA MECD**

nouveaux systèmes démontables de rénovation ou de déconstruction permettant la valorisation en recyclage ou réutilisation simplifiée et attractive des produits et matériaux de construction

**Présentation 4- Patrick Lavoie 20190515**

APPLICATION DE LA CONCEPTION POUR LA DÉCONSTRUCTION ET L'ADAPTABILITÉ AU BÂTIMENT POINTE AUX LIÈVRES (PAL6)
(Design for disassembly and adaptability ou DfD/A)

**Présentation 5- Reuse Québec Ingrid 150519 SETEC**

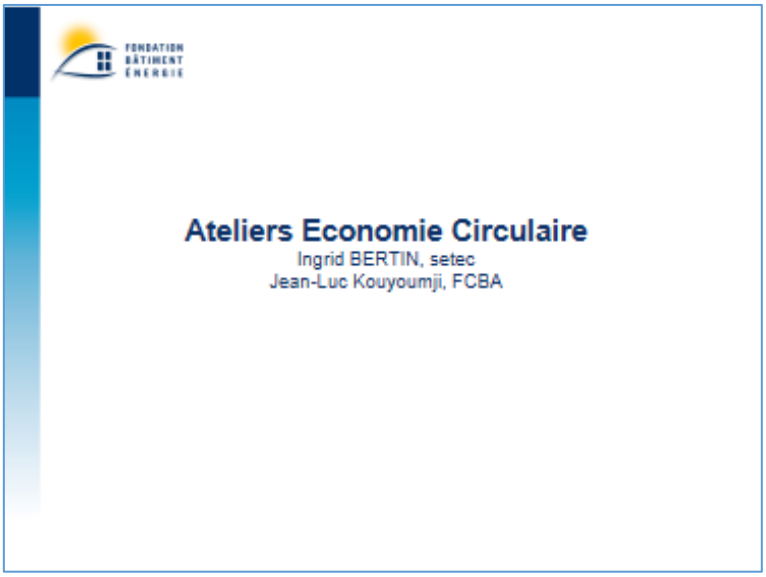
Construire, déconstruire, anticiper le réemploi des matériaux : une possible réversibilité des bâtiments

**Présentation 6- Geraud Essoua 20190515_FPI**

ANALYSE DE LA FAISABILITÉ TECHNICO-ÉCONOMIQUE ET EMPREINTE CARBONE DU RECYCLAGE EN CASCADE DU BOIS ISSUS DE LA CONSTRUCTION, RÉNOVATION ET DÉMOLITION

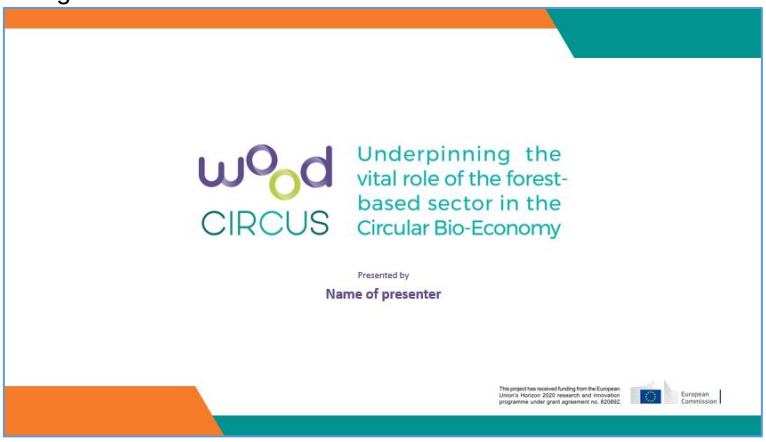
**Présentation 7- EC_Workshop_XT_2019_Xavier Tanguay**
La performance environnementale en économie circulaire : Comment quantifier le 3RV en construction

**Présentation 8- EcoCirc FBE_Enjeu_JLK**
Ateliers Economie Circulaire



**Présentation 9- WoodCircus_General_JLK**

Underpinning the vital role of the forest-based sector in the circular Bioeconomy




## 3.3 SESSION DE CREATIVITE EN GROUPE DE TRAVAIL :

Le but de cette session est de créer une liste de concepts et d'idées qui convergent et engendrer des critères de priorisations. Les concepts recherchés et les priorisation sont sur la base des critères de développement de produits, de méthode de calcul, de démonstration, d'incitation et de fiscalité.

### 3.3.1 RESTITUTION DES RAPPORTEURS :

Chacun des rapporteurs présente la teneur des discussions et le classement des critères du réemploi. En synthèse les critères les plus importants pour les 3 groupes sont les suivants :

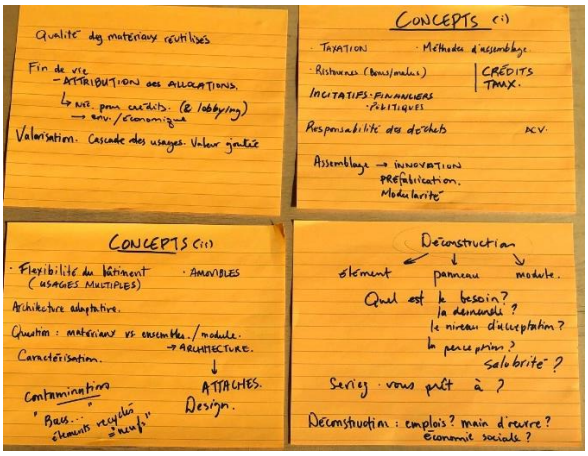
1- Education, sensibilisation, influence au niveau de la sécurité : la sécurité en termes de formation professionnelle. Savoir quel genre de matériel il faut fournir sur les chantiers pour la mise en œuvre.
2- Mesures incitatives et adaptation de la réglementation. Au Québec ceci se fait en fonction de la tension du marché. En France, s'il n'y a pas de mesures incitatives il n'y aura pas de futur marché. Le coût du recyclage ou l'enfouissement ça a un coût social et un coût économique. Aujourd'hui ceci n'est pas pris en compte, car ce coup n'est pas reconnu comme étant rattaché à un bien ou un service donné.
   Au Québec les mesures incitatives doivent être sous la forme de taxes ou de crédits, dans ce cas, le modèle de marché est à flux-tiré. Pour arriver à un résultat, il faut créer l'intérêt et il faut préciser l'opportunité d'affaires.
3- Besoin de nouveau système pour arriver à une économie véritablement circulaire. Des systèmes pour des bâtiments en exploitation pour 60 à 80 ans. Il faut anticiper comment un quartier pourrait évoluer dans le temps ? Besoin de plus d'adaptabilité et permettre un meilleur tri à la source et la meilleure déconstruction ultérieurement. Le travail sur les assemblages est la clé de la réversibilité. Elle permet la flexibilité des constructions et la reconversion d'un bâtiment, c'est-à-dire le changement d'affectation ou l'amélioration performancielle du bâtiment.
4- Qualité du produit. Pour la construction les durées de vie sont assez longues. Or, les traitements de préservation autorisé aujourd'hui, n'auront certainement pas la même réglementation dans 50 ans. De même, vu chez Maisons Laprise, l'évolution de l'isolation augmente l'épaisseur des parois. Si on se projette dans une vision de réemploi, il sera difficile d'augmenter l'épaisseur des parois, ceci revient à multiplier l'emploi de sections de bois structuraux.

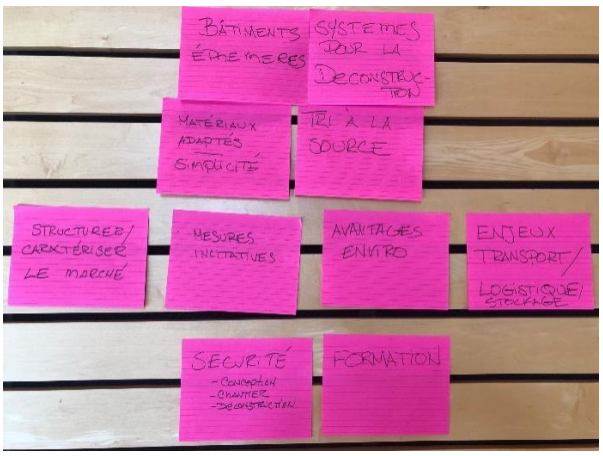
5- Acceptabilité sociale des produits réemployés : Il y a un travail à faire pour l'acceptabilité. Il faut que le réemploi ne soit pas ressenti comme une stigmatisation « pas cher »
6- Durée de vie du cycle : À quel moment on reboucle sur une réutilisation ? Sur un recyclage ? Sur un réemploi ? Sur un reconditionnement ?
Aussi se pose la question de l'évaluation avec des indicateurs environnementaux, sociaux, de santé, et de qualité de vie. Ces modèles sont liés à la réalité d'un territoire. Ils ne peuvent pas être utilisés tels quel dans différentes régions ou pays.
7- La difficulté avec le système c'est d'avoir un marché. Et aussi un choix économique qui devient un choix écologique. C'est la capacité d'avoir un marché structuré. Il faut aussi trouver preneur à ses matériaux. Il faut une logistique du stockage du transport et un prix. Le stockage est un enjeu : Prenons l'exemple de IKEA qui prévoit une partie des surfaces de ses entrepôts à destination de la vente de meubles anciens. Peut-être les vendeurs de matériaux vont aussi se mettre à vendre des matériaux de réemploi ? À noter que ceci se fait déjà pour l'électroménager, en France. Le réseau envie, entreprise d'insertion, répare et recycle du matériel électroménager. L'entreprise crée de l'emploi, forme des personnes en réinsertion sociale, et délivre un diplôme en deux ans.
8- Il faut être en capacité de comprendre le matériau récupéré en fin de vie. Il faut une capacité pour évaluer les produits : les systèmes, les bâtiments, les stratégies de réemploi.
9- Diagnostique ressource : le diagnostic préalable à la déconstruction permettra d'augmenter le taux de récupération. Par exemple, à l'université de Tokyo, la démolition est étudiée à l'échelle du quartier. Cette anticipation permet de donner une cartographie assez fine des matériaux à récupérer. Elle permet le recyclage la réutilisation et le réemploi.

A noter, en construction bois, si on est capable de construire alors on est capable de déconstruire. L'aspect technique devrait intervenir peu.

Les codes vont évoluer nous en sommes certain. À partir de maintenant, il est fort probable qu'un mur construit, ne soit pas réutilisable dans 70 ans. Il faut donc concevoir des éléments ou des modules facilement convertibles pour s'adapter à l'évolution technique des 70 prochaines années. Au lieu de mettre nos forces sur cet aspect et sur l'anticipation réglementaire il est plus facile de mettre nos forces sur la conception d'assembleurs réversibles.

L'identification du gisement, avant démolition est un point fort pour le réemploi. Ceci permet d'anticiper une démolition et de mettre sur le marché des produits de réemploi éventuels. Cette étape peut être facilitée par l'informatique : bibliothèque d'objets, base de données, et gestion via le BIM permet d'optimiser cette piste, pour arriver à un concept en flux tendu. De plus, il est tout à fait possible d'associer les éléments à réemployer avec les événements de la vie du bâtiment.





## 3.4 CONCLUSION SUR LE WORKSHOP :

En priorité ce qui ressort est le besoin de documentation et de caractérisation. Par exemple, du point de vue environnemental, le besoin d'indicateurs pourra reconnaitre les avantages environnementaux.

En seconde priorité, la conception de systèmes et de produits. Il faut concevoir des systèmes constructifs dès que possible pour se préparer à la prescription des architectes.

NB. Il y a une contradiction majeure au Québec entre la notion de bâtiment éphémère et le concept de prolongation de vie

En troisième priorité, il faut suggérer des mesures incitatives et une réglementation adéquate. Au Québec, pour activer le réemploi au niveau politique, la demande doit émaner du milieu professionnel.

Enfin, la flexibilité est une priorité majeure, il faut concevoir des systèmes constructifs et des assembleurs qui permettent l'agencement des matériaux et facilitent la décomposition ou déconstruction.

## CONCLUSION

Le projet REUSE a permis d'initier les différentes parties d'ouvrage d'une construction Bois à la possibilité du réemploi. L'analyse du réemploi dans les systèmes constructifs existant a permis de relever les règlementations et leurs évolutions qui pourraient impacter sur les exigences dans son emploi futur (réemploi). En effet, l'historique du bâtiment permet de mettre en face les dates de mise en œuvre, et de réalisation des ouvrages ainsi que les interventions sur l'ouvrage (maintenance, réparation, rénovation, extension, modifications…) et donc les performances initiales. Le diagnostic déterminera ensuite l'état à un temps « t » ainsi que les performances résiduelles avant la possibilité de réemploi ou de transfert vers une autre voie de valorisation (réutilisation, recyclage ou déchet).

Dans la première partie de ce document, nous proposons une méthodologie de diagnostic des ressources pour les systèmes constructifs Bois, ainsi que des méthodes de caractérisation nécessaire pour évaluer l'état de dégradation des éléments en bois. Ceci permet d'apporter les performances sans dégrader les matériaux. Par la suite nous avons proposé une méthodologie de déconstruction des ouvrages en prenant l'exemple de la toiture, de la charpente ainsi que du mur à ossature Bois. Cette méthodologie apporte une liste d'outils et de précautions pour éviter la détérioration des parties d'ouvrages bois et permettant ainsi le réemploi dans une fonction identique.

La deuxième partie du travail a consisté à récolter les freins de la déconstruction pour les ouvrages bois actuels en rassemblant les retours des professionnels et scientifiques qui travaillent sur le sujet. Des ateliers thématiques de travail sur la déconstruction et le réemploi ainsi que des visites d'usine et des rencontres avec les professionnelles ont été organisés dans le cadre du projet. Ceci a permis d'alimenter les réflexions et la créativité. Elles seront complétées par un Hackathon, organisé pour rassembler plusieurs acteurs de la construction et de l'innovation afin de faire évoluer les habitudes de la construction vers la démontabilité et réemployabilité des systèmes.

Ce travail est une brique dans la thématique du réemploi de la construction Bois. Nous préconisons de compléter les guides pour aborder l'ensembles des parties d'ouvrage. De plus, nous nous proposons d'appliquer et de récolter les retours de chantiers réels afin d'en tirer des enseignements. Nous envisageons de compléter ce travail dans le cadre du plan Bois 4 ainsi qu'en collaborant avec les professionnels pour l'établissement de normes qui cadrent le réemploi des parties d'ouvrage Bois. Nous avons prévu de participer aux commissions de normalisation en France et en Europe ainsi que les commissions professionnelles pour partager et échanger sur le sujet.

L'emploi du bois dans la construction est par essence facilement démontable et réemployable. De plus, l'allongement de sa durée de service dans un second cycle par le réemploi, constitue un atout décisif pour la filière bois.

# ANNEXE A : GLOSSAIRE

## A1 - Définitions génériques (dans le cadre de ce document)

*Produit* : Terme générique désignant tout composant ou toute matière qui entre dans la composition des ouvrages.

*Procédé* : ensemble de produits mis en œuvre pour un emploi dans un ouvrage : par exemple, *procédé d'isolation thermique*, *procédé d'assèchement des murs*, *procédé d'étanchéité des terrasses*...

*Equipements* : Au pluriel, ***les équipements*** désignent l'ensemble des installations de confort, de sécurité, de domotique…. d'un bâtiment : chauffage, ventilation, sanitaires, réseaux électriques, dispositifs d'alarme, *etc.*

*Usage – emploi :* Fonction du produit/procédé/équipement dans le bâtiment

*Domaine d'emploi* (pour les besoins de ce document) : Ensemble des informations relatives à l'emploi d'un produit/procédé/équipement comprenant notamment :

- La localisation géographique de l'ouvrage dans lequel le produit/procédé/équipement est employé (vis-à-vis des régions de vent, des régions de neige, des zones sismiques, des atmosphères extérieures, …) ;
- La typologie du bâtiment (bâtiment d'habitation, Etablissement Recevant du Public, …) ;
- La description des ouvrages ou parties d'ouvrage réalisés avec le produit/procédé/équipement ou dans lequel le produit est utilisé ;
- La configuration d'emploi, c'est-à-dire les conditions dans lesquelles le produit/procédé/équipement a été employé (type de support, type de mise en œuvre, expositions spécifiques auxquelles le produit est soumis, …)

*Emploi initial* : **usage et domaine d'emploi** du produit/procédé/équipement que l'on souhaite déposer et réemployer.

*Emploi futur* : **usage et domaine d'emploi** que l'on cible à l'issue de la dépose.

*Ouvrage de destination* : ouvrage ou partie d'ouvrage dans lequel le produit va être réemployé

*Réemploi/réutilisation*

Les types de configurations suivants peuvent être distingués pour le nouvel usage :

- Un usage et un domaine d'emploi strictement identiques à l'usage et au domaine d'emploi initial [Réemploi – Visé par ce document] ;
- Un usage identique mais un domaine d'emploi différent par rapport au domaine d'emploi initial, c'est-à-dire que les performances essentielles à justifier sont différentes de celles du domaine d'emploi initial. 2 cas de figures existent dans cette configuration :
    - Les performances essentielles attendues pour le nouvel usage sont moindres. C'est par exemple le cas pour une cloison séparative acoustique utilisée en cloison séparative standard [Réemploi – **Visé** par ce document] ;
    - Les performances essentielles attendues pour le nouvel usage sont plus importantes [Réemploi – **Non visé** par ce document] ;
- Un usage « différencié » de l'usage initial, par exemple le cas d'une utilisation de revêtements de façade en pavage de sol. Il ne s'agit alors pas de réemploi au sens du présent document et n'est pas visé par le présent document [Réutilisation – **Non visé** par ce document].

Performances résiduelles : Performances du produit après utilisation pendant un cycle d'utilisation

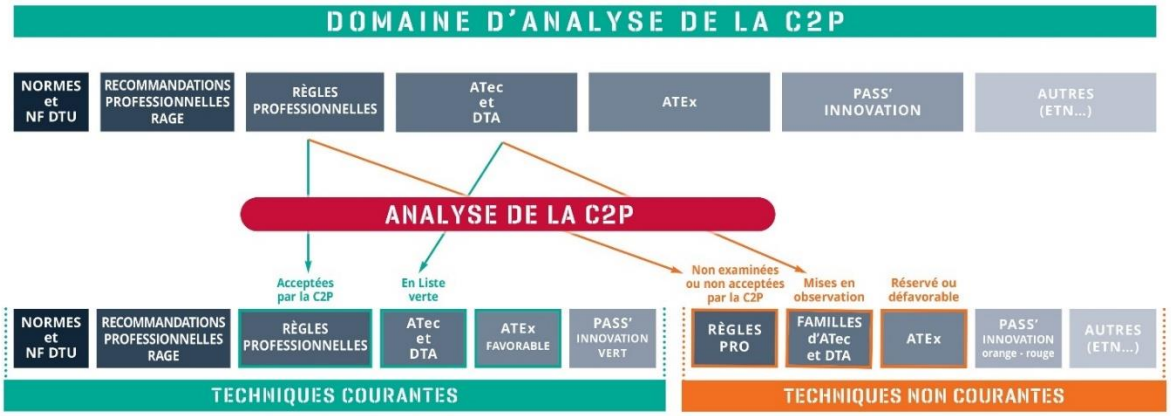
*Techniques traditionnelles :* l'ensemble :

- des produits et des procédés dont les normes de production, dimensionnement et mise en œuvre permettent la construction d'un ouvrage pérenne ;

- des produits et procédés qui résultent pour leur fabrication, leur dimensionnement et leur mise en œuvre de techniques éprouvées de longue date ou couvertes par ce qu'il est convenu d'appeler les règles de l'art.

*Techniques non traditionnelles* : l'ensemble des produits et procédés qui, de par leur nature et/ou leur mise en œuvre, dérogent à ce qu'il est convenu d'appeler les Règles de l'Art (Documents Techniques Unifiés, Règles Professionnelles, Recommandations professionnelles RAGE).

*« Technique courante » ou « Technique non courante »* au sens assurantiel du terme sur la base du schéma de l'AQC suivant :




**La C2P (Commission Prévention Produits mis en œuvre)** de l'AQC, un lien entre domaine traditionnel ou non et techniques courantes ou non
*Source: http://www.qualiteconstruction.com/pole-prevention-produits*

**Acteurs**

*Maitre d'ouvrage A* : maitre d'ouvrage propriétaire des produits qui seront réemployés

*Maitre d'ouvrage B* : maitre d'ouvrage pour lequel les produits issus du réemploi seront mis en œuvre

*Diagnostiqueur/qualificateur réemploi* : Personne en charge du « diagnostic réemploi » dont les compétences sont à définir.

**Sigles**

- DOE : Dossier des Ouvrages Exécutés
- ATEx : Appréciation Technique d'Expérimentation
- ATec : Avis Technique
- DPM : Documents Particuliers du Marché
- DOE : Dossier des Ouvrages Exécutés

## A2 - Définitions spécifiques aux charpentes bois

**About** : extrémité d'une pièce de bois.

**Ancrage** : élément assurant la fixation de la charpente à la maçonnerie : équerre, étrier…Un ancrage peut être bloqué, ou laisser une certaine liberté aux pièces de la charpente.

**Anti flambement** (dispositif d') : ensemble des pièces destinées à lutter contre la déformation dans le sens de leur épaisseur des pièces des fermes soumises à compression.

**Appui** : point où la charpente repose sur un élément porteur rigide.

**Arbalétrier** : pièce oblique portant l'un des deux versants du toit. L'arbalétrier s'assemble à la base avec l'entrait, au sommet avec le poinçon.

**Articulation** : liaison permettant aux pièces assemblées un jeu en rotation.

**Boiteuse** (ferme) : ferme dont les appuis sur la maçonnerie sont à des hauteurs différentes.

**Chaînage** : poutre, généralement en béton armé, assurant une rigidification du couronnement, d'un mur, ou d'une arête.

**Chevêtre** : pièce de bois dans laquelle s'emboîtent des solives, des chevrons ou des pannes en limite d'une trémie.

**Chevron** : pièce de bois de section plutôt carrée posée dans le sens du rampant sur laquelle on fixe des liteaux qui soutiennent la couverture.

**Connecteur** : plaque en tôle d'acier, munie de dents embouties, permettant l'assemblage des pièces constituant les fermes d'une charpente industrialisée.

**Contreventement** : ensemble des pièces destinées à stabiliser la charpente contre la poussée horizontale du vent.

**Croupe** : pan de toit de forme généralement triangulaire.

**Dévoyer** : détourner une pièce de bois de sa trajectoire normale, afin de permettre le passage d'autres pièces prioritaires.

**Encuvement** (ferme à) : ferme sans entrait, dont la base des arbalétriers est rehaussée par rapport à la maçonnerie à l'aide de deux pieds droits et d'une triangulation. Elle prend ainsi appui sur la maçonnerie par deux ancrages.

**Entrait** : poutre horizontale reliant les arbalétriers, généralement à leur base, dont elle maintient l'écartement.

**Diagonale** (ou pièce de bois de triangulation) : pièce de bois reliant deux pièces de structure (par exemple l'entrait à un arbalétrier), afin de constituer une structure triangulaire.

**Entraxe des fermes** : distance séparant l'axe vertical de deux fermes.

**Entretoise** : pièce de bois qui sert à relier, dans un écartement fixe, des poutres.

**Faîte, ou faîtage** : arête supérieure d'un comble.

**Faux-aplomb** : caractère d'un mur (ou d'une ferme) qui n'est pas parfaitement vertical(e).

**Ferme** : assemblage de pièces (deux arbalétriers, diagonales et généralement un entrait, parfois un poinçon) de forme généralement triangulaire. Une ferme est destinée à porter le faîtage, les pannes,

les chevrons et les plafonds d'un comble.

**Feuillard** : bande étroite d'acier.

**Flambement** (ou flambage) : instabilité d'une pièce comprimée sous l'effet de la compression.

**Flèche** : déformation transversale d'une pièce sous l'action d'une charge.

**Fourrure** : pièce rapportée pour doubler un élément.

**Gousset** : plaque d'assemblage trapézoïdale, souvent en contreplaqué, parfois en acier.

**Lisse** : pièce longitudinale en bois reliant les fermes.

**Lisse filante** : lisse croisant plusieurs fermes consécutives.

**Liteau** : bois de petite section supportant une couverture en petits éléments (tuiles, ardoises…).

**Nœud de triangulation** : point d'une ferme où s'assemblent plusieurs pièces.

**Ouvrage particulier** : ouvrage tel que cheminée, lucarne, fenêtre de toit, escalier… à intégrer dans la mise en oeuvre d'une charpente.

**Panne** : pièce de bois horizontale qui sert à soutenir les chevrons.

**Pannelette** : panne de petite section et de portée réduite.

**Pignon** : mur d'extrémité d'une construction, généralement perpendiculaire à l'axe du faîtage.

**Poinçon** : pièce verticale d'une ferme reliant l'entrait au faîtage.

**Portée** : distance franchie entre deux appuis, pour une pièce en flexion (arbalétrier, entrait, lisse filante…) ou partie de pièce qui porte sur un appui.

**Poutre** (au vent) : ensemble rigide de pièces (pièces de bois assemblées en triangulations, matériau composite) destiné à venir renforcer la charpente, notamment pour le contreventement.

**Prolonge** (d'arbalétrier) : partie de l'arbalétrier située à l'extérieur de son assemblage avec l'entrait, afin de le prolonger jusqu'à la maçonnerie.

**Rehausse** : poutre doublant par-dessus l'entrait d'une ferme. La rehausse est destinée à augmenter la résistance de l'entrait pour supporter le plancher du comble.

**Rive** : petit côté d'une pièce de bois.

**Section** : surface en coupe d'une pièce (produit de l'épaisseur par la hauteur).

**Solive** : pièce de bois recevant les planches du plancher et supportant les lattes du plafond.

**Trémie** : ouverture réservée dans un plancher ou une toiture destinée à être occupée par un escalier, une lucarne ou un conduit d'évacuation des fumées.

**Triangulation** : pièces de bois, disposées en diagonale entre deux éléments de charpente, et destinée à rigidifier l'ensemble (par exemple les diagonales d'une ferme ou celles d'un système de contreventement).

**Volige** : latte sur laquelle sont fixés les éléments de couverture.

# ANNEXE B : CHRONOLOGIE D'UN DIAGNOSTIC REEMPLOI

Les phases suivantes d'un diagnostic ont été mises en avant :

- Une première phase documentaire afin de se familiariser avec :
    - Les plans du site ;
    - Les diagnostics du site (diagnostics amiante, plomb, …) ;
    - Les Dossiers des Ouvrages Exécutés (DOE) et documents liés à la nature des matériaux et à leur pose ;
    - Tous documents pertinents issus de la Due Dilligence du bâtiment ;
    - Les éléments du marché de démolition et curage, le cas échéant, afin de connaître les premières méthodes de dépose, déconstruction et/ou démolition (situation dans le bâti et moyens de dépose).

- Une première visite in-situ préparatoire sous la forme d'une inspection visuelle :
    - Repérage des différents matériaux ;
    - Identification des matériaux pouvant être a priori réemployés et de l'étendue du gisement ;
    - Localisation de ces matériaux ;
    - Premières réflexions sur les méthodes de déconstruction possibles à adopter sur le site : démontabilité ou déconstruction et moyens associés en cohérence avec les caractéristiques du site.

- Une phase d'approfondissement des archives disponibles au regard de la première visite et en particulier la recherche, si besoin, les documents techniques justificatifs de l'époque (fiches techniques, notice d'installation, certificats, Avis Technique/ATEx, …).

- Une seconde visite in-situ si nécessaire :
    - Qualification fine des gisements réemployables (contrôle visuel, risques identifiés, homogénéité du gisement) ;
    - Tests et échantillonnages si nécessaire ;
    - Récupération de données historiques sur site liées aux différents gisements si nécessaire ;
    - Détail sur la gouvernance des différents matériaux (MOA, partenariat avec un autre MOA, prestation du démolisseur, industriel à l'origine du produit) ;
    - Identification des débouchés possibles de chaque matériau et fiabilisation du choix des filières.

- La mise à disposition du rapport de diagnostic réemploi :
  L'élaboration des fiches matériaux (incluant le diagnostic du produit à déposer, le diagnostic du domaine d'emploi, les performances résiduelles ayant pu être déterminées in-situ, les modes de preuve à apporter pour les autres performances résiduelles à caractériser en laboratoire ainsi que, les préconisations de la dépose à la remise en œuvre).

Préalablement à chaque visite, il conviendra de s'assurer :

- Quelles zones du bâtiment concerné par le diagnostic sont visitables et accessibles dans des conditions de sécurités adéquates (électricité en fonctionnement, présence d'éclairage, pas de dégradation importante du bâti) ;
- De vérifier si le port des protections individuelles de sécurité est nécessaire ;
- De prévoir les appareils et outils adéquats, à savoir (liste non exhaustive) :
    - Lampe torche (frontale),
    - Tablette numérique,
    - Papier et plan imprimé,
    - Crayons,
    - Appareil photo,
    - Marqueur,
    - Outil de mesure : Mètre mesureur, Télémètre, Humidimètre, Pied à coulisse
    - …

A ces phases s'ajoutent des interfaces d'échanges en parallèle avec l'équipe projet du site à démolir et, dans le cas d'un réemploi dont le débouché est un site de construction/rénovation connu, l'équipe projet de l'opération de construction accueillante.

Enfin, la notion de calendrier est importante pour s'assurer de l'efficacité du diagnostic déchet : celui-ci

doit intervenir sur le site démoli avant le lancement des travaux de curage et de façon optimale avant la consultation des entreprises de curage/démolition et sur le site de réemploi (le cas échéant) relativement tôt dans la phase de conception (Esquisse/APS par exemple) pour être intégré au processus de choix des matériaux.

# ANNEXE C : PERFORMANCES RESIDUELLES ET MODES DE PREUVES

## C1 - Introduction

Cette partie vient proposer une méthode de caractérisation des performances résiduelles en vue d'un réemploi.

Au stade du diagnostic, le(les) domaine(s) d'emploi futur(s) du produit n'est (ne sont) pas nécessairement connu(s). Il est par conséquent utile que le « diagnostiqueur/qualificateur réemploi », réunisse au maximum les informations relatives aux performances résiduelles du produit :

- Performances résiduelles pouvant être indiquées dans le diagnostic car contrôlables directement in-situ (contrôle visuel, mesures in-situ, …) ;
- Performances résiduelles pouvant être indiquées dans le diagnostic car existence de bases de données (abaques, …) permettant de « déduire » ces performances à partir :
    - Soit des caractéristiques initiales des fiches techniques du fabricant ;
    - Soit par transposition d'une mesure de performances (ex : masse volumique vs caractéristique thermique) ;
- Informations à destination de la maîtrise d'ouvrage B quant aux contrôles, essais, … complémentaires à envisager préalablement au réemploi lorsque les performances résiduelles ne peuvent pas être caractérisées lors de la phase de diagnostic.

Ces éléments étant destinés à donner les informations utiles quant à un potentiel de réemploi, il y a lieu de distinguer, au regard de « l'emploi initial » et de « l'emploi futur » pas nécessairement connu (cependant sur la base du même usage mais le domaine d'emploi pouvant être différent avec moindres contraintes), les différentes caractéristiques en fonction de leur niveau deperformance attendue.

Une fois que les performances à justifier ont été identifiées, il s'agit ensuite d'apporter pour chacune d'elle une justification.

Cette justification peut prendre différentes formes, ce en fonction des caractéristiques du produit et du type de performance(s) à justifier :

- Justifications sur la base de connaissances historiques : Fiches techniques initiales du fabricant décrivant les performances annoncées, notice de pose, Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE), Rapport d'essais initiaux, Avis Technique ou Appréciation Technique d'Expérimentation d'époque, certificats, … ; Dans ce cas, une attention particulière doit être apportée sur les points suivants :
    - Il doit être vérifié que les produits mis en œuvre correspondent bien aux produits visés par les documents (via les marquages des produits, d'éventuelles photographies des conditionnements lors de la mise en œuvre, …)
    - Les caractéristiques initiales sur les documentations sont des caractéristiques initiales qui peuvent être modifiées pendant la vie en œuvre ou lors de travaux de rénovation. Pour certaines d'entre elles, il s'avèrera nécessaire de recourir aux types de justifications présentées ci-dessous.

- Justifications sur la base de contrôles in-situ. Ces contrôles peuvent être réalisés au stade du diagnostic ou à certaines étapes clés (notamment après dépose ou après reconditionnement). Ils peuvent prendre la forme de contrôles visuels ou de contrôle mobilisant des moyens techniques portatifs permettant des contrôles in-situ. Ils peuvent par ailleurs être réalisés par des experts qualifiés (exemple de la mise en charge sur gros œuvre béton) et/ou indépendants.

- Justifications sur la base d'un échantillonnage et d'un protocole d'essais en laboratoire.

**Exemple de justifications/contrôles :**

- Contrôle amont par le « diagnostiqueur/qualificateur réemploi »
    ➔ *Ex. : défauts visuels*
- Caractérisation aval par l'entreprise
    ➔ *Ex. : Etat des rainures/languettes*
- Caractérisation par tiers compétent (in situ / ex-situ)
    ➔ *Ex. : Reconnaissance essence du bois en laboratoire*

## C2 - Performances résiduelles

**A noter : le respect des exigences règlementaires (indiquée ci-après « réglementaire ») est obligatoire.**

Cependant, le respect des performances en lien avec la sécurité des personnes et en lien avec l'aptitude à l'emploi listées ci-dessous permettent de renforcer la confiance dans les performances du composant d'ouvrage réemployé.
Les règlementations applicables à l'emploi initial, transposables à l'emploi futur pour un domaine d'emploi identique ou domaine d'emploi moins constraignants sont les suivant :

| Règlementations | Applicable ? | | Documents ou informations à réunir* |
|---|---|---|---|
| | OUI | NON | |
| Règlementations thermiques (neuf ou rénovation) | | | |
| Règlementation qualité de l'ai intérieur (étiquetage) | | | |
| Règlementation biocides | | | |
| Règlementation qualité environnementale et sanitaire des produits de construction | | | |
| Règlementation incendie/réaction au feu | | | |
| Réglementation incendie/Résistance au feu | | | |
| Règlement sismique | | | |
| Règlement accessibilité | | | |
| *ex : documents permettant d'évaluer si la règlementation peut être respectée dans le cadre du réemploi : fiche technique, FDES, rapports d'essais, DOE, … | | | |

### Performances thermiques

Les cas de figures peuvent se présenter :

- La résistance thermique est connue et aucun reconditionnement (ponçage) n'est envisagé
  - ➔ Alors la caractéristique initiale peut être réutilisée

- La résistance thermique est connue et un reconditionnement (ponçage) est envisagé
  - ➔ Alors la caractéristique initiale ne peut pas être réutilisée et il conviendra de porter à la connaissance du futur utilisateur que, si « l'emploi futur » est prévu sur plancher chauffant ou réversible, la détermination de la résistance thermique est à prévoir en laboratoire. Il conviendra aussi de prévoir les essais de stabilité dimensionnelle au caisson climatique (NF B 54-008).

- La résistance thermique n'est pas connue
  - ➔ Selon la fonction de l'élément en bois, il conviendra de porter à la connaissance du futur utilisateur, que la détermination de la résistance thermique est à prévoir en laboratoire. Il conviendra aussi de prévoir les essais de stabilité dimensionnelle au caisson climatique (NF B 54-008).

### Qualité de l'air intérieur

La règlementation porte sur le niveau d'émission de substances volatiles dans l'air intérieur présentant un risque de toxicité par inhalation.

Deux cas de figures sont à envisager :

- aucune finition n'a été appliquée ultérieurement à la caractérisation « qualité de l'air intérieur » et les éventuelles étapes de reconditionnement **n'intègrent pas** de pose de finition. Alors il peut être considéré que le composant d'ouvrage satisfait à la règlementation.
  Remarque : Il convient cependant d'attirer l'attention auprès du futur utilisateur que ceci ne présage pas de la satisfaction à la réglementation si une nouvelle finition est appliquée lors de la mise en œuvre.

- les éventuelles étapes de reconditionnement **intègrent** la pose de finition ou il est prévu l'application d'une nouvelle finition in-situ. Alors il convient d'attirer l'attention auprès du futur utilisateur que le respect de la règlementation sera à prouver via généralement une caractérisation en laboratoire du nouveau système (parquet + finition).

### Substances dangereuses

La réglementation porte sur l'évaluation des risques posés par les produits chimiques des produits mis sur le marché.

Deux cas de figures sont à envisager :

- aucune finition n'a été appliquée ultérieurement à la caractérisation « substance dangereuses » et les éventuelles étapes de reconditionnement **n'intègrent pas** de pose de finition. Alors il peut être considéré que le composant d'ouvrage satisfait à la règlementation.
  Remarque : Il convient cependant d'attirer l'attention auprès du futur utilisateur que ceci ne présage pas de la satisfaction à la réglementation si une nouvelle finition est appliquée lors de la mise en œuvre.

- les éventuelles étapes de reconditionnement **intègrent** la pose de finition ou il est prévu l'application d'une nouvelle finition in-situ. Alors il convient d'attirer l'attention auprès du futur utilisateur que le respect de la règlementation sera à démontrer.

### Performances environnementales et sanitaires

Dans le cas où aucune communication ne prévoit d'allégation environnementale pour la mise du produit de réemploi sur le marché, il n'y a pas d'obligation d'établir une déclaration environnementale.

S'il y a une volonté de communication sur la qualité environnementale et sanitaire (allégation environnementale), une déclaration environnementale devra être établie. Compte tenu des modifications majeures liées à une 1ère vie en œuvre, au fait du réemploi, … la déclaration environnementale éventuellement existante sur le produit n'est pas transposable et une nouvelle déclaration devra être établie.

### Performance acoustique

Il n'y a pas de caractérisation de performance résiduelle à envisager sur les éléments bois dans la mesure où la performance acoustique est apportée par l'ensemble de matériaux d'une paroi.

### Incendie - Réaction au feu

Différents cas de figures peuvent se présenter selon l'existence ou non d'un classement de réaction au feu initial, de sa validité au moment du réemploi, des conditions de mise en œuvre pour « l'emploi futur », …

Deux cas de figures sont à envisager :

- aucune finition n'a été appliquée ultérieurement à la détermination du classement de réaction au feu et les éventuelles étapes de reconditionnement **n'intègrent pas** de pose de finition.
  ➔ Le logigramme de l'annexe F précise alors l'utilisation possible ou non du classement initial.
  Remarque : Dans le cas où le classement de réaction au feu serait utilisable, ill convient cependant d'attirer l'attention auprès du futur utilisateur que ceci ne présage pas de la satisfaction à la réglementation si une nouvelle finition est appliquée lors de la mise en œuvre.

- les éventuelles étapes de reconditionnement **intègrent** la pose de finition ou il est prévu l'application d'une nouvelle finition in-situ
  ➔ Il y aura alors lieu de déterminer le classement de réaction au feu selon l'emploi futur :
  - Dans le cas des **bois bruts**: le classement de réaction au feu du système de finition s'applique si et seulement si les conditions de mise en œuvre (parquet support, prescriptions d'application de la finition, …) sont visées par ce classement. Dans le cas contraire, le classement de réaction au feu doit être déterminé.
  - Dans le cas des **parquets bruts** ne faisant pas l'objet d'un classement conventionnel (selon tableau 1 de la norme NF EN14342), le classement de réaction au feu du système complet (parquet + finition) doit être déterminé.

## Glissance (réglementaire et/ou sécurité des personnes pour les parquets)

Ce paragraphe est à prendre en compte uniquement si un réemploi est prévu dans des locaux nécessitant la caractérisation de la glissance (soit pour des raisons réglementaires, soit au regard des Documents Particuliers du Marché). Il y a alors lieu de mentionner la résistance à la glissance du système (« parquet + finition »)

Les différents cas de figures sont à distinguer :

- **La résistance à la glissance du produit est connue**
  L'analyse des documents historiques ont permis de recueillir un rapport d'essais mentionnant la résistance à la glissance du revêtement pour son « emploi initial ».

  Les cas de figures suivants peuvent ensuite être envisagés :
  - aucune finition n'a été appliquée ultérieurement à la caractérisation de glissance **et** les éventuelles étapes de reconditionnement **n'intègrent pas** de pose de finition.
    ➔ Il pourra alors être considéré que les performances à la glissance sont maintenues pour un domaine d'emploi strictement identique ou moins contraignant en termes de résistance à la glissance (locaux et conditions d'entretien) ;
  - les éventuelles étapes de reconditionnement **intègrent** un ponçage et la pose de finition ou il est prévu l'application d'une nouvelle finition in-situ.
    ➔ Il y aura alors lieu de déterminer la résistance à la glissance sur le produit dans sa configuration prévue dans son « emploi futur » (c'est-à-dire, avec finition, appliquée en phase de reconditionnement ou in-situ) (cf. « Echantillonnage / Caractérisation » ci-après).

- **La résistance à la glissance du produit n'est pas connue**
  - ➔ Il y aura alors lieu de déterminer la résistance à la glissance sur le produit dans sa configuration prévue dans son « emploi futur » (c'est-à-dire, avec finition, appliquée en phase de reconditionnement ou in-situ) (cf. « Echantillonnage / Caractérisation » ci-après).

Echantillonnage / Caractérisation

Dans le cas où des essais seront à envisager :

- soit des mesures sont à réaliser en laboratoire en suivant les étapes suivantes :
  - Séparation des composants d'ouvrage pour en faire des groupes homogènes au regard des dégradations constatées (dégradation de la surface en lien avec d'éventuels trafics différenciés pendant « l'emploi initial » du produit, poinçonnement, …)
  - Prélèvement dans chaque zone d'un nombre de lame permettant de reconstituer une éprouvette d'essais homogène (pour essai plan incliné, éprouvette d'essais : 1000 x 500 mm – pour autres essais : 4 lames juxtaposées dans le sens large x 500mm long).
  - Réalisation des essais en laboratoire, sur des éprouvettes reconditionnées tel que prévu pour « l'emploi futur », selon le référentiel normatif adapté à « l'emploi futur » par exemple selon une des méthodes décrites dans la norme XP CEN/TS 16165 « Détermination de la résistance à la glissance des surfaces piétonnières »

- soit des mesures peuvent être réalisées in-situ, sur le produit une fois réemploi, selon la norme XP CEN/TS 16165 « Détermination de la résistance à la glissance des surfaces piétonnières - Méthodes d'évaluation annexe C Essai au pendule de frottement ».
  - ➔ Remarque : en l'absence d'information quant aux éventuels reconditionnements du produit, l'essai in-situ avant dépose ne présente aucun intérêt.

## Classement d'usage (aptitude à l'emploi)

Pour déterminer le classement d'usage, plusieurs cas de figure peuvent être envisagés.

**Classement d'usage connu**

L'analyse des documents historiques et le contrôle visuel ont permis de recueillir le classement d'usage (et/ou la classe de dureté des essences et l'épaisseur de la couche supérieure).

Deux cas de figures peuvent ensuite se présenter :

- Si les éléments de parquet requièrent aucun ponçage (qui affecterait l'épaisseur de la couche supérieure, avant réemploi)
  - ➔ Alors le classement initial est maintenu.

- certaines dégradations sont constatées : poinçonnement, rayures, esthétique, … conduisant à un reconditionnement via un ponçage de la couche supérieure (dans la limite d'une épaisseur résiduelle d'au moins 1,5 mm après ponçage)
  - ➔ le nouveau classement d'usage pourra être déterminé, grâce aux tableaux de la norme XP B 53-669, en tenant compte de l'épaisseur initiale de la couche supérieure et de son épaisseur résiduelle après ponçage.

**Classement d'usage non connu**

L'analyse des documents historiques et le contrôle visuel n'ont pas permis de recueillir le classement d'usage.

Les cas de figures suivants peuvent ensuite se présenter :

- L'essence qui constitue le parement est connue :
  - ➔ La mesure des épaisseurs initiale et résiduelle (en cas de ponçage) de la couche supérieure permettra de déterminer le classement d'usage grâce aux tableaux de la norme XP B 53-669 ;

- L'essence qui constitue le parement n'est pas connue
  - ➔ La détermination en laboratoire de l'essence couplée à une mesure des épaisseurs initiale et résiduelle (en cas de ponçage) de la couche supérieure permettra de déterminer le classement d'usage grâce aux tableaux de la norme XP B 53-669 ;

Echantillonnage / Caractérisation

- Séparation des composants d'ouvrage pour en faire des groupes homogènes au regard des dégradations constatées ;
- Prélèvement d'une lame par lot (1 lot = 1 provenance)
- Réalisation des essais de reconnaissance de l'essence en laboratoire
- Détermination de l'épaisseur initiale et de l'épaisseur résiduelle de la couche supérieure (en cas de ponçage).
- Détermination de la classe d'usage grâce aux tableaux de la norme XP B 53-669.

## Autres caractéristiques d'aptitude à l'emploi

Les différents cas de figure sont à envisager :

- Les caractéristiques sont connues, le produit ne présente pas de détérioration **et** les éventuelles étapes de reconditionnement **n'intègrent pas** de pose de finition.
  - ➔ Alors l'utilisation du produit dans des conditions strictement identiques ou de moindres contraintes est possible

- Dans tous les autres cas, l'information devra être portée à la connaissance du futur utilisateur afin qu'il puisse prévoir les essais d'aptitude à l'emploi pertinent au regard de son « emploi futur ».

## C3 – Récapitulatif des performances fiabilisées ou à fiabiliser

En se basant sur les informations collectées lors du diagnostic et des modes de preuve préconisés pour chacune des performance identifiées, il s'agit ici d'identifier les performances qui peuvent être considérées comme justifiées par l'examen des documents disponibles et la visite de site et les performances qui nécessitent des modes de preuve complémentaires pour pouvoir être justifiées (par exemple : échantillonnage et essais).

Il s'agit donc ici d'analyser, pour chacune des performances recensées, si la performance peut être considérée comme justifiée ou de recenser les moyens à mettre en œuvre pour la justifier, en suivant les préconisations précisées ci-avant.

Sur cette base, le « diagnostiqueur/qualificateur réemploi » indiquera, autant que possible et de manière bien entendu non exhaustive, les potentiels domaines possibles. L'exemple ci-dessous est une fiche pour le parquet et peut inspirer toutes les autres parties d'ouvrage.

| **Nature de la performance** | **Type de performance** | **Réemploi sans reconditionnement sur la finition (pas de ponçage, pas d'application de nouvelle finition) et aucune application de finition lors de la mise en œuvre dans emploi futur** | | **Réemploi avec reconditionnement sur la finition (ponçage, application d'une nouvelle finition)** | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Justification disponible** | **Justification non disponible** | **Justification disponible** | **Justification non disponible** |
| **Règlementaires** | Qualité de l'air intérieur (étiquetage) | Classement initial utilisable | Classement à déterminer<br>➔ Essai en laboratoire | Classement initial non utilisable<br>➔ Essai en laboratoire | |
| | Règlement européen REACh | Pas de justification complémentaire à apporter | Satisfaction à la réglementation à démontrer | Applicable pour la nouvelle finition | |
| | Qualité environnementale et sanitaire des produits de construction | Déclaration environnementale à établir (uniquement si allégation environnementale accompagne la commercialisation du produit | | Déclaration environnementale à établir (uniquement si allégation environnementale accompagne la commercialisation du produit | |
| | Acoustique | Aucune performance requise sur le parquet<br>Applicable à la sous-couche utilisée | | Aucune performance requise sur le parquet<br>Applicable à la sous-couche utilisée | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Incendie / Réaction au feu | Cf. logigramme Annexe F<br>- Classement initial utilisable Ou<br>- Classement à déterminer<br>➔ Essai en laboratoire + courrier (pas de rapport de classement possible) | Classement à déterminer selon emploi futur<br>➔ Essai en laboratoire + rapport de classement | Classement initial non utilisable<br>- Parquets bruts **classés conventionnellement** : classement de réaction au feu du système de finition utilisable si et seulement si les conditions de mise en œuvre (parquet support, prescriptions d'application de la finition, …) sont visées par ce classement.<br>- Parquets bruts **non classés conventionnellement** :<br>Classement à déterminer selon emploi futur<br>➔ Essai en laboratoire + rapport de classement |
| | Accessibilité aux personnes handicapées | Utilisable | A déterminer selon emploi futur<br>➔ Essai en laboratoire<br>ou<br>➔ Essai in-situ (parquet mis en œuvre dans emploi futur) | A déterminer selon emploi futur<br>➔ Essai en laboratoire<br>ou<br>➔ Essai in-situ (parquet mis en œuvre dans emploi futur) |
| **Sécurité des personnes** | Glissance | Classement initial utilisable | Classement à déterminer selon emploi futur (réglementation et DPM)<br>➔ Essai en laboratoire<br>ou<br>Caractérisation in-situ (parquet mis en œuvre dans emploi futur) | Classement à déterminer selon emploi futur (réglementation et DPM)<br>➔ Essai en laboratoire<br>ou<br>➔ Essai in-situ (parquet mis en œuvre dans emploi futur) |
| **Aptitude à l' emploi** | Classement d'usage<br><br>(Parquet brut) | Classement initial utilisable | Classement à déterminer<br>➔ Essai en laboratoire de l'essence du bois et épaisseur du parement | Classement à déterminer<br>➔ Essai en laboratoire de l'essence du bois et épaisseur du parement |
| | Stabilité dimensionnelle du système vis-à-vis des variations d'hygrométrie ambiante | Justification initiale utilisable | Justification basée sur cycle d'utilisation initial(**) | A déterminer si emploi futur en pose flottante ou collée<br>➔ Essai en laboratoire |
| | Résistance à l'abrasion (parquet revêtu de finition huile ou vernis) | Justification initiale utilisable | Justification basée sur cycle d'utilisation initial(**) | A déterminer sur le système complet (parquet + finition) si finition huile ou vernis en emploi futur<br>➔ Essais en laboratoire |
| | Résistance à la rayure (parquet revêtu de finition vernis) | Justification initiale utilisable | Justification basée sur cycle d'utilisation initial(**) | A déterminer sur le système complet (parquet + finition) si finition vernis en emploi futur<br>➔ Essai en laboratoire |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Adhérence du vernis | Justification initiale utilisable | Justification basée sur cycle d'utilisation initial (**) | A déterminer sur le système complet (parquet + finition) si finition vernis en emploi futur<br>➔ Essais en laboratoire |
| | Epaisseur et résistance aux chocs du vernis | Justification initiale utilisable | Justification basée sur cycle d'utilisation initial (**) | A déterminer sur le système complet (parquet + finition) si finition vernis en emploi futur<br>➔ Essais en laboratoire |
| | Résistance aux agents chimiques (parquet revêtu de finition huile ou vernis) | Justification initiale utilisable | Si contraintes identiques ou moindres dans emploi futur : justification initiale utilisable (**) | A déterminer si risque d'exposition aux produits chimiques et finition huile ou vernis dans l'emploi futur<br>➔ Caractérisation en laboratoire |
| | Le cas échéant, résistance à l'arrachement de surface | Justification initiale utilisable | Justification basée sur cycle d'utilisation initial (**) | A déterminer selon emploi futur<br>➔ Caractérisation en laboratoire |
| | Le cas échéant, gonflement en épaisseur | Justification initiale utilisable | Justification basée sur cycle d'utilisation initial (**) | A déterminer selon emploi futur<br>➔ Caractérisation en laboratoire |
| | Le cas échéant, Résistance à la traction des assemblages | Justification initiale utilisable | Justification basée sur cycle d'utilisation initial (**) | A déterminer si parquet à assemblage mécanique<br>➔ Caractérisation en laboratoire |
| | Le cas échéant, résistance à la lumière | Justification initiale utilisable | Si contraintes identiques ou moindres dans emploi futur : justification initiale utilisable (**) | A déterminer selon DPM emploi futur<br>Caractérisation en laboratoire |
| | | | (**) si le réemploi est envisagé sans reconditionnement de la surface, il est ici considéré que le 1er cycle d'utilisation apporte une démonstration de la performance | |
| **Performances complémentaires** | Thermique | Justification initiale utilisable | A déterminer si emploi futur sur plancher chauffant ou réversible<br>➔ Caractérisation en laboratoire | A déterminer si emploi futur sur plancher chauffant ou réversible<br>➔ Caractérisation en laboratoire |

Tableau 3 : identification des performances fiabilisées ou à fiabiliser (exemple des parquets)

## C4 : Normes et Règles de l'Art

Des fiches de référentiels techniques applicables à la construction et aux systèmes Bois sont disponibles en ligne via le site : https://catalogue-construction-bois.fr/referentiels-techniques/boisref/

Il s'agit de fiches initiées en 2017 dans le cadre du Plan Bois 3, dont l'axe 2 est spécifiquement dédié à la facilitation de l'appropriation de tous les référentiels techniques de la filière bois par les acteurs de l'ingénierie du bâtiment.

Le guide est destiné à faciliter identification des solutions techniques et des outils de justifications associées de la filière Bois.

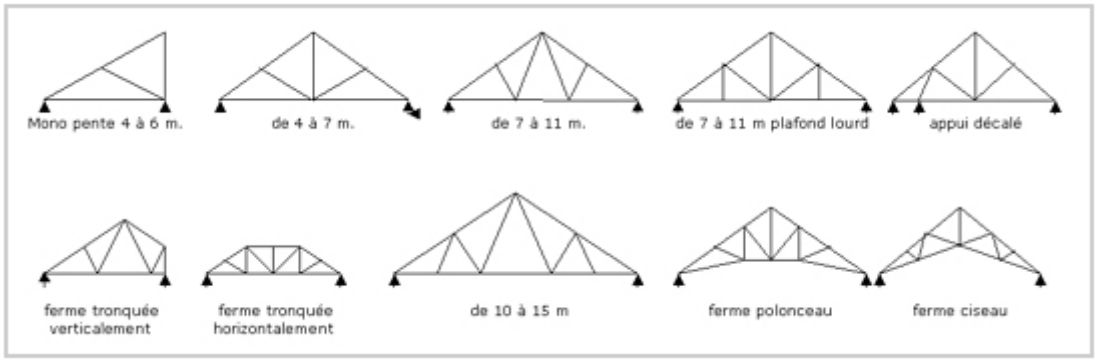
L'objectif était de favoriser, par sensibilisation et élaboration d'un outil adapté, l'appropriation des acquis techniques de la filière.

### La charpente bois industrialisée ou technique de la fermette.

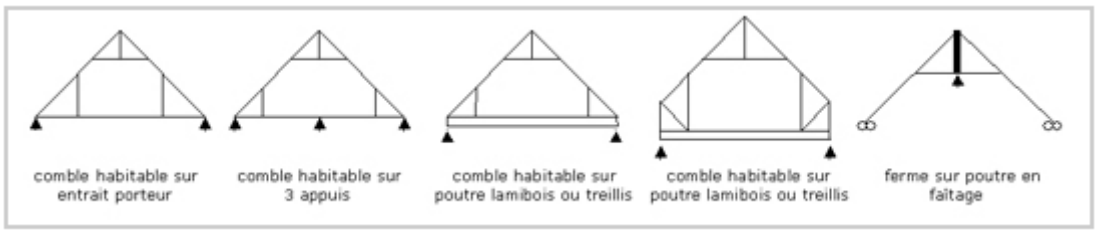
La technique de la fermette est un dérivé de la "ferme chevrons" traditionnelle que l'on retrouve dans un grand nombre de nos vieux châteaux et dont l'apparence fait irrésistiblement penser à une coque de bateau renversée.
Cette technique ancestrale a été simplifiée, rationalisée et industrialisée en calculant très précisément les sections de bois et en appliquant un mode d'assemblage simple et très efficace : le connecteur métal
Ferme : élément de charpente triangulée, posé sur poteaux ou sur les murs pour supporter ensuite les pannes et la toiture.
Fermette : ferme de faible épaisseur, assemblée par connecteurs métalliques. Les fermettes sont disposées en appui sur les murs et à intervalles réguliers. Elles supportent directement la toiture.
Bois de fermette : pièces de bois brut utilisées pour la réalisation des fermettes.
Charpente industrielle :se dit d'une charpente composée de fermettes. On parle aussi de « charpente américaine ».

### Domaine d'emploi

La charpente industrielle est appréciée pour sa rapidité de fabrication, de mise en œuvre, et son faible coût. Ce type de charpente est surtout utilisé dès que les combles peuvent être « perdus », en particulier pour la construction de bâtiments de plain-pied avec toiture à faible pente (pavillons individuels, locaux commerciaux, petits immeubles). Il est cependant possible de réaliser des fermettes à entrait pour rendre une partie des combles aménageables.
Fermette pour comble perdu




Fermette pour combe habitable sur entrait porteur bois généralement hyperstatique




Fermes porteuses et poutres treillis (généralement doublées)

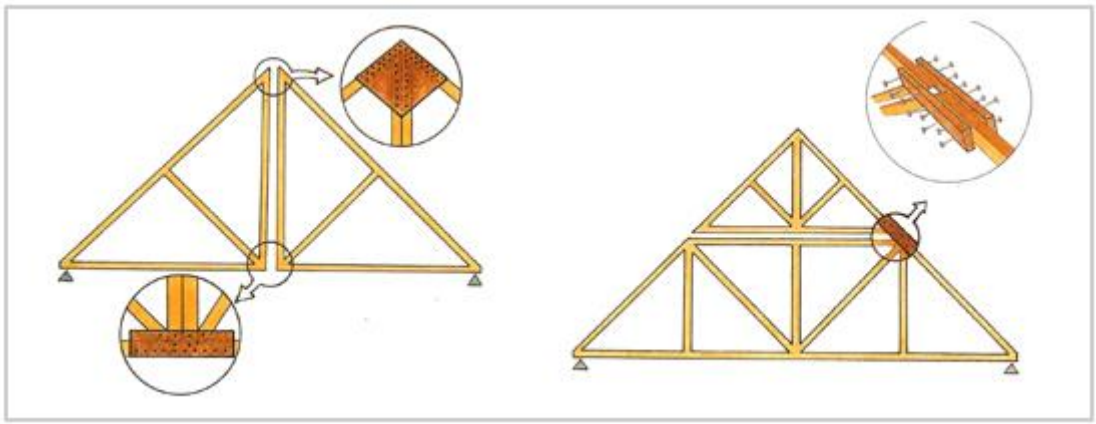
## Caractéristiques générales

Essences couramment utilisées : les fermettes sont généralement fabriquées en Sapin ou en Epicéa.

**Classes d'emploi** : les fermettes sont affectées en classe d'emploi 2.
Dans la mesure où l'essence courante (sapin – épicéa) ne garantit pas une longévité suffisante dans cette classe, un traitement est nécessaire pour atteindre la longévité attendue (plus de 50 ans). Il est généralement effectué par trempage mais peut aussi être réalisé par autoclave vide-pression (utilisation possible en classe d'emploi 3.1). Leur coloration vive fréquente (jaune, vert ou orange) vient du traitement par trempage qui est obligatoire pour cet usage.

**Humidité des bois** : taux inférieur à 22%

**Classe de résistance mécanique** : un bois massif séché de section rectangulaire utilisé en structure, doit faire l'objet d'un classement structurel. La classe de résistance mécanique généralement demandée est ST – II ou C24
**Fabrication** : les fermettes sont constituées de bois de faible épaisseur (36 mm généralement). Ces éléments sont légers et leur assemblage se fait grâce à des connecteurs métalliques en acier galvanisé. Les bois de fermette sont d'abord débités à longueur et usinés en bout puis assemblés à plat sur une table de montage où un vérin enfonce chaque connecteur au droit de chaque jonction tel que défini lors de la phase de conception en bureau d'étude.



Des sciages de 27 mm sont couramment utilisés comme contreventements, reliant entre elles les fermettes pour les rendre stables au vent.
Dimensionnement des fermettes : les logiciels de calcul permettent de positionner les bonnes sections aux bons endroits avec les bons connecteurs, en fonction de la pente et des charges à reprendre (vent, neige, type de couverture).

Les sections standards disponibles sur le marché sont dans le tableau suivant

| ÉPAISSEUR EN MM | LARGEUR EN MM | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 60 | 72 | 97 | 112 | 122 | 147 | 172 | 197 | 222 | 247 |
| 36 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |

> **Longueur :** 3, 4 ,5 et 6 m

> **Toutes autres sections et longueurs possibles sur demande.**

**Le tableau ci-dessus présente les sections standardisées. Les scieries françaises étant réputées pour faire du « débit sur liste », elles peuvent aussi scier à la demande et répondre à tous besoins spécifiques.**

Les sections standardisées sont représentées par « × »

**Services apportés**

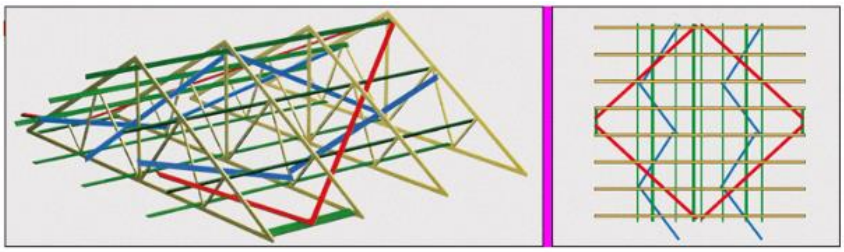
Les scieurs français peuvent réaliser des opérations complémentaires sur le produit :
- Rabotage, usinage, possibles sur demande.
- Différents types de traitement sur demande : trempage, autoclave…

De plus, les scieurs français apportent :
- La garantie qualité des produits fabriqués en bois français
- Un marquage CE des produits conformément à la norme européenne concernée
- Des conseils techniques pour répondre aux besoins de vos projets

Les fermettes peuvent faire l'objet d'un marquage CE ou d'une certification volontaire du type CTB-CI qui sont matérialisés par un marquage de chaque fermette.

## MISE EN ŒUVRE

Toute charpente industrielle est livrée sur le chantier prête à être posée avec un plan de pose précis édité par un bureau d'étude spécialisé. Les fermettes sont en général espacées de 60 cm, 90 cm ou 120 cm. Elles prennent appui soit sur des murs, soit sur des poutres et reçoivent directement le support de couverture ou la couverture en économisant ainsi la pose de pannes et chevrons. De manière générale, les fermettes supportent généralement aussi les plafonds et le plancher du comble lorsque celui-ci est rendu aménageable. Les fermettes sont reliées entre elles par un système de pièces de bois d'épaisseur encore plus faible. Ces pièces de bois sont indispensables pour stabiliser une charpente industrielle face aux effets du vent, et pour éviter la déformation des fermettes due au poids de la couverture et éventuellement du plafond. L'objectif de ces pièces est de réaliser des assemblages triangulés avec les fermettes et afin de rendre la charpente indéformable.



En rouge : les barres venant s'opposer au flambement des arbalétriers, appelées aussi « anti-flambages ».
En bleu : les barres dites de contreventement apportant à la charpente sa stabilité d'ensemble.
En vert : des barres rejoignant les nœuds, appelées « filantes » ou « lisses sur entrait ».

Source : mitek

Une grande attention doit être apportée au positionnement et à la fixation de ces éléments. Il convient de respecter précisément le plan de pose fourni par le fabricant de la charpente.
Attention : les liteaux seuls ne peuvent assurer la stabilité de l'ouvrage.

## PARTICULARITÉS

**Tolérances dimensionnelles**
La norme EN 14250 admet quelques tolérances sur les bois de fermette, les connecteurs et leur assemblage :
- Dimensions du bois :

    - Epaisseur >ou=35mm;–
    - Hauteur pour les éléments externes > ou = 68mm (entraits, arbalétriers);
    - Hauteur pour les éléments internes > ou = 58mm.
- Flaches tolérées sauf dans les assemblages et sur les appuis.
- Écartement moyen entre deux membrures ≤ 1,5 mm
- Écart par rapport aux plans des dimensions hors tout de la fermette : – Fermette jusqu'à 10 m : ± 20 mm– Fermette > 10 m : ± 2 mm/m
- Écart dimensionnel des fermes d'un même lot ± 10 mm
- Limite de tolérance de la contreflèche définie par le calcul : 25 % ;
- Déplacement du connecteur par rapport à sa position théorique ≤ 10 mm.
- Les fentes, les nœuds non adhérents et les trous de nœuds sont tolérés sous les connecteurs à condition que le nombre de pointes efficaces soit conforme au calcul.
- L'écartement entre la surface du bois et la face inférieure d'un connecteur ne doit pas excéder 1 mm sur 25 % de la plaque.
- La plaque doit être exempte de déformations.
- Les connecteurs en saillie sur les bords extérieurs ne sont pas tolérés.
- Les connecteurs doivent être en retrait d'au moins 3 mm du bord sur les bords inférieurs et au-dessus d'un point d'appui.

## MARQUAGE CE

La norme harmonisée NF EN 14250 relative au marquage CE des charpentes industrielles a pour but de s'assurer qu'un contrôle des produits mis sur le marché soit réalisé afin de s'assurer que ces derniers respectent bien les règles de la CE. Pour cela, de nombreux tests ont été mis au point et doivent être réalisés à tout moment de la création des charpentes. Un niveau de contrôle 2+ est demandé pour ce produit : il s'agit de mettre en place une inspection et un suivi du contrôle de production en usine par un organisme notifié, tous les ans.

**Caractéristiques essentielles des pièces de bois**

Le marquage CE des bois massifs structuraux impose de mettre en avant les caractéristiques essentielles suivantes :

- Essence de bois
- Dimension (section de la pièce)
- Classe de résistance
- Réaction au feu
- Classe de durabilité naturelle selon les agents de dégradation du bois : champignons, insectes, termites et agents marins (cf EN 350).

Si le bois massif a reçu un traitement de préservation, il est obligatoire de noter les informations suivantes :

- Nom du produit de préservation utilisé
- Classe de pénétration
- Valeur de rétention
- Agents biologiques cibles

**Marquage CE des fermettes**

La plupart des fabricants de fermettes utilisent la méthode 3B pour marquer les fermes utilisant des bois de structure de faible épaisseur assemblés par des connecteurs métalliques. Le fabricant doit alors réaliser la description des fermettes par chantier. Chaque ferme est ainsi identifiée par rapport au plan du bâtiment.

## Références normatives

| NORMES PRODUIT | NORMES DE MISE EN ŒUVRE | NORMES TRANSVERSES |
|---|---|---|
| NF EN 14250 - Structure en bois - Exigences de produit relatives aux éléments de structures préfabriqués utilisant des connecteurs à plaque métallique emboutie | NF DTU 31.3 - Travaux de bâtiment - Charpentes en bois assemblées par connecteurs métalliques ou goussets | FD P20-651 - Durabilité des éléments et ouvrages en bois |
| NF P21-400 - Bois de structure et produits à base de bois - Classes de résistance et contraintes admissibles associées | DTU 31.1 – Travaux de bâtiment - Charpente et escaliers en bois | NF EN 460 – Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif - Guide d'exigences de durabilité du bois pour son utilisation selon les classes de risque |
| NF EN 1995-1-1 - Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois | Règles CB 71 - Charpentes en bois - Règles de calcul et de conception. NF P21-400 - Bois de structure et produits à base de bois - Classes de résistance et contraintes admissibles associées | NF EN 350 – Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Méthodes d'essai et de classification de la durabilité vis-à-vis des agents biologiques du bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Méthodes d'essai et de classification de la durabilité à l'eau du bois et des matériaux à base de bois |
| NF EN 1998-4 - Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 4 : silos, réservoirs et canalisations | Règle NV 65 (DTU P 06-002) : règle définissant les efforts de la neige et du vent | NF EN 351 – Durabilité du bois et des produits à base de bois - Bois massif traité avec produit de préservation |
| NF EN 335 – Durabilité du bois et des matériaux à base de bois - Classes d'emploi : définitions, application au bois massif et aux matériaux à base de bois | | NF EN 1993-1-3 - Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-3 : règles générales - Règles supplémentaires pour les profilés et plaques formés à froid |

**Domaine d'application du NF DTU 31.3**

Charpentes préfabriquées à partir d'éléments en bois assemblés par connecteurs à plaques métalliques embouties ou assemblés par goussets à base de bois.
Les assemblages mécaniques sont symétriques (une plaque sur chaque face de la ferme).
Les assemblages par collage sont exclus.
Éléments en bois massif ou BMA d'une épaisseur supérieure ou égale à 35 mm à 12 % d'humidité des bois.
Les cloisons maçonnées portées par la charpente sont exclues du domaine d'application.

**Frontières avec d'autres documents de référence**

La charpente industrialisée se distingue essentiellement de la charpente de type NF DTU 31.1 par les entraxes réduits des éléments porteurs, les pièces de bois de section moindre et les assemblages par **connecteurs.**

| **Exigences de performances et réglementation** | **Technique courante** | **Documents d'accompagnement technique et pédagogique sur technique courante 2** | **Liens accessibles** |
|---|---|---|---|
| | Reconnaissance par des tiers 1 | | |
| **Textes généraux sur partie d'ouvrage** | | | |
| | | - Guide le la charpente industrialisée bois<br><br>Notes Techniques du SCIBO | www.charpente-industrielle.com |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Textes référentiels produits** | | | | |
| | | - CGM du NF DTU 31.3<br>- NF EN 14250 (structures assemblées)<br>- NF EN 14081 (bois massifs)<br>- NF EN 15497 (BMA)<br>- NF EN 14545 (connecteurs)<br>- NF EN 13986 (panneaux)<br>- NF EN 14592 (assemblages tiges) | - Fiche POB charpentes industrialisées,<br>bois massifs structuraux,<br>bois massif abouté<br>- Fiche FNB bois de fermette | *https://catalogue-construction-bois.fr*<br><br>*http://preferez-le-bois-francais.fr* |
| **Textes référentiels conception** | | | | |
| | Solidité à froid | - NF EN 1995-1-1<br>+ Annexe Nationale<br>- Partie 3 du NF DTU 31.3 | - Étude flambement des barres multiples | |
| | Thermique | | - Charpente industrielle à combles aménageables et respect de la RT 2012 | *www.codifab.fr* |
| | Sécurité Incendie<br><br>- Résistance au feu<br><br>- Réaction au feu | - NF EN 1995-1-2<br>+ Annexe Nationale (justification par écran sur solutions françaises) | - Règles de la sécurité incendie à l'usage du charpentier constructeur bois | *www.codifab.fr/sites/default/files/guide_incendie_version_21_mars_2018.pdf* |
| | Sismique | - NF EN 1998-1<br>+ Annexe Nationale | - Guide de la conception parasismique des bâtiments - AFPS (partie bois)<br>- Étude SISBAT : Fiabilité en cas de séisme des toitures charpentes industrielles bois<br>- Étude SISTACI (exploitation étude SISBAT) | *http://www.afps-seisme.org/PUBLI/Guides-techniques*<br><br>*https://www.codifab.fr/actions-collectives/bois* |
| | Durabilité<br>Risque fongique (norme)<br>Risque insectes (réglementation) | - FD P 20-651 | - La protection des bâtiments neufs contre les termites et autres insectes xylophages<br>- Prévention contre les termites à l'interface sol-bâti<br>- Guide durabilité préservation des ouvrages en bois | *https://www.cohesion-territoires.gouv.fr/termites-insectes-xylophages-et-champignons-lignivores* |
| | Environnement | - Base INIES<br>- DE Bois | | www.inies.fr<br>de-bois.fr |

| Textes référentiels mise en œuvre | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | CCT du NF DTU 31.3 | | |

## ANNEXE D : LOGIGRAMMES

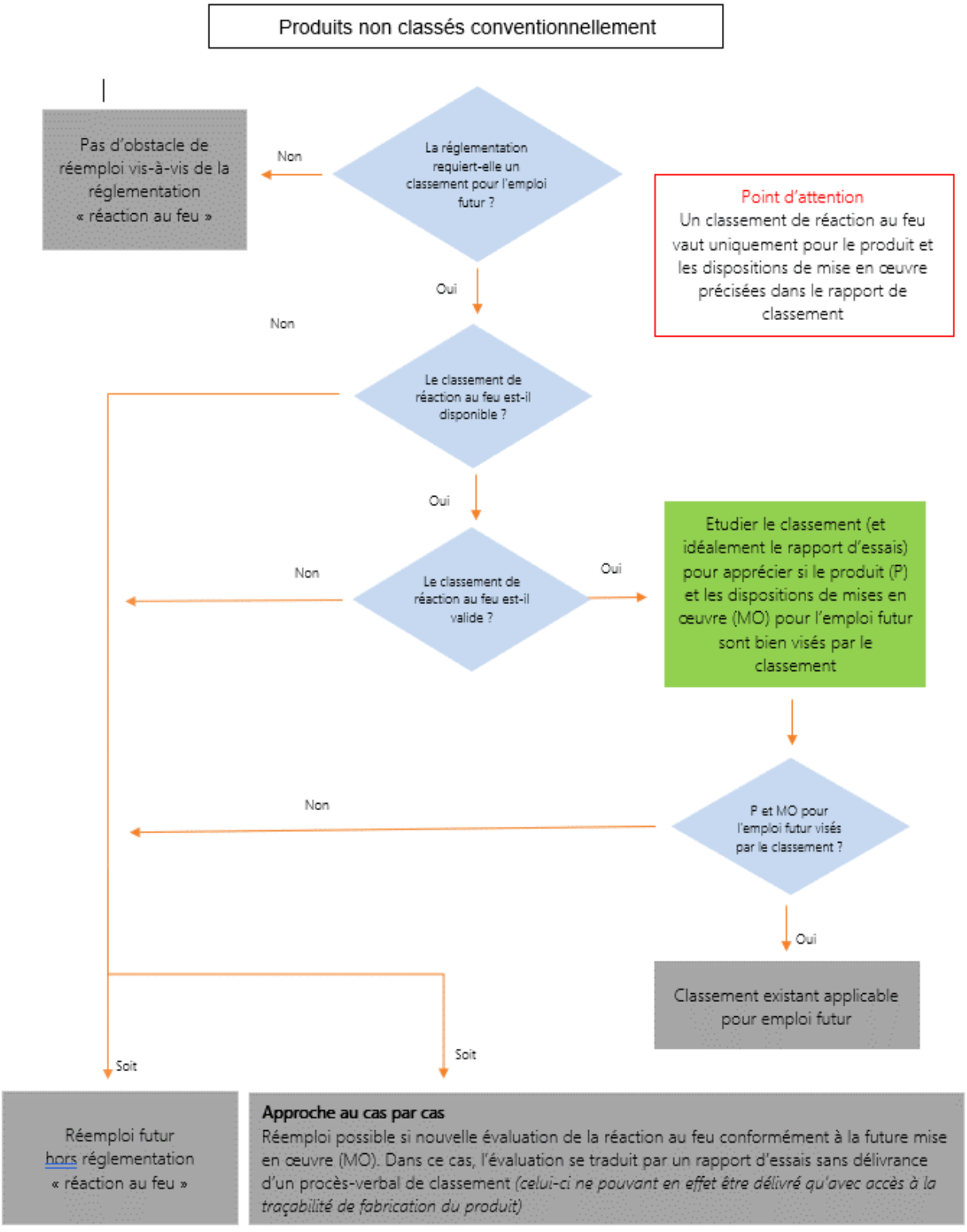



*Figure 1 – Prise en compte du classement de réaction au feu pour des produits non classés conventionnellement*

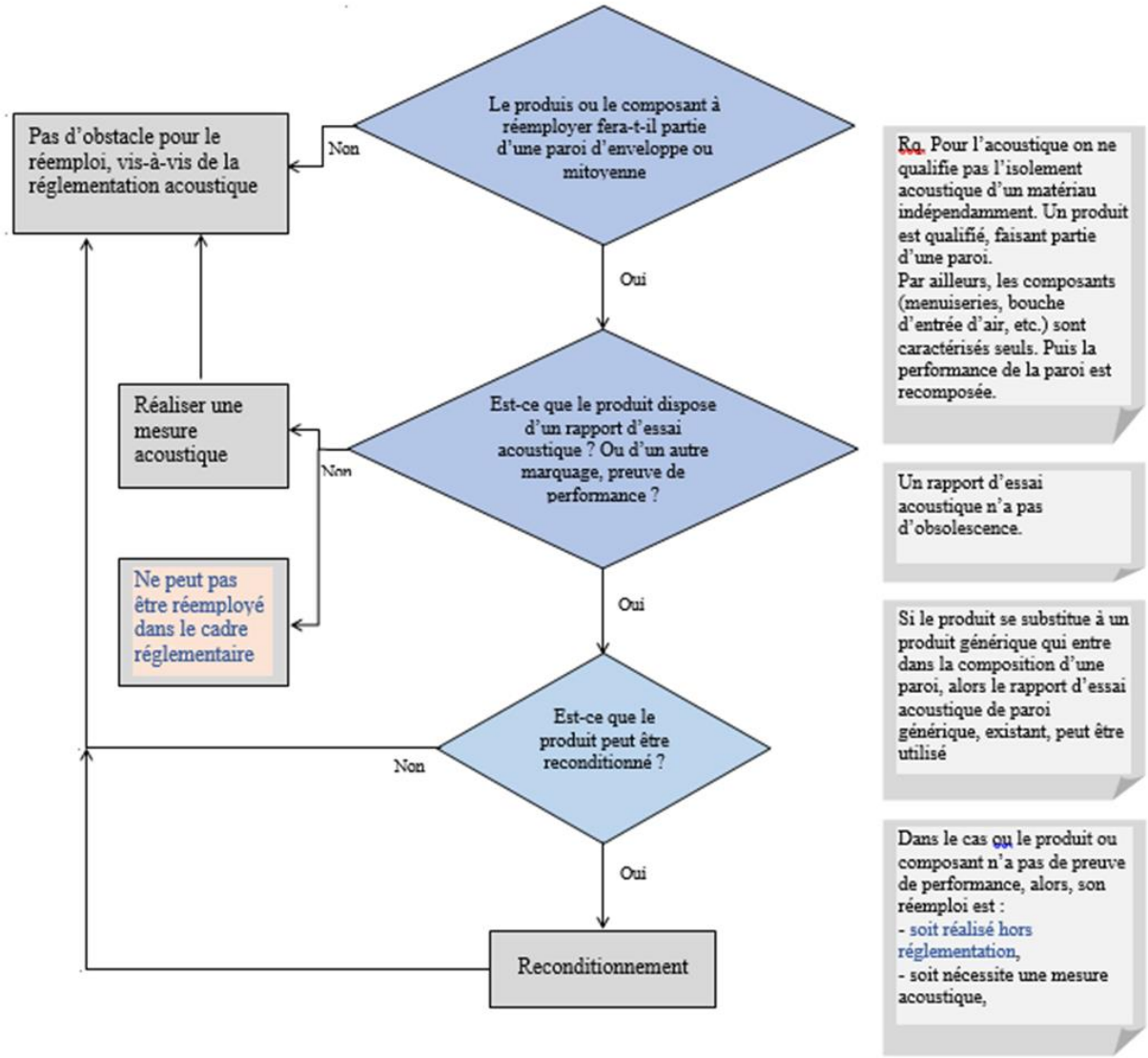
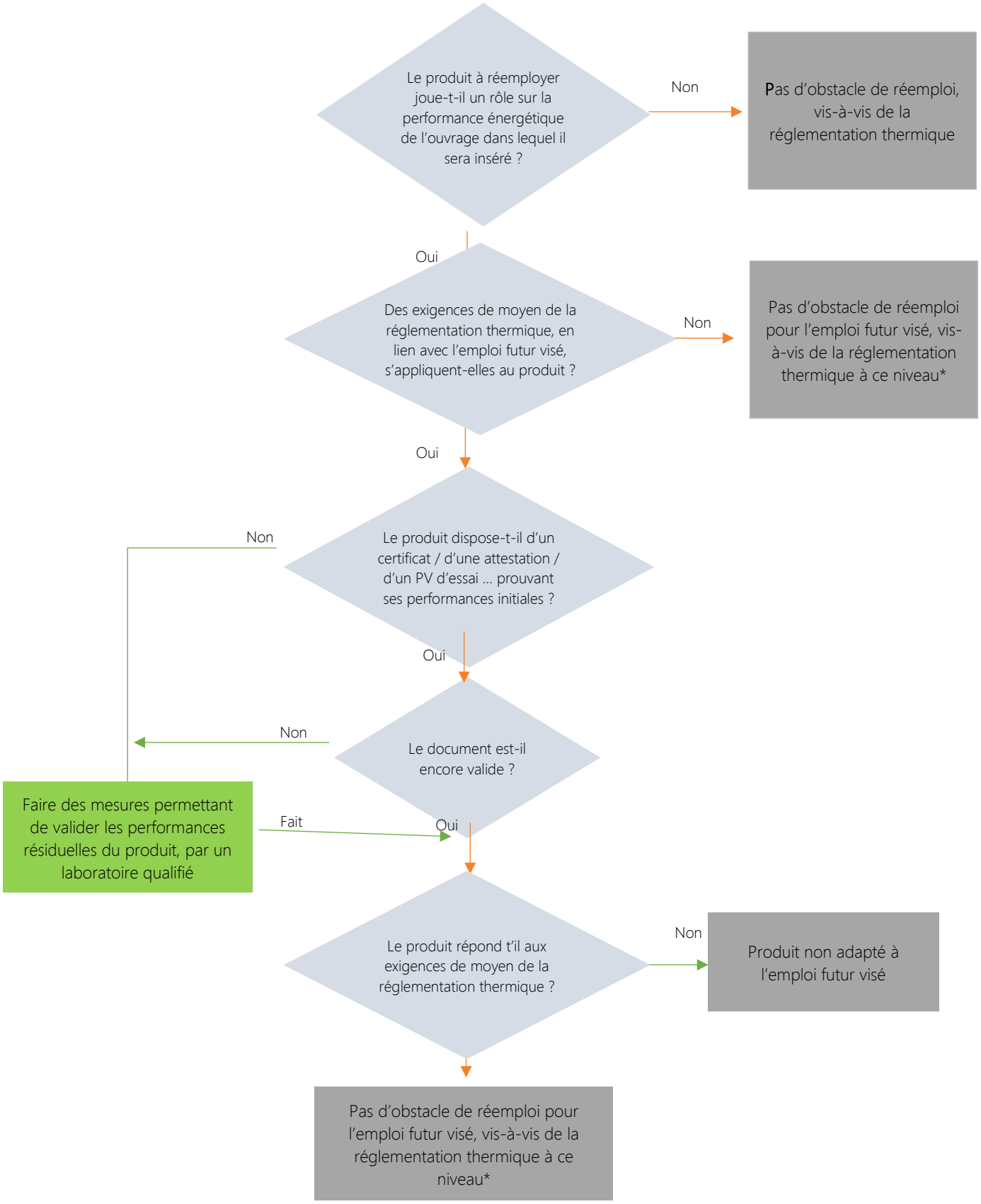



*Figure 2 – Prise en compte de la participation à la performance acoustique de l'ouvrage*

## Participation à la performance énergétique de l'ouvrage

Préalable / Prérequis : Après inspection visuelle, le produit semble-t-il en « bon état » vis-à-vis des performances attendues, ou bien nécessite-t-il une réparation ?
L'analyse suivante porte sur un produit en « bon état ».




* Le bâtiment dans lequel sera mis en œuvre le produit devra répondre à des exigences de performance globale demandées par la réglementation thermique.

## ANNEXE E : FICHE REEMPLOI

**FICHE REEMPLOI n° …….**

## Informations générales sur le bâtiment existant

- Adresse du bâtiment de la 1ère utilisation :
- Date d'obtention du permis de construire :
- Année de mise en œuvre du produit à déposer :
- Date de réception du bâtiment :
- Usage et historique relatifs au produit à déposer (éventuels changements de destination du local, éventuelles interventions tels que ponçage, application d'un produit en surface, éventuelles pathologies pouvant avoir impacté le produit telle qu'une inondation, ...)

## Informations relatives au produit (exemple des parquets)

| | | **Avec finition mise en œuvre <u>en usine</u>** | **Avec finition mise en œuvre <u>in-situ</u>** |
|---|---|---|---|
| **Parquet** | **Description globale** | Parquet massif : □ Non □ Oui<br>Parquet contrecollé : □ Non □ Oui<br>Essence du bois : | |
| | | Le produit est-il déjà un produit réemployé : □ Non □ Oui | |
| | **Références** | Marque : □ Non □ Oui _____<br>Fabricant : □ Non □ Oui _____<br>Disponibilité fiche technique : □ Non □ Oui<br>Disponibilité prescriptions mise en œuvre : □ Non □ Oui | |
| | **Classement d'usage** (XP B53-669) | □ Non □ Oui _____ | |
| | **Typologie assemblage lames** | | |
| | **Certificat NF Parquet** | □ Non □ Oui _____ | |
| | **Caractéristiques géométriques** | Longueur : _____ mm<br>Largeur : _____ mm<br>Epaisseur globale : _____ mm<br>Epaisseur couche supérieure : _____ mm | |
| **Finition** | **Description** | / | Huile : □ Non □ Oui<br>Cire : □ Non □ Oui<br>Autre : _____ |
| | **Références** | / | Marque : □ Non □ Oui_____<br>Fabricant : □ Non □ Oui _____<br>Disponibilité fiche technique :<br>□ Non □ Oui<br>Disponibilité prescriptions mise en œuvre : □ Non □ Oui |

| | |
|---|---|
| **Aspect général** | ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ |
| **Aspect détaillé**<br>(cf. tableau 1 du § 2.3) | Déformation des lames :<br>□ Non □ Oui – Description/Cause probable/quantité/localisation*<br>Poinçonnement :<br>□ Non □ Oui - Cause probable/quantité/Profondeur/localisation*<br>Rayures<br>□ Non □ Oui - Cause probable/quantité/Profondeur/localisation*<br>Usure liée à l'abrasion :<br>□ Non □ Oui - Cause probable/quantité/Profondeur/localisation*<br>Taches :<br>□ Non □ Oui - Cause probable/quantité/Profondeur/localisation*<br>Variation de nuances :<br>□ Non □ Oui - Cause probable/quantité/localisation*<br>Décollement du produit de finition :<br>□ Non □ Oui - Cause probable/quantité/localisation*<br>Epaufrures, éclat de bois :<br>□ Non □ Oui - Cause probable/quantité/localisation*<br>Présence de nœuds :<br>□ Non □ Oui – Densité (SN, …) : _____<br>Présence de micro-organismes :<br>□ Non □ Oui - Cause probable/quantité /localisation*<br>Trous liés à la présence des clous agrafes :<br>□ Non □ Oui - Cause probable/quantité<br>Présence de clous/agrafes :<br>□ Non □ Oui<br>Etat des rainures-languettes :<br>□ Non □ Oui - Cause probable/quantité |
| | * Au sens localisation dans l'ouvrage si en lien avec le constat (ex : variation de nuance car localisé pr-s d'une fenêtre) |
| **Quantité disponible en réemploi** | Possibilité de réemploi sans ponçage/sans pose nouvelle finition :<br>□ Non □ Oui – Quantité (m²) : _____<br>Réemploi avec ponçage :<br>□ Non □ Oui – Quantité (m²) : _____<br>Réemploi éléments déformés pouvant potentiellement retrouver une planéité conforme à la norme suite à reconditionnement adapté :<br>□ Non □ Oui – Quantité (m²) : _____ |

Si le matériau devait être un déchet, il serait :

□ Inerte □ Non dangereux □ Dangereux

## Informations relatives au domaine d'emploi initial

## Usage et localisation du produit sur/dans l'ouvrage existant (*Ex : parquet massif contreplaqué posé flottant dans le séjour d'un logement d'habitation)*

_____

- Zone sismique :
  □ 1 □ 2 □ 3 □ 4 □ 5 □ Sans objet

- Régions de vent (utilisation en extérieur) :
  □ 1 □ 2 □ 3 □ 4 □ Sans objet

- Régions de neige (utilisation en extérieur) :
  □ A1 □ A2 □ B1 □ B2 □ C1 □ C2 □ D □ E □ Sans objet

- Zone de gel (utilisation en extérieur) :

- Climat plaine/montagne (utilisation en extérieur) :
  □ Plaine □ Montagne □ Bord de mer

- Zones de termites : _____

- Autre (préciser) :

- Réglementation incendie :

  □ Habitation/Logement-foyer (Arrêté du 31 janvier 1986 modifié) - Famille : _____
  □ ERP (Arrêté du 25 juin 1980 modifié) - Catégorie et le ou les type(s) _____
  □ IGH (Arrêté du 30 décembre 2011 modifié) - Classe : _____
  □ Code du travail (Décrets n°92-332 et 92-333)
  □ Hauteur plancher bas : _____
  □ Bureaux □ Industrie □ Logistique □ Autre (préciser) : _____

- Exposition extérieure (utilisation en extérieur)

  □ Rurale non polluée □ Urbaine normale □ Urbaine sévère □ Mixte
  □ Marine : □ < 3km □ de 3 à 10 km □ de 10 à 20 km
  □ Particulière(préciser) : _____
  □ Sans objet

- Exposition intérieure (utilisation en intérieur)

  - Ambiance agressive : □ Non □ Oui
    Préciser (éventuelles expositions à des produits chimiques, à des environnements acides, des pollutions, …) : _____

  - Exposition à l'humidité :
    □ Locaux secs ou à faible humidité (EA)
    □ Locaux à humidité moyenne (EB)
    □ Locaux humides à usage privatif (EB +-Locaux Privatifs)
    □ Locaux humides à usage collectif (EB +-Locaux Collectifs)
    □ Locaux très humides en ambiance non agressifs (EC)

  - Sollicitations mécaniques : □ Non □ Oui
    Préciser (ex : Charges permanentes d'exploitation, charges ponctuelles, charge roulante (nature des roues), déformations, poinçonnement, trafic) : _____

  □ Autres sollicitations notables :
  □ Posé sur plancher chauffant ou plancher réversible (chauffant/rafraichissant)
  □ Autres sollicitations vécues par le produit
  Préciser (ex : Application de revêtements pendant la vie en œuvre (cire, huile, …), mise en œuvre de revêtement de sol au-dessus)

## Précautions particulières pour la dépose et le stockage

Complexité de la dépose : ☆ ☆ ☆ ☆ ☆

- Dépose permet-elle de conserver l'intégrité des élément (notamment les éléments de jonctions entre lames telles que rainures/languettes) □ Non □ Oui □ Sans objet

- Dépose manuelle : □ Non □ Oui

- Outillage léger nécessaire : □ Non □ Oui _____

- Outillage lourd nécessaire : □ Non □ Oui _____

- Encombrement particulier : □ Non □ Oui

- Poids important : □ Non □ Oui (manutention manuelle impossible)

- Tri nécessaire avant entreposage : □ Non □ Oui
  Si oui : □ Sur site □ Lieu intermédiaire □ Lieu spécialisé

- Spécificités du stockage/transport :
  □ A plat □ en % HR adapté
  □ sur palette □ en Grand Réservoir Vrac □ empilable

- Doit être protégé :
  □ Normalement pour le transport
  □ A l'abri des températures excessives
  □ A l'abri de l'humidité (% HR)
  □ A l'abri de la lumière
  □ A l'abri de la poussière

## ANNEXE F : RESUME DEMODULOR 2013 – 2016

# DEMODULOR : une démarche de mixité des matériaux pour favoriser la démontabilité.

En 2012, l'ADEME a lancé un appel à projets portant sur les déchets du BTP. Réunis au sein de l'alliance MECD, quatre centres techniques de la construction (CTICM, CERIB, CTMNC et FCBA) ont choisi d'engager une recherche commune de solutions constructives de prévention de la production de déchets grâce à une approche systématique de **démontabilité.** Retour sur ce projet achevé récemment.

Le projet DEMODULOR vise les techniques de mise en œuvre représentatives du gros œuvre et de l'enveloppe qui sont pour une large part à l'origine du volume important de déchets attribué à la construction, secteur qui constitue un enjeu majeur en matière de prévention des déchets. L'approche globale et multi-matériaux portée par les partenaires a pour but de sélectionner des solutions constructives et d'envisager une évolution de ces procédés pour faciliter :

- La séparation des systèmes et composants sur chantier,
- La séparation des matériaux en vue d'un recyclage ou d'une élimination optimisée,
- la réutilisation ou le réemploi des matériaux et composants.

Mené sur un peu plus de deux ans, le projet s'est déroulé en phases successives : l'analyse des marchés et des volumes de matériaux et de déchets, la détermination de solutions constructives porteuses, la conception de leur adaptation et les premiers essais mécaniques de validation et, enfin, une analyse environnementale et socio-économique des potentialités.

## 4. ANALYSE DES PRATIQUES ACTUELLES DE GESTION DES DECHETS DU BATIMENT ET DE CONSTRUCTION-DECONSTRUCTION

L'évolution de la ville et de ses usages appelle une mutation récurrente des éléments de composition du tissu urbain qui se traduit par de nombreux programmes de réorganisation et de construction. Pour les accompagner, il est fréquent de lancer auparavant des projets de démolition totale ou partielle du domaine bâti : démolition/reconstruction, réutilisation du patrimoine, construction dans les friches urbaines ou industrielles,... La pénurie de la ressource foncière, le besoin croissant de répondre à la nécessité structurelle de ces nouvelles constructions et la meilleure maîtrise de la consommation de ressources naturelles justifient d'améliorer la prise en compte des déchets issus de la construction : la valorisation des matériaux ouvre aujourd'hui de nouvelles perspectives environnementales, économiques et technologiques.
La déconstruction engendre des millions de tonnes de déchets de natures diverses chaque année et ce mélange est à l'origine des difficultés de traitement et de tri des matériaux et produits.
Pour le Bâtiment, la répartition en masse des 38,2 Mt entre les 3 catégories de déchets est la suivante (Enquête SOeS_2008) :

- déchets inertes : 27,6 Mt, dont Béton (3,9 Mt) et Briques/céramique/ardoise (2,4 Mt)
- déchets non dangereux : 10 Mt, dont Bois (1,52 Mt) – Métaux (0,83 Mt)
- déchets dangereux : 0,6 Mt

La pratique la plus répandue de gestion des déchets issus de la construction a longtemps été la mise en décharge, en centres spécialisés ou non, en vue de leur enfouissement. Depuis plusieurs années, les préoccupations sanitaires et environnementales ont apporté une série d'évolutions, soutenues par des réglementations, notamment en termes de déchets dangereux. De plus, les principaux matériaux concernés (acier, béton, bois, terre cuite) ont chacun leurs propriétés et leur spécificité lors de ces étapes de fin de vie. Les études récentes menées par chaque filière et notamment chaque CTI, ont été rassemblées pour permettre de disposer de la ventilation des usages observés en fin de vie : entre les filières de valorisation, dont le recyclage, et l'enfouissement.
Désormais, même si les pratiques tardent parfois à changer, la valorisation des déchets en fin de vie est la voie à privilégier : soit pour une production énergétique via incinération, soit par la collecte effectuée par des entreprises spécialisées aux fins de recyclage de matériaux, soit encore parfois pour une réutilisation des produits.
En amont, le constat montre qu'à ce jour peu de produits ou systèmes constructifs utilisés dans le bâtiment font l'objet d'une réflexion, dès la conception industrielle ou lors des études de projet, pour réduire la production des déchets et pour améliorer leur exploitation en fin de vie. Cela est

particulièrement le cas pour les structures des bâtiments pour lesquels la nécessaire séparation des matériaux pour faciliter leur valorisation en seconde vie est cruciale.
Lors des étapes de démolition ou de déconstruction, la sécurité des abords du site et des personnels intervenant dans les opérations est une donnée fondamentale. La nécessité de comprendre l'historique d'une construction et de la traçabilité des matériaux et des interventions s'avère cruciale au moment de préparer un tel chantier.
Le traitement des déchets valorisables issus de ces opérations est en principe conçu pour favoriser leur évacuation vers des filières plus ou moins structurées afin de recycler le plus possible de matériaux. ; Cependant l'espace disponible sur les sites pour le tri et surtout le coût de ces traitements (organisation du chantier, transport,…) constituent bien souvent un obstacle majeur.

## 5. SOLUTIONS DEMODULOR : SELECTION-CONCEPTION-EXPERIMENTATION

Après une revue du parc construit, des techniques de déconstruction sur site et de la capacité à la valorisation des produits et matériaux, la suite du projet consiste à établir une sélection de procédés constructifs susceptibles d'être améliorés pour les rendre démontables.
En premier lieu, ces procédés, tous utilisés pour le gros œuvre et l'enveloppe du bâtiment, ont été choisis à l'aide de critères permettant d'estimer leur potentiel de valorisation des éléments qui les composent.
Ces critères d'évaluation pour la détermination des procédés constructifs potentiellement intéressants pour la démontabilité reposent sur les 4 principes suivants :

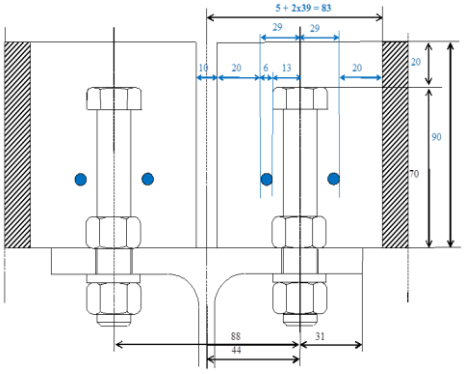
- le volume de matériaux utilisés dans les constructions courantes, en fonction de la segmentation des marchés (résidentiel, commercial et bureaux, industriel, etc) permettent d'estimer le gisement de ressources disponibles par parties d'ouvrages.
- la capacité au recyclage et le niveau de développement des filières déterminent le champ des débouchés et, par extension, la valeur économique envisageable.
- les techniques de la démolition et la faisabilité sur le site (accessibilité, outillage, sécurité) renseignent sur les freins au déploiement ou non de nouvelles approches de démantèlement.
- Les interfaces et les procédés d'assemblages entre éléments constructifs sont directement liés aux exigences de performances requises.

La méthode de sélection repose moins sur la seule capacité intrinsèque du système à sa démontabilité que sur la marge de progression du potentiel des systèmes constructifs à une « seconde vie ». En ce sens, les voies du recyclage/valorisation et du réemploi ont été considérées distinctement dans l'analyse des procédés.
Quatre systèmes constructifs ont été finalement retenus : deux pour le plancher et deux pour la façade.

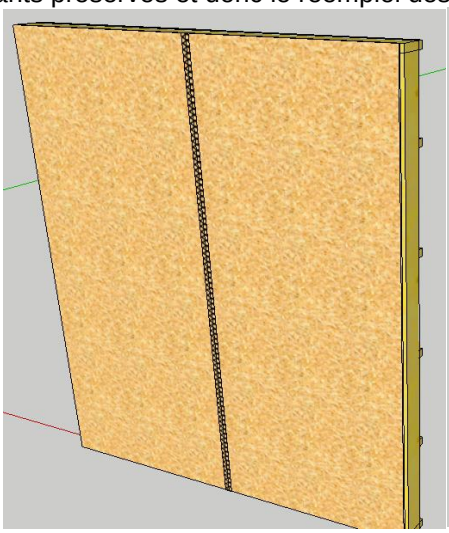
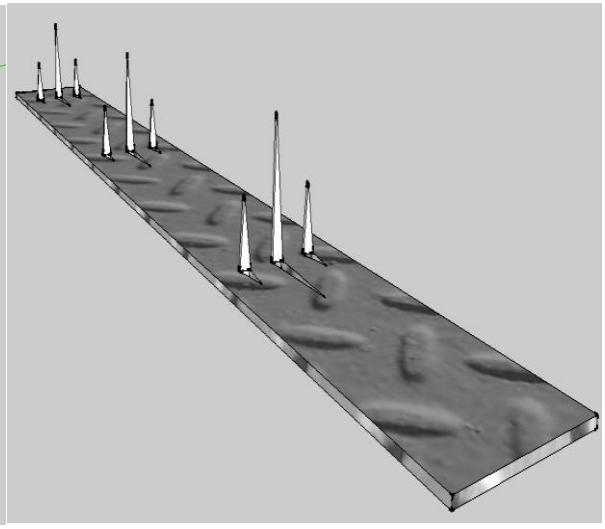
- Une solution de plancher mixte acier-béton, avec une connexion réalisée par boulons, visant un usage tertiaire,
- Le plancher sec multi composants pour la rénovation ou le neuf en maison individuelle ou petit collectif résidentiel.
- Le mur modulaire en terre cuite destinée à la façade de maison individuelle,
- La paroi à ossature bois, constitutive de parois légères en façades,

Pour chaque procédé, les partenaires de DEMODULOR ont étudié les composants d'origine et déterminé les modifications à apporter, puis établi une étude des processus de montage et démontage des éléments. Enfin, la complémentarité des systèmes a permis de proposer une association deux à deux.

<u>Le plancher mixte acier-béton et le panneau bois (usage tertiaire)</u>
Le plancher mixte acier-béton est une évolution du principe de connexion, habituellement effectué par goujons soudés tout au long de la poutre acier, pour être noyés dans la dalle béton coulée sur place. Dans le cas présent, les dalles en béton sont préfabriquées en présentant une série de réservations formant des boutonnières au droit de chaque zone de connexion sur la poutre support. Ces boutonnières accueillent les boulons fixés au travers de la poutre acier jouant ainsi le rôle de connecteur, et le béton de clavetage

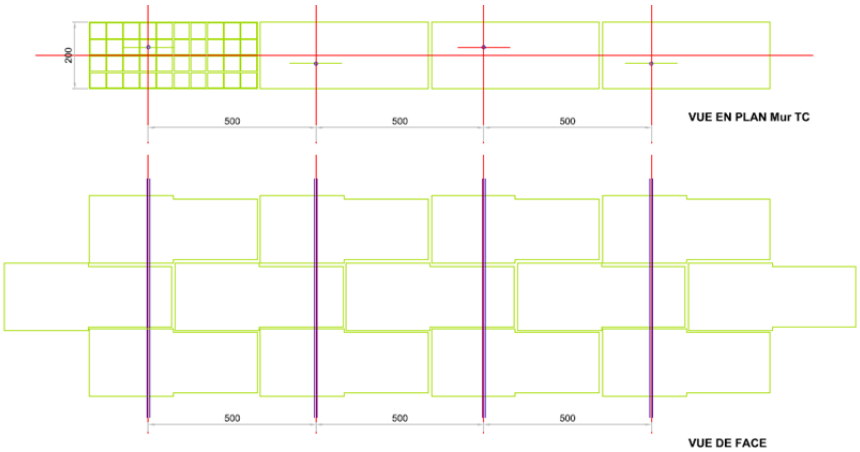


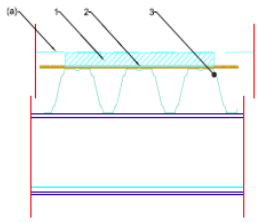
La solution de façade à ossature bois destinée à l'enveloppe, propose la mise en place d'un assembleur métallique, sur le modèle des connecteurs de fermettes, disposé à la jonction de deux panneaux. Cet assembleur ne modifie pas la mise en œuvre et rend le démontage rapide, facilitant la séparation de composants préservés et donc le réemploi des ossatures.

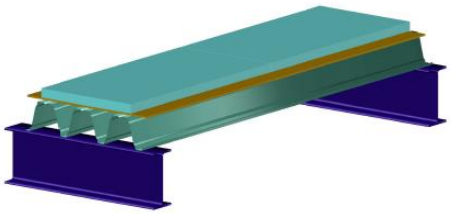
<u>Le mur démontable en terre cuite et le plancher sec acier-bois-béton (usage résidentiel)</u>

La solution associe une maçonnerie porteuse en briques Terre Cuite (mise en œuvre à sec et reprenant les charges gravitaires) entre des profils acier horizontaux haut et bas reliés par des tirants en acier mettant en précontrainte la paroi (solidarisation des éléments, efforts de traction, flexion, etc.) entre chaque niveau de plancher. Ce dernier est constitué d'un bac acier, de panneaux bois revêtus de dallettes de béton allégé Thermolitys®, conçu à l'occasion du projet. L'ensemble entièrement démontable ne comporte que des composants manuportables, avec des assemblages mécaniques (pas de mortier ni enduit).



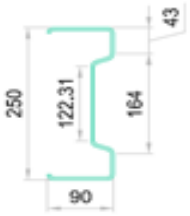



(a) - revêtement de sol
1 - plaque préfa béton ép.50 mm
2 - panneau bois type agglo ou OSB 9mm < ép. < 17mm
3 – bac acier
+ poutre support du plancher

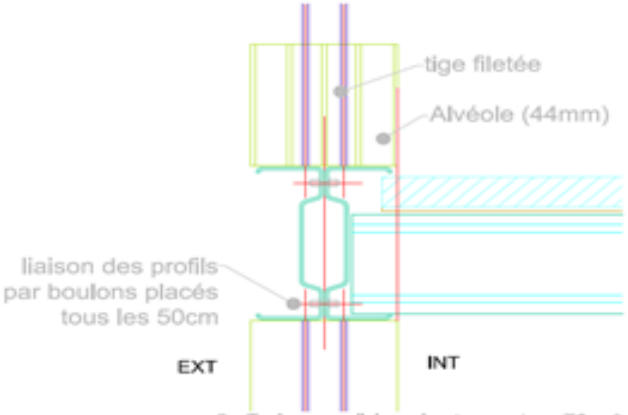


**Profils minces pour liaison plancher/mur**
- nuance S355
- épaisseur 4mm
- pose "dos à dos"
- longueur 5,0 m
- quantité : 2

*inclus fixations*
- percement 14
- boulons 12




PRINCIPE PLANCHER SEC
a) – revêtement de sol
1 - plaque préfa béton ép.50 mm
2 - panneau bois type agglo ou OSB 9mm < ép. < 17mm
3 - bac acier haut 170
+ poutre support du plancher




**ADEME - Demodulor_ phase 3**
éch 1 / xx ème _janv2015

Profil mince pour liaison plancher sec / mur TC - v2
**coupes**

Bilan de la campagne d'essais menée sur les 4 solutions constructives DEMODULOR.
Le projet DEMODULOR a permis de tester les capacités potentielles de montage-démontage et de résistance mécanique de chaque partie d'ouvrage. Elles ont été contrôlées sur des maquettes réalisées à l'échelle 1 dans un même laboratoire.

Dans le cas du mur terre cuite, l'ensemble des composants manuportables sont réutilisables à l'exception du rail d'ancrage de départ bas inséré dans la dalle béton après le coulage.
Pour le dimensionnement des ouvrages en résistance et contreventement, les niveaux de performances permettent déjà de répondre aux cas de logements R+1 qui constituent le cœur de cible visée.
Des briques faisant appel aux procédés de rectification industrielle permettraient d'améliorer la rigidité et la résistance du mur. Dans ce cas, les performances devraient être similaires à celle d'une maçonnerie traditionnelle.

Dans le cas du plancher sec, les modalités actuelles de fixation par vissage permettent le démontage et la séparation facilitée des composants ; ces derniers ne pourraient être réutilisées qu'en décalant le pas de fixations. Il est possible d'envisager une évolution du procédé de fixation (type goupille filetée) qui permettrait le réemploi des dalles préfabriquées en béton allégé (sous réserve de la vérification de leur intégrité).

Pour le plancher mixte (destination tertiaire) l'ossature acier est réutilisable, mais les boulons doivent être intégralement remplacés, compte tenu des chocs reçus lors de la dépose. La solution permet bien une déconstruction sélective, dissociant les différents composants et une capacité partielle au réemploi. Pour optimiser l'emploi de la dalle béton, des études complémentaires sont à mener sur les armatures de liaison.

Enfin, pour les panneaux de façade à ossature bois, deux voies de valorisation sont envisagées, Les pièces de bois massifs démontées, peuvent être réemployées après examen visuel (exclusion des pièces attaquées par les insectes ou les champignons). Les panneaux inutilisables après déconstruction doivent être recyclés. Les éléments métalliques (assembleurs, équerres, vis, etc.) sont recyclés.

| Essais Solutions DEMODULOR | Montage/démontage | Essais mécaniques | Objectif de l'essai |
|---|---|---|---|
| **Murs terre cuite** | Remontage intégral | Essai dans le plan<br>Essai hors plan | Effort maximal pour assurer le contreventement<br>Capacité de résistance aux actions du vent |
| **Plancher sec** | Remontage partiel après désolidarisation : | Essai de flexion | Charge limite à partir de laquelle le plancher perd son intégrité et déplacements relatifs des composants |
| **Plancher mixte** | Tri des composants après désolidarisation ou remontage partiel : | Essai de flexion (test de la liaison boulonnée) | |
| **Façade bois** | Remontage partiel de l'ossature : | Essais dans le plan | Effort maximal pour assurer la stabilité du panneau |

*Tableau résumant les propriétés de montage-démontage et essais subis par les solutions DEMODULOR*

## 6. SOLUTIONS DEMODULOR: EVALUATIONS ENVIRONNEMENTALE ET ECONOMIQUE

Analyse environnementale multicritères

La méthodologie retenue pour l'analyse environnementale entre systèmes existants et systèmes démontables innovants est une démarche multicritère qualitative. Au-delà des aspects environnementaux, cette dernière permet d'apporter une palette d'éléments contextuels déclinable à plusieurs aspects sociaux : santé, sécurité et perception des parties prenantes.

Cette approche a été préférée à une analyse de cycle de vie (ACV), méthode quantitative habituellement pratiquée pour les études environnementales, car cette dernière nécessite un nombre important de données chiffrées qui ne sont actuellement disponibles que pour le système existant. De plus, les évolutions apportées ne représentaient pas toujours un changement de quantité significatif, risquant alors de n'être que peu perceptible dans une ACV.

Pour conduire l'analyse multicritères, les systèmes ont été considérés intégrés dans un bâtiment et leur durée de vie sont inspirés des modules du cycle de vie figurant dans les normes en vigueur de l'ACV :

A – production et construction ; B – Utilisation ; C – fin de vie ; D – bénéfices et charges au-delà du système

Afin de mieux exprimer l'évaluation de la démontabilité, les modules A et B sont groupés et le chantier de déconstruction a été isolé pour faciliter la lecture, donnant le découpage en étapes suivant :

- Production, construction & utilisation (modules A et B) ;
- Déconstruction (module C1)
- Fin de vie (modules C2 à C4 et D)

Les charges et bénéfices liés à la seconde vie des constituants réutilisés sont évalués dans l'étape de fin de vie. Les gains et impacts environnementaux et sociaux sont groupés et présentés selon les catégories suivantes :

- - les consommations de matières premières et énergétiques ;
- - les émissions (air, eau, sols) et la production de déchets ;
- - les aspects sanitaires et sécurité ;
- - la perception des parties prenantes.

**La durée de vie** d'un produit de construction peut avoir plusieurs sens. La durée de vie de référence (DVR), utilisée pour les fiches de déclaration environnementale et sanitaire, correspond à la performance technique et fonctionnelle du produit dans un bâtiment. Elle dépend des propriétés du produit et des conditions d'utilisation de référence.

Il s'agit souvent de 50 ou 100 ans pour l'acier, le béton, le bois et la terre cuite. Cette DVR peut être différente de la durée de vie totale, et ne tient pas clairement compte d'un possible réemploi.

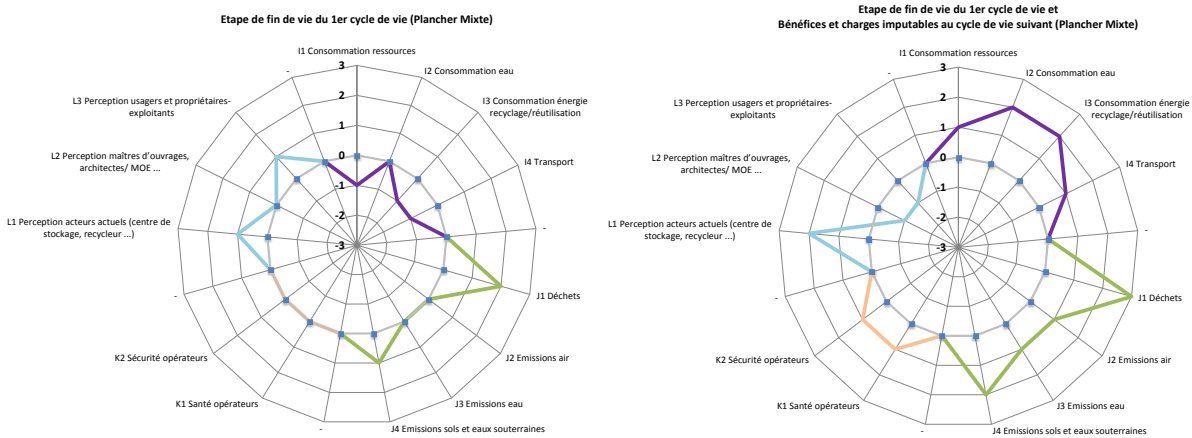
Selon la méthodologie établie, le niveau des impacts ou des effets liés à la solution de démontabilité est estimé par différence entre les deux systèmes, l'actuel et sa version innovante.

Dans le cas des solutions constructives de mise en œuvre à sec, les gains apparaissent déjà durant la phase de production-construction-utilisation aux postes : consommations de ressources (eau et emballage), émission dans l'eau et le sol et/ou dans la production de déchets.

Lors de l'étape de déconstruction, le démontage s'apparentant à un curage permet logiquement des progrès très significatifs en matière de réduction des émissions et déchets.

Les bénéfices des solutions DEMODULOR s'expriment pleinement lorsque l'on prend en compte les gains sur le début du second cycle de vie traduisant l'intérêt du réemploi. Dans ce cas, les économies observées sur les postes de consommation de ressources, d'eau, d'énergie et de production de déchets

sont clairement mises en évidence.




*Vue de 2 graphiques prenant en compte la fin de vie sans ou avec le début du cycle de vie suivant (ex : du plancher mixte)*

On constate pour l'ensemble des étapes du cycle de vie considéré que le système démontable est majoritairement plus avantageux que le système traditionnel aux points de vue environnemental, sanitaire et sécuritaire. Le système traditionnel comportant initialement un fort potentiel de recyclabilité et l'évaluation ne quantifiant que la différence entre les deux systèmes, les effets engendrés par la solution DEMODULOR ne sont pas toujours novateurs mais restent significativement bénéfiques, surtout lorsqu'on considère les avantages apportés au cycle de vie suivant.

Analyse économique sur 2 cycles de construction/déconstruction

Le bilan économique semble intéressant lorsque le montage/démontage pourra être reproduit plusieurs fois durant la vie des produits notamment pour absorber les opérations de curage et de préparation (tri, palettisation) des matériaux du gros œuvre plus longues comparées à une démolition traditionnelle. Toutefois, il convient de préciser que les éléments de l'analyse économique se sont arrêtés au site de démolition-déconstruction, sans estimation des coûts observés dans le circuit de tri et de valorisation. Sans évolution significative du contexte actuel sur la gestion des déchets de construction, la solution semble plus particulièrement pertinente dans la perspective d'apporter une réponse aux demandes croissantes d'évolutivité dans le temps des programmes de construction résidentiels ou tertiaires.
Les deux analyses comparatives, environnementales et économiques, menées au cours de la phase 4 du projet DEMODULOR mettent en évidence une série d'atouts, propres aux différentes solutions constructives et à leurs usages privilégiés. Les variations proviennent surtout des incertitudes liées à des sujets innovants : manque de lisibilité sur les temps et les prix pour l'analyse économique, imprécision sur les possibilités de réemploi dans le cadre des évaluations environnementales.
Dans les deux approches, la prise en compte réaliste du réemploi a permis de souligner la pertinence de l'approche de la déconstruction, même si plusieurs freins restent à lever.

## 7. OPPORTUNITES ET FREINS POUR LE DEVELOPPEMENT DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE INTEGRANT LE PRINCIPE DE DEMONTABILITE DES CONSTRUCTIONS

Au-delà du développement de solutions constructives pertinentes, la maturité des marchés, la culture des métiers et des professions et même les grands aspects du développement durable peuvent aboutir à des freins à la diffusion de ce type de solutions.

Analyse des gains et conséquences sur les usages et sur les conditions de réalisation d'une opération jusqu'à son démantèlement:

Pour rendre attractif un nouveau concept (la démontabilité), celui-ci doit apporter soit des avantages en termes de coût soit en terme de différenciation par rapport aux solutions concurrentes (traditionnelles dans ce cas) qui doivent permettre :

- Une appropriation durant toute la chaîne de valeur,
- Une croissance en termes de volume et de marge.

Les filières de recyclage s'organisent mais le **marché du réemploi** des produits de la construction est aujourd'hui anecdotique et inexistant pour les produits dits « industrialisés ».de structure La nécessaire professionnalisation du négoce de produits de réemploi ne pourra se faire qu'au travers d'un nouveau modèle économique d'économie circulaire attractif pour les investisseurs.
Heureusement deux leviers favorables que nous avons développés précédemment, apparaissent pour rendre viable ce modèle économique nécessaire à l'émergence du concept de démontabilité dans la construction/déconstruction.

- **La traçabilité des produits** pendant tout leur cycle de vie, un volet prometteur de la démarche de la transition numérique de la construction.

- **L'évolutivité des bâtiments**, nouvelle demande croissante rendue incontournable par l'évolution de la société et des technologies.

Les scénarios de développement des solutions DEMODULOR que nous proposons composent le schéma du modèle stratégique (figure ci-dessous) fondé sur trois pôles essentiels (sommets du triangle) à la croissance du concept de démontabilité : évolutivité, traçabilité, réemploi. Ces trois pôles permettent de créer les passerelles entre les enjeux du développement durable que sont :

- L'utilisation des ressources,
- La gestion des déchets,
- L'économie de fonctionnalité.

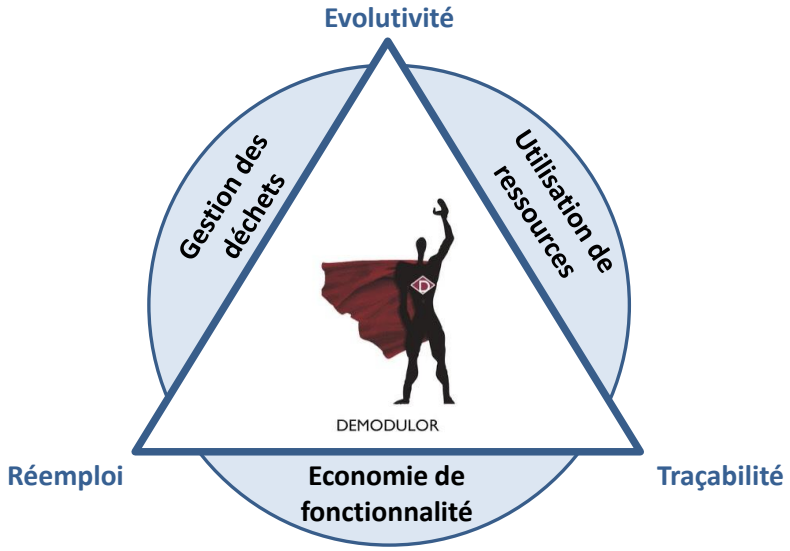



**Figure : Schéma du modèle stratégique pour DEMODULOR**

## 8. CONCLUSION ET POURSUITE DU PROJET DEMODULOR

Le projet DEMODULOR a été une recherche prospective passionnante dont la première innovation a consisté à réunir les centres techniques industriels des principaux matériaux de construction utilisés dans le gros œuvre et plus habitués à une situation de forte concurrence que de partenariat ouvert. L'objectif initial du projet était de définir et faire évoluer des procédés constructifs de gros œuvre pour faciliter leur démontabilité. mixité
L'étude préliminaire des marchés et des volumes a permis de mieux comprendre les modes de gestion des déchets et d'identifier les voies de valorisation selon leur organisation actuelle et, ce, malgré l'hétérogénéité des données recueillies.

Le projet a permis de sélectionner quatre procédés de gros œuvre (structure et enveloppe), représentatifs d'un volume de marché significatif dans les domaines du résidentiel et du tertiaire. Chaque système, porteur d'un potentiel de progrès, a été revisité pour les rendre démontables en conservant les niveaux de performance requis initialement. Au-delà des attentes du programme, les partenaires ont réussi à réaliser des prototypes à l'échelle 1 qui ont permis de vérifier la démontabilité des systèmes et de les soumettre à des essais mécaniques.
Les objectifs d'écoconception du projet ont été confirmés par une évaluation qualitative multi-critères, préférée à l'analyse de cycle de vie initialement envisagée. Ses résultats satisfaisants soulignent en particulier tout l'intérêt du réemploi.
Les opérations de montage et démontage ont été effectuées avec nos équipes, mais une collaboration plus étroite avec les professionnels de la démolition est une piste afin de mieux ajuster les modes opératoires.

Techniquement, la première campagne d'expérimentations de concepts constructifs a apporté des résultats satisfaisants mais elle doit se prolonger vers les autres exigences. A terme, aboutir à des montages d'opérations de bâtiments prototypes est un prolongement souhaitable de DEMODULOR.
Au vu des scénarios précédents, les perspectives sont prometteuses de développement de nouvelles pratiques tant pour la construction/déconstruction que pour l'utilisation des bâtiments (évolutivité, maintenance, coût global, remplacement de la démolition par un curage étendu au gros œuvre...). Des opportunités pour la création de nouveaux modèles économiques, filières ou métiers sont aussi à investiguer.

Ce sera l'opportunité en associant des partenaires industriels, constructeurs, maitres d'ouvrages, entreprises et distributeurs d'évaluer le potentiel d'appropriation du concept. Les enseignements de cette confrontation seront les clés pour déterminer la pénétration technologique et le volume des marchés potentiels et par voie de conséquence les bénéfices en matière de valorisation des déchets.

Au préalable, les premiers objectifs à réaliser seront :

- L'optimisation des composants pour l'industrialisation des solutions DEMODULOR;
- La réalisation des essais complémentaires de caractérisations des performances en laboratoires et in situ ;
- La validation complète des systèmes proposés, allant jusqu'à l'Avis Technique, pour la mise sur le marché,
- Des approches expérimentales coordonnées par les entreprises de déconstruction et de mise en œuvre, démonstrateur ;
- L'approfondissement des réflexions pour l'extension à d'autres systèmes constructifs permettant d'étendre l'aptitude au réemploi favorisant le réemploi.

*Figure : L'histoire du projet DEMODULOR résumée en quelques mots…*

Les partenaires du projet DEMODULOR souhaitent aujourd'hui prolonger la démarche en faisant appel à l'ensemble des acteurs de la filière construction / déconstruction.
Nos espoirs portent aussi sur un renforcement des engagements des pouvoirs publics pour favoriser les démarches de recyclage des déchets et surtout de réemploi des matériaux « durables » de construction, Ce soutien pourrait être marqué par des initiatives à court terme telles que :

- lancer une réflexion sur le statut des déchets de construction,
- initier la mise en place active du « carnet de santé du bâtiment »,
- inciter un taux élevé de recyclage des déchets de construction et de démolition par opération,
- introduire dans les appels d'offres une clause de « mieux disant recyclage – réemploi »,
- renforcer les contrôles sur chantiers,
- soutenir l'élaboration effective des plans de gestion des déchets dès la conception des ouvrages.

L'ensemble de nos actions devront être envisagées aussi au travers d'une communication renforcée et spécifique pour convaincre les parties prenantes des bénéfices de la démontabilité, du réemploi et de sa nécessaire généralisation dans les bâtiments du futur.

*Stéphane HERBIN, CTICM*
*Céline VINOT, CERIB*
*Olivier DUPONT, CTMNC*
*Jean-Luc KOUYOUMJI, FCBA*