

# Construction modulaire et en bois dur dans la Grande Région

Analyse du questionnaire

Rapport de synthèse



**Interreg**



Cofinancé par  
l'Union Européenne  
Kofinanziert von  
der Europäischen Union

Grande Région | Großregion



**LUXINNOVATION**

## Sommaire

<b>0</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
0.1	Contexte du projet.....	4
0.2	Définition du Cadre du projet .....	4
0.3	Méthodologie d'analyse.....	8
<b>1</b>	<b>ANALYSE DES RÉPONSES AU QUESTIONNAIRE (RÉSULTAT 1) .....</b>	<b>9</b>
1.1	Objectif du sondage.....	9
1.2	Echantillonnage .....	10
1.3	Taux de réponse et qualité .....	10
1.4	Analyse chiffrée .....	10
1.5	Analyse qualitative pour les questions ouvertes.....	19
1.6	Analyse par mots clés sur la thématique “Construction Bois Innovante” à partir de l'enquête.....	24
1.7	Entretiens semi-directifs complémentaires avec des organismes de la filière bois. ....	28
1.8	Conclusion partielle .....	35
1.9	Analyse le long de la chaîne de valeur (Grande Région).....	38
1.10	Mise en contexte de la chaîne de valeurs dans la Grande Région .....	42
1.11	Impact sur l'économie circulaire.....	44
<b>2</b>	<b>IDENTIFICATION DES PISTES CONCRÈTES ET DES PROJETS DE CONSTRUCTION EN BOIS INNOVANT (RÉSULTAT 2) .....</b>	<b>46</b>
2.1	Présentation succincte de projets intégrant des innovations .....	46
2.2	Analyse complémentaire des projets de construction modulaire bois.....	46
2.3	Contextualisation économique - noyaux d'innovation interrégionaux (WAVE 3.13) (Résultat 2.2) .....	47
2.4	Etablissement d'un modèle de calcul comparatif pour les bâtiments (WAVE 3.13.2 et 3.13.3) (Résultat 2.3) .....	58
2.5	Génération de nouvelles idées et recommandations (Résultat 2.4) .....	58
<b>3</b>	<b>ANNEXE(S) : .....</b>	<b>61</b>
3.1	Analyse du questionnaire par mots clés .....	61
3.2	Projets pilotes .....	64

<b>3.3</b>	<b>Innovations .....</b>	<b>64</b>
<b>3.4</b>	<b>Le débardage à cheval .....</b>	<b>64</b>
<b>3.5</b>	<b>Echelle de performance CO2 – Exemple de prescription .....</b>	<b>65</b>
<b>3.6</b>	<b>Publications .....</b>	<b>69</b>



## 0 INTRODUCTION

### 0.1 Contexte du projet

Plus d'un tiers du territoire de la Grande Région est couvert de forêts. Ces zones forestières abritent de nombreux acteurs de la transformation du bois pour tous les maillons de la chaîne de valeur. Avec le changement climatique, la composition des essences d'arbres évolue, avec une proportion plus importante d'essences feuillues, et avec elle la quantité de matériaux disponible pour la transformation. Les feuillues représentent une part importante de volume de bois sur pied, mais la proportion de bois récolté pour la filière feuillue reste faible lié notamment à la concurrence avec le résineux, le manque d'outils industriels adaptés et l'exportation de grumes feuillues non transformées vers l'étranger.

Les partenaires de W.A.V.E. Wood Added Value Enabler (Interreg Grande-Région, project ID : INTGR0100040) ont pour objectif de soutenir le développement d'une industrie régionale du bois performante, basée sur le renforcement de la chaîne de valeur, tout en renforçant l'utilisation du bois.

W.A.V.E. s'est fixé pour objectif de créer un lien entre l'utilisation durable de la ressource bois et une économie innovante. Les activités économiques dans le secteur du bois au sein de la Grande Région doivent faciliter la création d'alliances, grâce à une mise en réseau intensive, et motiver les entreprises à se relocaliser.

En collaboration avec les partenaires du consortium du projet Interreg W.A.V.E., une compréhension technique plus approfondie de l'utilisation du bois feuillu dans le secteur de la construction interrégionale doit être générée. L'accent sera mis sur les produits à base de bois feuillu dans les nouveaux processus, et plus particulièrement sur les systèmes de construction modulaire en bois et préfabriqués bois. Cela nécessite une connaissance approfondie des technologies et des activités sur ces sujets au sein de la Grande Région.

Dans le cadre du module de travail 3 de W.A.V.E., une enquête détaillée (sous forme de sondage) a été menée auprès des acteurs concernés de la Grande Région.

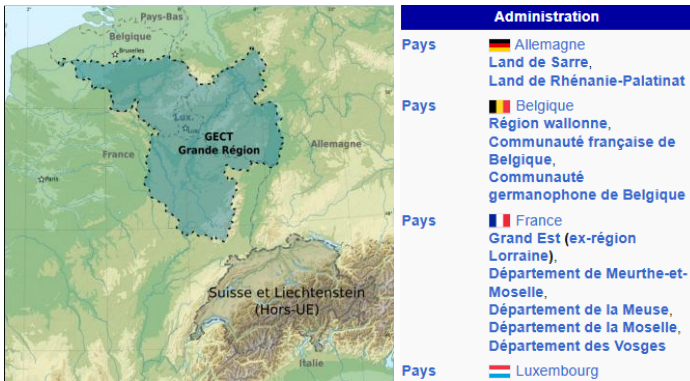
L'objet du présent rapport est de présenter dans sa première partie l'analyse des résultats issus de cette enquête. A l'issue de cette première étape, une série limitée d'entretiens semi-directifs a été organisée pour compléter les informations, certaines informations provenant du questionnaire. Finalement, le rapport présente les résultats le long de la chaîne de valeur de la filière bois, définit les pôles d'innovation, et propose des pistes de développement pour la poursuite des objectifs assignés.

### 0.2 Définition du Cadre du projet

#### 0.2.1 Limite géographique

La Grande Région :





### 0.2.2 Construction modulaire <-> Hors-site, définitions

L'intitulé du projet confié à SGI est « construction modulaire et en bois dur dans la Grande Région ».

Il est possible de se projeter dans l'avenir de la construction modulaire au travers de la référence ci-après de projets pilotes développés par un architecte hollandais (Arie Van der Neut) :

**Une créativité ré-inventée**

**Démontable** **Rapide** **Esthétique**

**Circulaire** **Efficient** **Noble**

ENWRAP CUT SHAPE COMPOSE

LE RÔLE DE L'ARCHITECTE DANS LA CONSTRUCTION MODULAIRE

Arie van der Neut - Architecte, urbaniste et consultant  
 AWR Advising, M: +31653516349, E: ant@a-w-r.nl, W: a-w-r.nl

Qu'est-ce qu'un bâtiment modulaire ?

Lors de l'atelier d'experts « The future of carbon-neutral commercial buildings » organisée par Luxinnovation le 5 novembre 2024, il est rapidement apparu que certains bâtiments à trame régulièrement répétées pouvaient être qualifiés de modulaire dans la mesure où les espaces étaient modulés selon des dimensions normalisées. Le bâtiment ALLEGRA, siège social de CDCL ou le bâtiment WOODEN de « La Bâloise », tous deux situés au Grand-Duché de Luxembourg illustrent cette approche conceptuelle.

— ALLEGRA



Wooden | Leudelange (LU)

Cette approche de la modularité permet d'élargir le point de vue à l'industrialisation de la construction et à des solutions techniques pour la construction préfabriquée « hors-site » en 3D, 2D ou même 1D (linéaires).

Qu'est-ce que la préfabrication ou Hors-site ?

**Aster Domo**  
2 houses, in 3 story,  
Built out of 12 cubes,  
Assembled in 18 hours.

**Construction hors-site 2D - 1D**  
Haute valeur ajoutée – Produit technique et Complexe à mettre en oeuvre

De nombreux atouts pour SGI :

- L'expérience et la rigueur
- La maîtrise des outils de conception
- Personnel hautement qualifié
- Connaissance du marché local industriel et constructeurs

Poutre préfabriquée - 1D



Éléments de murs 2D



Local technique - 3D



Combinaison sur chantier  
de plaques et de poutres

1D/2D



Combinaisons d'éléments de plafonds  
2D / 3D



Nous constatons d'ores et déjà que plus les éléments préfabriqués sont complexes, plus ils sont susceptibles de contenir de nombreux matériaux.

Nous proposons donc la définition suivante de « construction modulaire à base de bois feuillu ou de CLT » :

Toute construction ou rénovation qui répond cumulativement aux critères suivants :

- Le projet d'architecture repose sur une ou plusieurs trames répétitives ;
- Le projet est pensé pour favoriser la fabrication hors site d'une partie significative des composants ;
- Les éléments pré-fabriqués sont optimisés pour répondre aux défis de la fabrication en usine, du stockage, du transport et finalement de l'assemblage sur site ;
- Les composants contiennent une part significative de bois feuillu ou de CLT en quantité importante ou à des endroits spécifiques qui rendent la préfabrication plus efficace.

C'est dans ce contexte élargi que nous nous appuyons sur l'enquête lancée par Luxinnovation dans la Grande Région pour identifier les enjeux principaux pour l'introduction du bois feuillu dans la construction.

### 0.2.3 L'innovation dans la construction

La définition de « l'innovation » dans la construction doit s'interpréter dans son contexte historique.

En effet, Le béton et l'acier ont commencé à supplanter le bois dans la construction en Europe de l'Ouest à la fin du XIXe siècle et au début du XXe siècle. Plusieurs facteurs ont contribué à cette transition, et nous pouvons noter les points historiques suivants :

- La révolution industrielle : l'industrialisation a permis la production de masse d'acier et de ciment, rendant ces matériaux plus abordables et accessibles ;
- Les nouvelles techniques de construction : l'invention du béton armé (combinaison de béton et d'acier) par Joseph Monier en 1849 a ouvert de nouvelles possibilités architecturales et structurelles. Les techniques de construction métallique se sont également développées, permettant la construction de structures plus grandes et plus audacieuses, le bois restant présent mais pour des structures légères. ;

- L'urbanisation croissante : l'exode rural et la croissance des villes ont créé une forte demande de logements et d'infrastructures, nécessitant des matériaux de construction plus durables et résistants au feu. Or au XXème siècle, le béton et l'acier domine. Ce n'est qu'avec l'apparition des bois lamellés-collés au début des années 1900 que le bois est utilisé pour des portées plus grandes ;
- Et les limites du bois : le bois était un matériau de construction traditionnel, mais il présentait des inconvénients, comme la vulnérabilité aux incendies, la dégradation par les insectes et les champignons, les limitations en termes de hauteur et de portée.

Pendant un siècle, le cadre réglementaire a évolué en fonction des caractéristiques du béton et de l'acier. Aujourd'hui, le contexte change, la prise en compte de nouveaux critères comme la durabilité ou l'énergie grise des matériaux, l'amélioration des traitements à l'humidité et au feu, permettent au bois de se positionner de façon crédible par rapport au béton et à l'acier.

Il est important de noter que le bois n'a jamais complètement disparu de la construction en Europe de l'Ouest. Il reste un matériau apprécié pour sa beauté naturelle, ses qualités environnementales et ses performances thermiques. Ainsi, le brevet du lamellé-collé a été déposé en 1906-1907 et sa diffusion large dans la construction a débuté dans les années 1980-1990. Le CLT a été développé fin des années 1990 en Autriche et en Allemagne, utilisant exclusivement des résineux. Les premières explorations du CLT avec des feuillus ont eu lieu dans les années 2010 aux Etats Unis. Ces travaux précurseurs ont montré des contraintes techniques importantes : encrassement rapide des lames, temps de pressage accrus, variabilité qualité/calibration. D'autres tests sont menés en Europe vers les années 2020.

Les sources d'innovation pourront donc être trouvées dans ces matériaux récents et dans la mise à jour de techniques presque oubliées avec des bois feuillus. Comme l'a montré une étude précédente au niveau Luxembourgeois<sup>1</sup>, l'utilisation ponctuelle de solution à base de bois feuillus en complément aux bois résineux semble être une piste privilégiée dans la conception des éléments structurels.

### 0.3 Méthodologie d'analyse

La première étape de notre travail de recherche sera d'analyser le questionnaire réalisé dans le cadre du projet W.A.V.E. auprès d'entreprises de référence de la filière bois de la Grande Région, d'un point de vue qualitatif et statistique en vue d'en extraire les informations demandées dans les attendus de la mission.

Notre méthodologie prévoyait au préalable une validation des résultats de l'enquête :

- Vérification et qualification de l'échantillonnage de la population (géographique, secteurs économiques, position dans la chaîne de valeur, ... ) ;

---

<sup>1</sup> Etude de faisabilité HARDWOOD Luxembourg – Phase 1 - Rapport préliminaire, SGI 07/10/2024

- Vérification de la pertinence d'une approche statistique (nombre d'envois, taux de réponse global, par secteur,);
- Identification des pôles d'innovation et des sources d'informations ;
- Catégorisation des réponses et transfert vers une analyse quantitative ;
- Identification des indicateurs clés pertinents ;
- Des indicateurs chiffrés actuels et projetés (volume de production, évolution de la demande, ...)

Les premiers résultats ont été complétés par quelques entretiens semi-directifs ayant pour objectif d'explicitier certaines notions initiées dans le questionnaire ou tout simplement pour obtenir des informations sur des zones géographiques mal couvertes par les réponses obtenues.

La synthèse de ces deux premières étapes a été organisée selon la chaîne de valeur de la filière bois afin de déterminer les convergences révélées par les sondages et entretiens. Cette analyse nous a permis d'identifier des pistes de développement et de constater que de nombreux leviers d'actions au niveau sectoriel pouvaient se trouver dans le contexte régional et national qui entoure la filière bois, en particulier avec le développement de l'économie circulaire.

En complément à l'analyse, nous avons effectué deux recherches supplémentaires :

- Une recherche sectorielle d'innovations susceptibles de s'inscrire dans le cadre général établi ;
- Une analyse cartographique pour localiser les actions possibles dans une démarche de circuit raisonnablement courts.

## 1 ANALYSE DES RÉPONSES AU QUESTIONNAIRE (RÉSULTAT 1)

### 1.1 Objectif du sondage

Les thèmes abordés par le sondage concernaient :

- L'utilisation du bois dur (feuillu) ;
- La digitalisation des process ;
- La main d'œuvre et son niveau de qualification ;
- Le marché de fourniture de bois feuillus ;
- Les subventions ;
- Les obstacles au développement du bois feuillus ;
- La typologie des constructions en bois et potentiel d'industrialisation ;
- La maturité de la filière hors-site que ce soit pour des éléments linéaires(1D), anneaux (2D) ou modulaires 3D ;



## 1.2 Echantillonnage

L'échantillonnage initial était d'environ 50 entités. Le sondage a fourni 22 réponses (9 en allemand et 13 en français). Parmi les participants, 3 ne souhaitent pas être recontactés.

Le public cible était large et les questions étaient parfois perçues comme générales. Deux remarques ont été formulées en ce sens. La forme de l'enquête appelait des réponses courtes. A ce stade, nous avons recontacté, avec Luxinnovation, certains acteurs qui avaient « ouvert » une discussion pour clarifier le propos et affiner les problématiques.

## 1.3 Taux de réponse et qualité

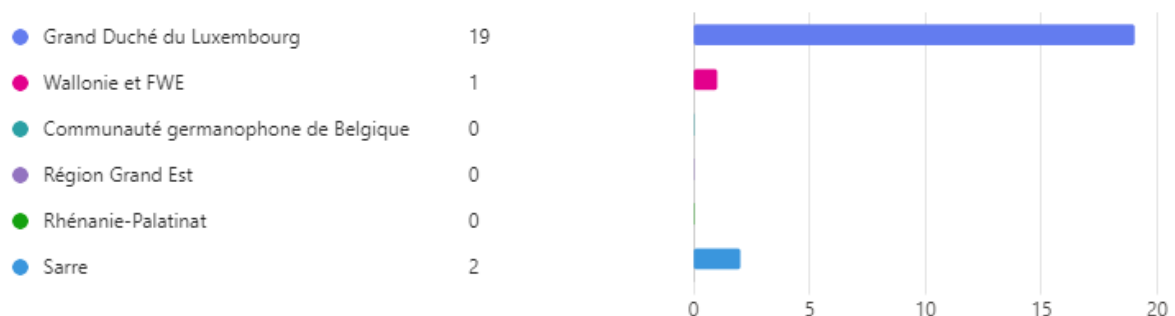
Le nombre de réponses est relativement faible pour la Grande Région, mais assez satisfaisant pour le Luxembourg puisque les entreprises répondantes sont représentatives de leur marché. Une approche statistique reste partielle et doit être considérée avec les données qualitatives recueillies auprès des partenaires. Cependant l'enquête permet d'identifier certaines problématiques évoquées par les répondants. Les questions fermées permettent aussi un comptage susceptible de mettre en évidence des tendances générales.

## 1.4 Analyse chiffrée

### 1.4.1 Origine des entreprises

Les réponses proviennent en grande majorité du Luxembourg (19), deux de la Sarre et une de la Wallonie.

#### 4. Région

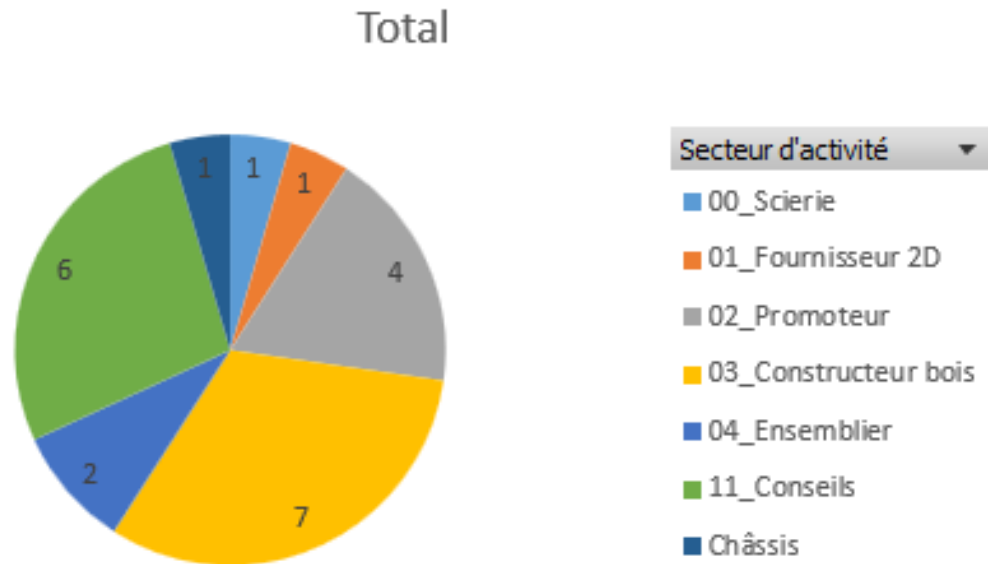


Des entretiens semi-directifs basés sur le questionnaire soumis aux partenaires W.A.V.E. représentatifs de la filière et de ses parties prenantes dans leur région respectives a permis de compléter les informations recueillies.

#### 1.4.2 Secteurs d'activité

Une recherche complémentaire a permis d'établir des catégories d'activité pour la population statistique étudiée.

Nombre de ID



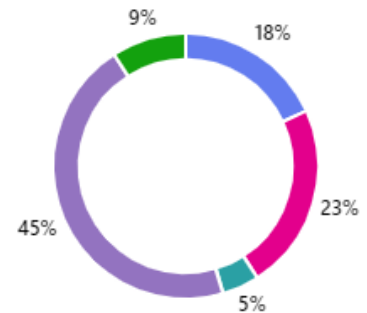
Globalement, les sources de données se répartissent comme suit :

- 50% (12 entreprises) pour la production (scierie, composant, bâtiment) ;
- 25 % (4 entités) pour des promoteurs ;
- 25 % (6 entités) pour des bureaux d'études et un centre de formation.

### 1.4.3 Taille des entités

#### 6. Nombre d'employés

● 0 à 10	4
● 10 à 50	5
● 50 à 100	1
● 100 à 300	10
● 300 et plus	2



La majorité des répondants sont de PME leader de leur marché.

### 1.4.4 Cible commerciale des répondants

#### 1.4.4.1 Type de marché

Les marchés publics sont la voie principale des constructeurs pour offrir leurs produits.

La scierie et le fournisseur de panneaux 2D s'adressent aux entreprises générales et aux prescripteurs

Les promoteurs s'adressent directement aux investisseurs publics et privés

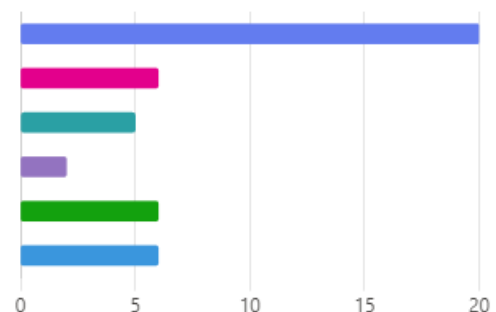
Les architectes offrent leurs services à des donneurs d'ordre publics et privés.

**Tous ces marchés sont des marchés traditionnels de la construction.**

#### 1.4.4.2 Répartition régionale

##### 9. Région cible

● Grand Duché du Luxembourg	20
● Wallonie	6
● Communauté germanophone de Belgique	5
● Grand Est	2
● Rhénanie-Palatinat	6
● Sarre	6



Le Grand-Duché du Luxembourg représente un marché cible pour tous les acteurs sauf pour les entreprises de plus petite taille qui reste sur le marché local.

Le second marché, la Rhénanie-Palatinat, est occupé par les entreprises germanophones.

Le marché français est mentionné par une entreprise belge. L'absence de participation d'entreprise française à l'enquête explique la valeur trop faible pour ce grand marché.

On peut émettre l'hypothèse suivante : les entreprises de la Grande Région dépassent les frontières et sont actives dans plusieurs régions, dépassant les frontières.

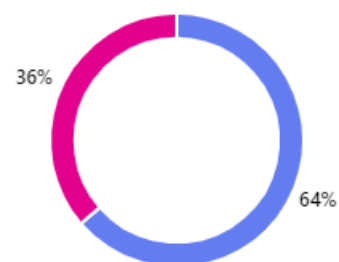
#### 1.4.5 Notoriété du bois feuillu dans la construction

63% des sondés affirment avoir rencontré des essences de bois feuillus dans leurs projets. Dans ce cas, une écrasante majorité a travaillé avec du hêtre (*BAUBUCHE*). Le chêne est également cité. Une entreprise de construction préfabriqué a précisé travailler avec du CLT pour ses modules 3D. 50% des acteurs citent des titres de projet où ils ont travaillé avec du bois feuillu :

- Bâtiment administratif d'Enovos à Esch-sur-Alzette ;
- Structure d'urgence à Sandweiler ;
- Archives Nationales à Esch/Belval ;
- ProFamilia Dudelange (BSH-Buche) ;
- Neubau rollingertec s.a. (BauBuche) ;
- Ketenpark Nonnweiler ;
- BSP-Werk CLTECH zum Beispiel (Nominert für den deutschen Ingenieurbaupreis 2024) ;
- Crèche à Roodt Syre ;
- Divers projets sur le quartier Rout Lëns ;
- Centre d'accueil pour enfants à Dudelange ;
- Wanteraktioun für das Familienminisiterium (Sandweiler).

14. Utilisez-vous des produits en bois dur feuillu comme matériau brut ou matériau de construction dans le secteur du bâtiment?

● Oui 14  
● Non 8

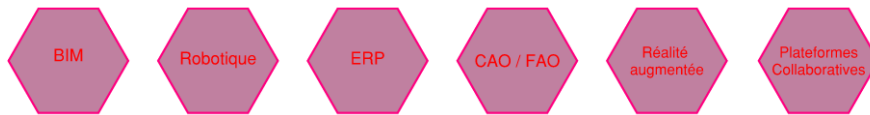


La moitié des répondants affirment utiliser du bois dur feuillus, mais aucun ne précise l'essence. On pose l'hypothèse selon laquelle il s'agit de hêtre, par référence avec la question précédente. La disponibilité du hêtre au Grand-Duché de Luxembourg ne posant selon eux pas de problème. L'offre est identifiée comme faible, mais suffisante par rapport à la demande.

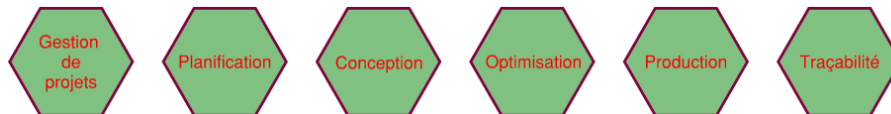
Un répondant a mentionné une pénurie de bois feuillus dans le cadre du projet « wanteraktioun » à Sandweiler.

#### 1.4.6 Digitalisation

100% des entreprises de l'échantillon misent sur la digitalisation de leur entreprise. Il y a un consensus sur cette problématique.



Tous les domaines ciblés par le questionnaire (stocks, traçabilité, optimisation de la production et planification) sont perçus comme pouvant bénéficier de la digitalisation.



85% de l'échantillon utilisent des solutions logicielles/robotiques.

22. Utilisez-vous des outils numériques comme le BIM, la robotique, l'intelligence artificielle ?



#### 1.4.7 Qualification de la main d'œuvre

24. Pensez-vous que le manque de main-d'œuvre qualifiée constitue un obstacle important à la numérisation dans votre secteur ?



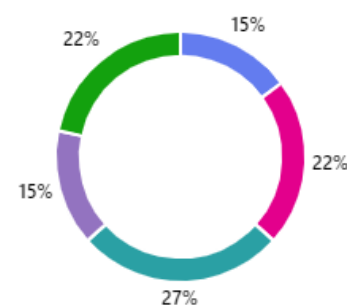
La question est en ballottage et la thématique devrait être approfondie, par exemple en consultant les centres sectoriels de formation qui devraient pouvoir apporter des précisions par exemple sur les thèmes suivants :

- Profils requis pour la production en usine et le montage ;
- Métiers spécifiques (grutiers, assembleurs, responsable sécurité,...) ;
- Profils requis pour la conception, l'organisation et le suivi des chantiers, les réceptions ;
- Le niveau de qualification pour les concepteurs est-il suffisant ?
- Le niveau de qualification pour les entreprises et les monteurs est-il suffisant ?
- La pénurie de main d'œuvre a-t-elle un effet sur le processus de digitalisation des entreprises ?

Bien que les avis soient partagés sur la nécessité d'améliorer la compétence de la main d'œuvre, 80% des répondants ont répondu en proposant plusieurs autres pistes d'amélioration.

25. Parmi les mesures suivantes, lesquelles vous semblent pertinentes ?

● Fournir une plateforme d'apprentissage en ligne pour les compétences numériques dans les...	9
● Simplifier et harmoniser les outils numériques.	13
● Proposer des formations régulières sur les outils numériques utilisés.	16
● Développer des partenariats avec des écoles spécialisées dans le numérique.	9
● Avoir accès à des subventions pour financer la formation numérique.	13



La demande en formation régulière est la plus fréquemment citée. Ensuite, une simplification et une harmonisation des outils numériques sont souhaitées, et des subventions pour financer les outils et la formation sont citées comme les leviers pour soutenir la digitalisation du secteur.

Ces choix illustrent le foisonnement des « solutions » techniques disponibles et leur rapide évolution qui tendent à dépasser les capacités globales des entreprises actives dans le secteur. Or, les entreprises de construction en bois sont déjà très au fait des logiciels de conception assistées par ordinateur et qu'elles sont très souvent en avance par rapport aux entreprises de construction traditionnelles. Il est donc clair que la digitalisation, plébiscité par tous les acteurs, entre dans une phase d'accélération marquée.

#### 1.4.8 Modification des emplois

26. Pensez-vous que les emplois dans la filière bois doivent être adaptés face aux nouvelles technologies ?



27. Quels sont les domaines qui, selon vous, bénéficieraient le plus de la digitalisation ?



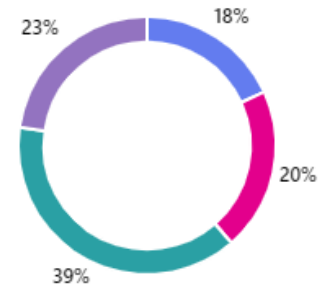
Le secteur a pleinement conscience de la mutation qui s'opère avec l'industrialisation de la construction. L'amélioration de la planification étant identifiés comme premiers domaine qui profiteraient de la digitalisation, et reflètent un élément clé de la nouvelle façon de construire : la différence d'organisation entre une production industrielle ayant un rythme plutôt linéaire, rapide et ordonné, là où les sites de constructions sont soumis à de multiples aléas et une planification le plus souvent « au fil de l'eau ».

Le deuxième domaine qui profiterait de la digitalisation selon les répondants serait celui de l'optimisation des processus et de la production. Là encore on constate que le secteur du bois est conscient des bénéfices de l'industrialisation et de la préfabrication en usine, pour optimiser la filière de la construction.

#### 1.4.9 Les obstacles à la digitalisation

28. Quels sont les principaux obstacles à la digitalisation dans votre entreprise ?

● Coût élevé des solutions	8
● Manque de compétences	9
● Manque de temps	17
● Résistance au changement	10



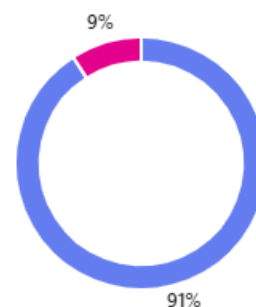
Le manque de temps pour mettre en place les changements est le principal obstacle à la digitalisation des entreprises répondantes. Vient ensuite la résistance au changement qui a été sélectionnée par un peu moins de la moitié des répondants. Ceci montre à quel point le changement imposé par les nouvelles technologies est profond : il demande du temps et de l'accompagnement, ainsi que des formations, et il impacte directement les organisations des entreprises. 50% des répondants indiquent que le manque de qualification du personnel est un frein au développement de la digitalisation. Au sein des entreprises de construction, la proportion passe à 40%.

Le manque de compétences et le coût élevé des solutions informatiques sont à la hauteur des économies et des opportunités escomptées. La demande d'aide de financement pour se digitaliser confirme les propositions d'amélioration suggérées à la question 25 du questionnaire (mesures pertinentes pour faciliter la digitalisation des entreprises).

#### 1.4.10 La volonté d'évoluer

29. En vous basant sur votre niveau de digitalisation actuel, souhaitez-vous développer/amélioreriez la digitalisation dans votre entreprise ?

● Oui	20
● Non	2



La volonté d'évoluer est très claire pour les entreprises répondantes, on peut donc en conclure que si les freins sont levés, la digitalisation du secteur se fera.

#### 1.4.11 Les producteurs

30. Connaissez-vous des producteurs de bois feuillu dans votre région?

● Oui	10
● Non	12



Une majorité des entreprises sondées ne connaissent pas de producteur de bois feuillus. Nous constatons un déficit de notoriété pour les producteurs de bois feuillus auprès des prescripteurs, ce qui soutient le besoin de travailler sur la promotion de la construction en bois, des produits en bois et en bois dur, avec pour objectif l'augmentation de la demande dans les marchés.

Pour les prescripteurs, les produits en bois durs disponibles sur le marché sont les meubles, des planches et des poutres de construction. Les essences évoquées sont principalement le chêne et le hêtre, le Robinier et le CLT ont également été évoqués. Le point sera développé dans l'analyse qualitative (les bois feuillus et les usages).

#### 1.4.12 Promotion et développement du bois feuillu

Pour cet aspect du sondage, nous avons regroupé les questions suivantes :

- De quelle manière êtes-vous impliqué dans le développement de produits en bois feuillu?
- Avez-vous déjà discuté avec des entreprises de l'extension d'une production basée sur le bois feuillu ou connaissez-vous des développements dans ce domaine?
- Avez-vous déjà reçu des subventions pour des projets similaires (privés ou publics) en rapport avec le bois feuillu?

Le sujet de l'extension du marché à des produits en bois feuillus n'est pas à l'ordre du jour pour les entreprises répondantes. Elles n'ont pas été impliquées dans le développement de produits, et ne sont pas en discussions avec des partenaires pour explorer ce marché. Aucun acteur interrogé n'a reçu de subvention pour un projet qui aurait pu œuvrer dans cette direction.

Seul un bureau d'études indique l'existence de mesures gouvernementales spécifiques pour atténuer les difficultés de planification. Tous les autres déclarent ne pas savoir ou répondent par la négative.

## 1.5 Analyse qualitative pour les questions ouvertes

### 1.5.1 Quels sont les produits et services innovants

Plusieurs réponses concernent des types de bâtiment ayant un usage classique... Sans réelle innovation, mais mettant en avant la capacité technique des entreprises. Plusieurs thématiques ont été brièvement évoquées :

- La construction à ossature bois ;
- La construction modulaire 3D en bois ;
- Dalle de plancher Bois/béton de grande portée ;
- Le bois massif abouté (KHV), à partir de bois résineux ;
- Économie circulaire, empreinte carbone, matériaux biosourcés, ... ;
- Fixations invisibles ;
- La physique du bâtiment ;
- La construction bois.

Du point de vue des entreprises répondantes, il semble que l'innovation soit le plus souvent mobilisée par le fait de construire en bois, et non pas dans des produits innovants.

### 1.5.2 Liste des projets innovants, des entreprises et des produits locaux évoqués

- Usine CLT dans les environs de Kaiserslautern (Alsace FR);
- centre d'accueil pour enfants à Dudelange en hêtre ;
- Wanteraktioun für das Familienminisiterium (Sandweiler);
- ProFamilia Dudelange (Hêtre lamellé collé);
- Nationalpark-Tor KELTENPARK, Ringwallstraße 80, 66620 Nonnweiler, Allemagne ;
- [Crèche à Rodt/Syre](#)
- [Archives nationales à Esch-Belval](#).
- Projet d'une structure à colombages en bois de chêne de faible diamètre (en collaboration avec l'Université des sciences appliquées de Trèves et Wieland Becker) avec un bureau d'études luxembourgeois<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> <https://ipb.lu/> - <https://cltech.de/>

Outre ces projets innovants, qui ressortent des données obtenues via l'enquête, nous avons aussi identifié les projets suivants :

- Hall ANF à Dudelange avec ABP (hêtre local, CLT fixation tout bois, séchage en cours...);
- Lamellé collé de bouleau avec l'Université de Liège (Belgique), dans le cadre du projet W.A.V.E.

### 1.5.3 Obstacles à l'utilisation du bois feuillu

Les obstacles suivants sont classés par fréquence d'occurrence :

- Le prix élevé ;
- La disponibilité locale ;
- Les protections en phase chantier (gestion de l'eau et des déchets de protection) ;
- Le manque d'expérience ;
- La difficulté à travailler les bois feuillus (plus durs que les résineux)

Ces conclusions sont cohérentes avec les résultats de notre première phase d'études. Nous citerons encore les problèmes réglementaires souvent cités en phase 1.

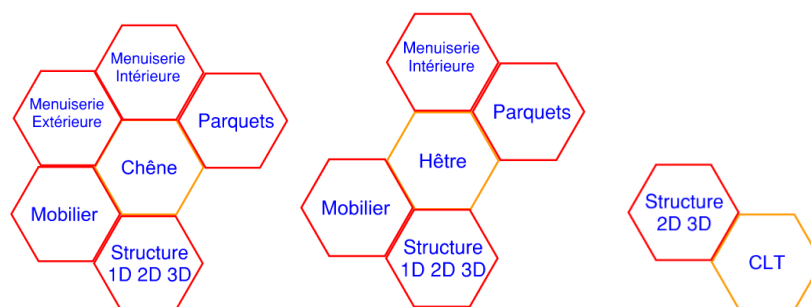
- Les normes et tests feu / acoustiques / statiques / Note d'Information Technique (NIT) ;
- Le sujet des EUROCLASSES des faces visibles

Le manque de disponibilité freine le développement de techniques alternatives de construction et le manque de concurrence provoque une absence de compétitivité dans les prix chez les fournisseurs.

### 1.5.4 Le bois feuillu et les usages

Dans l'enquête, nous retrouvons majoritairement et sans surprise deux essences de bois feuillus, le chêne et le hêtre. Le CLT est aussi mentionné, il fait partie des solutions à base de bois à haute performance pour les structures 2D et 3D, même s'il est actuellement produit majoritairement à partir de bois résineux.

Le chêne peut être utilisés pour tous les usages, à l'inverse du hêtre qui ne peut être utilisé que dans des espaces où l'humidité est contrôlée, c'est-à-dire à l'intérieur.



Pour compléter l'information, nous reproduisons le tableau des usages du bois feuillu dans la construction tel qu'il a été produit dans la première phase de l'étude.

Cas d'usage	Essences feuillues*										
	Hêtre.....	Chêne.....	Frêne.....	Chataignier..	Peuplier.....	Noyer.....	Robinier.....	Bouleau.....	Aulne.....	Erable.....	Merisier.....
1. Usage intérieur											
1.1 Parquet massif	X	X		X							
1.2 Parquet THT (traitement thermique)	X	X	X	X							
1.3 Parquet contrecollé	X	X	X	X		X	X				
1.4 Lames murales - Lambris	X	X		X	X						
1.5 Tasseaux / bois de menuiserie Avivés / planches / montants	X	X	X	X							
1.6 Panneaux bois multiplis	X	X	X			X		X	X	X	X
1.7 Panneaux LC (lamellé-collé)	X	X	X								
1.8 BLC (bois Lamellé Collé) pour montants et pièces de portes	X	X									
2. Usage extérieur											
2.1 Bardage		X		X			X				
2.2 Bardeau / Tavaillon (tuiles de bois)		X		X			X	X			
2.3 Bois massif THT (traitement thermique)			X		X						
2.4 Lame Terrasses		X		X			X				
2.5 Tasseaux / traverses		X		X			X				
2.6 Piquets / Ganivelles		X		X							
3. Structure											
3.1 Bois massif - Pièce équarrée	X										
3.2 BMR (Bois massif reconstitué)**	X										
3.3 BLC (bois Lamellé Collé)	X	X	X	X		X					
3.4 CLT (Cross Laminated Timber)		X									
3.5 BauBuche - Lamibois de hêtre	X										

\* En bleu disponibles au Luxembourg

\*\* La plupart des BMR sont en résineux

### 1.5.5 Implication dans le développement des produits en bois feuillus

L'Administration des Bâtiments Publics (ABP) du Luxembourg supporte, comme maître de l'Ouvrage publics des projets pilotes en bois.

Une entreprise Luxembourgeoise a participé à un projet d'utilisation du bois feuillu en Recherche et Développement pour la valorisation du Hêtre (entre autres essences).

Une agence d'architecture indique être à l'initiative de projet en bois feuillu.

L'Université de Liège a réalisé des tests de résistance en laboratoire sur des échantillons de bouleau.

En France, des tests ont été réalisés entre autres sur le chêne, le hêtre<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Voir le chapitre 2.1.2 et 2.1.3 de l'étude de faisabilité HARDWOOD Phase 1.

## **Dans quelle mesure êtes-vous prêt à soutenir un projet interrégional de production et de commercialisation de produits en bois feuillu ?**

Pour soutenir un nouveau projet les administrations doivent obtenir une décision du Ministère ;  
Certaines entreprises sont prêtes à partager l'expérience de leurs techniciens dans un éventuel projet ;  
D'une façon générale, 30% des répondants sont globalement positifs envers une telle idée de projet.

### 1.5.6 Systèmes technologiques d'avenir selon les répondants

Classement par ordre décroissant d'occurrence :

- CLT
- Préfabrication 2D sur base d'ossature bois ;
- Châssis avec bois combinés ;
- Système de murs préfabriqués isolés ;
- Parois en bois massif ;
- Machine outils

### 1.5.7 Avantages / inconvénients d'une ligne de préfabrication

Les avantages et inconvénients doivent être appréhendés projet par projet. Il n'y a pas de solution toute faite.

Parmi les avantages cités dans les réponses, nous retiendrons :

- Une préfabrication hors-site permet de gagner un temps considérable sur chantier ;
- Puisque ces processus sont plus numériques, les matériaux peuvent y être mieux gérés et les chutes évitées ;
- Faire face au manque de main d'œuvre tout en proposant des produits finis qualitatifs et innovants ;
- L'industrialisation et la fabrication hors-sites sont inévitables pour réaliser des constructions modernes et abordables.

Parmi les freins soulevés, nous retiendrons :

- La plupart des ingénieurs en structure et des architectes manquent de l'expertise nécessaire pour concevoir une mise en œuvre efficace (cette conclusion vaut au moins au Luxembourg, manque de source d'informations pour les autres régions) ;
- Surcoûts, car le traitement est plus complexe que la construction traditionnelle ;
- Coûts des transports des modules préfabriqués.

Parmi les obstacles, nous retiendrons :

- Le préfabriqué ne semble pas toujours atteindre ses promesses de rentabilité financière, les besoins et contraintes doivent être très bien définies, et les modèles en série privilégiés si l'objectif de rentabilité doit être atteint ;
- Le manque de surfaces industrielles adaptées ;
- Le besoin de formations spécialisées en conception et assemblage de modules préfabriqués.

Nous constatons que l'industrialisation et la fabrication hors-site sont évoquées ensemble, comme des solutions pour une construction abordable et de haute qualité. Cependant cette industrialisation demande un changement du modus-operandi pour la construction dans son ensemble et les compétences sont trop rares au Luxembourg.

Nous constatons par ailleurs que la rentabilité des projets « modulaires et préfabriqués » actuels pose question.

Cette problématique mériterait d'être approfondie :

- En distinguant les préfabrication 1D et 2D, qui par exemple permettent au Luxembourg à des entreprises pionnières d'exister depuis de nombreuses années face aux constructeurs traditionnels, et la préfabrication 3D qui en est à ses débuts dans la Grande Région ;
- En analysant le degré d'industrialisation qui serait jugé acceptable pour des projets à haute valeur architecturale (voir illustrations dans l'introduction).

#### 1.5.8 La rareté des matières premières / ressources

La rareté des matériaux biosourcés est bien mise en avant dans les réponses au questionnaire et constitue un obstacle très contraignant pour réaliser des projets de construction durables. Il est encore nécessaire à l'heure actuelle de faire des compromis pour fournir un projet finalement acceptable d'un point de vue écologique et économique. Pour limiter les risques de blocage face à ces pénuries de matériaux, il est nécessaire de concevoir des projets résilients.

A ce titre, plusieurs pistes ont été ouvertes pour surmonter cet obstacle :

- La parcimonie dans l'usage des ressources (la construction en ossature reste la plus respectueuse en matière de consommation de ressources) ;
- La promotion du recyclage et du réemploi ;
- La flexibilité dans la prescription.

« En utilisant des matériaux régionaux, on se protège plus efficacement des problèmes liés aux chaînes d'approvisionnement mondiales. Bien sûr, des événements locaux, tels que des incendies de forêt, peuvent également survenir. À mon avis, il faut toujours envisager une combinaison de différents matériaux. En

choisissant les matériaux en fonction des besoins et des propriétés, on est sur la bonne voie pour concevoir un projet écologique, économique et donc réussi. »

« Plus nous sommes flexibles dans le choix des matériaux, moins le problème de la pénurie d'un produit se pose ». Il s'agit ici d'une référence aux DCE qui sont écrits de manière fermée et des années à l'avance et qui empêchent ainsi d'adapter les prescriptions en fonction du contexte au moment du chantier et de l'achat des matériaux.

### Extrait des réponses au questionnaire

## 1.6 Analyse par mots clés sur la thématique “Construction Bois Innovante” à partir de l'enquête

Nous avons regroupé les mots clés qui apparaissent dans les réponses en fonctions de thématiques. L'ensemble des mots clés est repris en annexe 3.1 du présent document.

Nous proposons ci-dessous une courte synthèse des résultats de l'approche avec une mise en perspective lorsque cela s'avère nécessaire à la bonne interprétation des mots clés retenus. Puis nous proposerons quelques types « d'assemblages » pour mettre en lumière d'éventuels liens forts ou des opportunités de développement.

### 1.6.1 Extraction des mots clé en fonction de la langue

#### Allemand

- Holzbau → Construction en bois ;
- Laubholz → Bois feuillus ;
- Digitalisierung → Digitalisation ;
- Vorfertigung → Préfabrication ;
- Modulbau → construction modulaire 3D.

#### Français

- Bois feuillu ;
- Digitalisation ;
- Préfabrication ;
- Marché public ;
- Compétences numériques.

Nous constatons que les thématiques sont similaires. La compétence numérique est plus soulignée chez les acteurs francophones. La construction modulaire l'est davantage chez les germanophones. Il est important de souligner que les mots clés identifiés sont fortement corrélés avec les intitulés des questions.

### 1.6.2 Contexte normatif

Il ressort du questionnaire, et de l'analyse par mots clés, que les normes de calculs DIN et EC5 sont les plus souvent citées. Les règlements CEGEDIS pour la résistance au feu sont également cités. Le règlement CEGEDIS (Corps Grand-Ducal d'Incendie et de Secours du Luxembourg) porte sur les prescriptions incendie et reflète le souci principal des concepteurs actuels face à des réglementation et une représentation de la sécurité incendie qui s'appuie principalement sur l'utilisation de matériaux ininflammables (acier/béton). Selon nos informations, cette problématique est aussi discutée en France et en Belgique.

Les règles urbanistiques ne sont pas prises en considération par les sondés, malgré une question spécifique à ce sujet.

Nous devons ici souligner que les Eurocodes sont en fait dédiés principalement à l'utilisation des bois résineux et ne conviennent donc pas pour calculer des structures optimales à base de bois feuillus. Malgré cela, les sondés se réfèrent à ces normes. Des tests de laboratoire ont été réalisés en France et en Belgique à cet égard.

Le contexte normatif dans la construction est actuellement très défavorable pour le secteur du bois dans son ensemble. A l'intérieur du secteur bois, les bois résineux occupent une position hégémonique par rapport aux bois feuillus.

### 1.6.3 Process et digitalisation

L'analyse par mots clé fait apparaître des informations

sur les outils utilisés d'une part :

- BIM ;
- Robotique ;
- ERP ;
- CAO/FAO ;
- Plateformes collaboratives ;
- Réalité augmentée.

et sur les processus impliqués d'autre part :

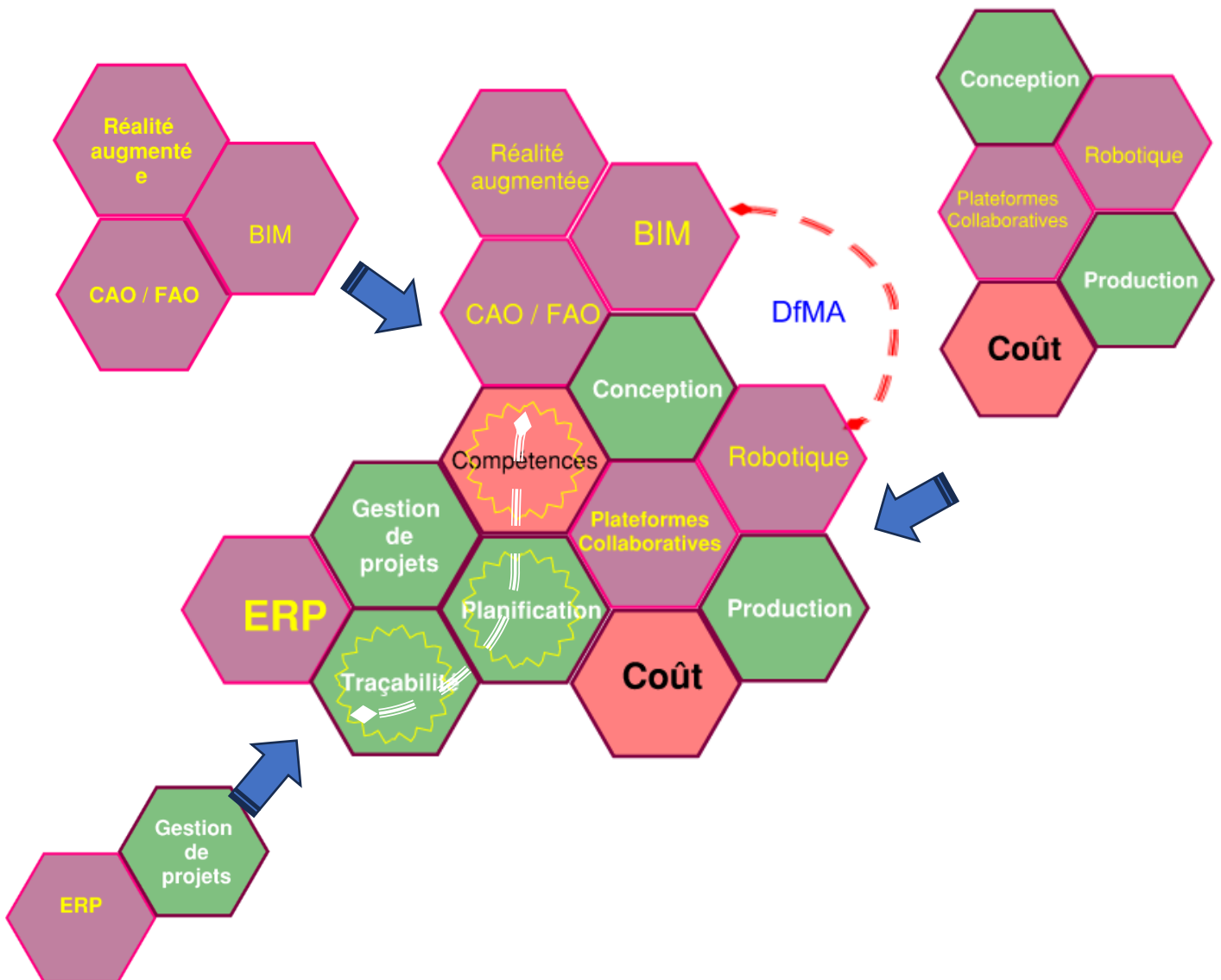
- Conception ;
- Production ;
- Gestion de projets ;
- Traçabilité ;
- Planification ;
- Optimisation.

Sur base de notre expérience, nous avons groupé ces process par pôles d'activités pour obtenir des grappes autour de :

- La conception classique avec les promesses d'un potentiel fort qui gravite autour du développement du BIM ;
- La conception par et pour les unités de production qui redéveloppe les concepts en fonction de leurs méthodes de production et de leurs capacités propres, dans un souci d'efficacité et de maîtrise des coûts ;
- La gestion de projets et le contrôle financier qui peuvent s'accompagner des solutions ERP (Enterprise Resource Planning).



Actuellement, ces pôles se développent sans connexion systématique entre eux. Des optimisations sont bien en cours, mais elles ne sont pas toujours coordonnées et le « manque de temps » invoqué à de nombreuses reprises illustre à la perfection la résistance au changement qui est parfois exprimée dans le secteur. Notons toutefois que les entretiens semi-directifs ont permis de nuancer le propos en constatant qu'en France, le secteur est très dynamique et plutôt positif au changement que réfractaire à ce dernier.



Deux facteurs de liaisons forts sont le trio **compétence-planification-traçabilité** et le **DfMA**<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Design for Manufacturing and Assembly. Dans la construction traditionnelle, les modalités de mise en œuvre sont rarement prises en considération lors de l'élaboration du projet. Il s'agit donc de prendre en considération

Des gains substantiels pourraient bénéficier au secteur de la construction en bois et en particulier en bois feuillus si ces trois grappes étaient rassemblées par le développement de **compétences** transversales qui **jetterait des ponts** entre les différents mondes qui se connaissent sans pour autant se fréquenter suffisamment.

Il s'agirait d'un changement majeur dans les modes de fonctionnement entre les concepteurs, les prescripteurs et les constructeurs qui devraient échanger plus d'information pertinentes au fur et à mesure du développement des projets de constructions.

Un lien tout particulier pourrait être développé entre le BIM des concepteurs et les outils robotiques. Comme le souligne le Future trend report 2023 de l'EFCA <sup>5</sup>, sous l'influence des producteurs de solutions logicielles, il est de plus en plus probable que le DfMA (Design for Manufacturing and Assembly) se développe rapidement et joue un effet de levier important pour industrialiser le secteur de la construction. Il devrait en résulter des économies d'échelles dans les secteurs de la construction qui seront impactés.

#### 1.6.4 Contexte et difficultés qui ressortent du sondage

Les éléments de contexte identifiés comme contraignants ou favorable au développement de la construction en bois dur sont :

- La mobilisation des marchés publics ;
- L'adaptation des normes à la nature spécifique des bois feuillus. Actuellement, les critères de tri dès le sciage sont inadapés et les capacités statiques des éléments sont sous-évaluées ;
- L'acceptabilité des solutions à base de bois dans les Administrations et auprès des prescripteurs est aussi à améliorer. C'est particulièrement le cas avec les corps de pompiers ;
- Actuellement, il y a très peu de niches d'utilisation de bois feuillus dans la construction ;
- Le travail du bois feuillu est encore très artisanal ;
- Le travail de production du CLT est déjà industrialisé ;
- La circularité et la durabilité sont très souvent évoquée comme argument en faveur de l'utilisation du bois, et donc du CLT et du bois feuillu.

---

très tôt dans le processus de conception des contraintes spécifiques à la préparation en usine, puis durant le transport et finalement lors du montage. L'étape ultime étant aussi d'intégrer les étapes de démontage.

<sup>5</sup> "how consulting engineers can position themselves in a disrupted future. Such disruptions result from technological innovations, such as BIM, modularised construction, off-site manufacturing, drones, AR/VR, AI, and 3D printing, from product innovations particularly in the fields of sustainability, climate resilience, and decarbonisation, and newly emerging business models driven by software companies" from "How do I get Future-ready? – A playbook for consulting engineers in times of uncertainty" - Future trends Report European Engineering Consultancies 2023



## 1.7 Entretien semi-directifs complémentaires avec des organismes de la filière bois.

Pour compléter les résultats les formulaires reçus, quelques entretiens semi-directifs ont été réalisés par Luxinnovation. Nous avons extrait les informations qui nous semblaient complémentaires aux résultats obtenus dans les sondages.

### 1.7.1 FIBOIS – Grand-Est,

- Quel type de bois feuillu est utilisé en majorité dans la région ?
  - Dans le Grand-Est, le chêne et le hêtre, sont utilisés. En menuiserie, le noyer et un peu de frêne pour les escaliers, un peu de peuplier pour les panneaux structure (projets ponctuels, au stade de test, dôme, défis de l'architecte), châtaigner en bardage ou tavaillon (tuile de bois) sont par ailleurs utilisés.
  - Un guide d'utilisation des bois feuillus est proposé en **annexe** au présent rapport.

Des projets phares avec du bois feuillu dans votre région ?

- Bat'innovant à la COMCOM Sauer-Pechelbronn : lamellé-collé de hêtre en 28mm ép. , par Chêne concept)
  - Scierie à Bazoilles sur Meuse (88) : Le choix s'est porté sur l'utilisation des feuillus en structure et en en vêture
  - 48° Nord Landscape Høtel <https://hotel48nord.com/> : bardage en châtaignier local
  - Boma - les bonnes matières
  - Maison du vélo à Xertigny, livré en 2021, structure en Hêtre par picots
  - Maison de l'énergie solaire à Toul-Rosières : caissons en panneaux peuplier
  - Siège de la chambre d'agriculture et de l'ONF à Epinal
- Obstacles au bois feuillu dans la région ?
    - La technique de transformation du bois est différente et les rapports qualité/prix sont mauvais ;
    - Les capacités en seconde transformation sont rares localement et même sur une plus grande distance ;
    - Le sujet est généralement mal maîtrisé, les compétences sont lacunaires et le risque lié au changement est jugé trop important.
  - Digitalisation des entreprises ?
    - Il faut distinguer le BIM qui reçoit un accueil mitigé car trop complexe et la robotisation qui elle est rentable.
    - Des aides régionales existent pour supporter les investissements en « machines ».
  - Formation ?
    - Les formations actuelles sont parfois inadaptées. Par exemple, les robots ne sont pas autonomes. Il faut les programmer, les adapter. Il manque des compétences en langage machine ;
    - L'intelligence artificielle n'est pas la bonne réponse à tout.



- Contexte / Réglementation ?
  - Actuellement, il existe des avis techniques, mais pas de « vraies » réglementations applicables aux bois feuillus.
  - Le bois feuillu manque de normes propres !
- Préfabrication bois / CLT
  - MATHIS, connu au niveau national pour des projets d'envergure et d'excellence (JO piscine à Paris) ;<sup>6</sup>
  - OSSABOIS, dans les Vosges est identifié comme constructeur modulaire 2D et 3D. Le marché national est très porteur pour des logements étudiants, des chambres d'hôpital ;
  - Schilliger bois : ligne de production 42 millions, pour du CLT en Alsace. Cette entreprise propose une innovation avec du CLT avec isolant intégré (voir liste des innovations à approfondir) ;
  - Plusieurs bâtiments ont été cités en référence. Nous les avons regroupés dans un chapitre séparé « projets référence » ;
  - Deux guides pratiques sur la construction et la rénovation selon des techniques de préparation hors-site sont joints en **annexe**.
- Quel rôle des changements sur les compositions des forêts pour les entreprises utilisant du bois ?
  - Les PME sont plutôt enclines à réutiliser du bois plutôt que de changer d'essence et les maîtrises d'œuvre sont frileuses à ce sujet pour des questions de contrôle qualité et d'assurance. En fait, la question se pose peu puisque les chaînes d'approvisionnement répondent encore complètement à la demande avec du bois neuf ;
  - Le chêne est utilisé ponctuellement pour du réemploi... La rareté crée le besoin.

### 1.7.2 Filière bois Wallonie

- Quel type de bois feuillu est utilisé en majorité dans la région ? Est-ce que certaines essences sont utilisées dans la construction ? Pour quels produits ?

La filière bois wallonne repose principalement sur deux essences feuillues phares : Le chêne et le hêtre principalement, Le hêtre est employé pour les escaliers, la menuiserie intérieure et dans une moindre mesure pour des éléments de structures... Le chêne est utilisé pour des applications similaires mais reste dominant en terme de valorisation. La valorisation d'autres essences feuillues reste anecdotique.

Le châtaigner est très peu utilisé car c'est un bois dit très nerveux et très difficile à utiliser. Il est donc peu valorisé actuellement . Des tentatives d'intégration du peuplier, du bouleau et du frêne sont actuellement à l'étude notamment via des travaux de thermo traitement pour augmenter leur propriété mécanique. .

- Des projets phares avec du bois feuillu dans votre région ?

---

<sup>6</sup> Après vérification, il n'est pas clair que MATHIS travaille le bois feuillu. Malgré tout, son expérience dans des projets majeurs pourrait apporter beaucoup au développement de la filière bois feuillu.

Il est question d'un projet "de construction d'un bâtiment vitrine" soutenu par le Gouvernement wallon, dans le cadre du plan de Relance wallon, avec comme objectif l'utilisation de 100% de bois feuillu. Planifié pour 2027, le permis de bâtir a été octroyé fin de l'année 2025. L'appel auprès des professionnels pour la mise en oeuvre concrète a été lancé en cette fin d'année 2025 également, l'objectif étant de valoriser le savoir-faire de nos entreprises wallonnes. A ce stade, avec les architectes et ingénieurs, certains éléments sont encore au stade de l'analyse. Pour plus de renseignements, il faut se rapprocher Filière Bois Wallonie.

- Obstacles au bois feuillus dans la région
  - Le manque de scieries dans la région : le bois est majoritairement exporté immédiatement après abattage;
  - Il y a une concurrence avec les secteurs du papier et du bois de chauffage, qui ne demandent pas de transformation primaire élaborée ;
  - Les bois résineux restent compétitifs dans le secteur de la construction ( plus économiques et adaptés à l'industrialisation) ;
  - Le savoir-faire et l'outillage est très spécifique. La première transformation feuillue reste encore fort "artisanale" => pas compétitif vis-à-vis de l'industrie du résineux.
  - En Wallonie, on scie 75 % de la production locale de bois feuillu et 111 % de la production locale de résineux.
  - Des scieries locales mobiles se développent (voir chapitre innovation).
- Digitalisation des entreprises ? Volonté, vision ? BIM, robotique
  - Les très grosses entreprises qui scient les résineux sont robotisées, contrairement aux scieries pour les feuillus, qui restent sur une technologie archaïque.
  - Certaines entreprises de construction familiales, principalement des menuiseries sont encore très peu digitalisées ... A l'inverse, d'autres entreprises de construction ont intégré dans leur process les outils numériques (BIM, et autres logiciels avancés)
- Digitalisation et main d'œuvre ? Manque de qualification ?
  - A l'époque formation CNC mais peu de succès, demande de feedback pour pourquoi ne pas faire le pas. Peur d'une dépendance du technicien, de ne plus maîtriser le process ;
  - Question de la cyber sécurité et cyber attaque. Les entreprises n'ont déjà pas les moyens d'avoir des électromécaniciens, ce sera alors plus compliqué pour un technicien BIM ou CNC... ;
  - Peur de perdre du temps et de l'argent, pas de plus-value en vue ... ;
  - Il y a des « chèques à la digitalisation » de la Belgique pour les entreprises mais semblent méconnus, peut-être, ou trop complexes sur le plan administratif, car peu utilisés manifestement.
- Est-ce qu'il y a une norme locale pour la construction en bois feuillu qui est connue ?
  - Pas de norme locale spécifique, seules les normes européennes s'appliquent. L'utilisation du bois feuillu dans les projets de construction, des tests préalables doivent être effectués par les entreprises elles-mêmes en y intégrant toute la chaîne jusqu'à la construction .Un des problèmes majeurs concerne la résistance des pompiers qui restent difficile à convaincre . Ils veulent des garanties chiffrées ... Même si une volonté politique est présente, la réglementation reste contraignante en matière de précaution face au

feu. La Wallonie travaille à ce sujet pour identifier les tests à réaliser en collaboration avec les pompiers. C'est un vrai challenge, les architectes aussi sont frileux, notamment à l'obligation de fournir une garantie décennale.

- Autre défi : la question de l'acoustique pour des bâtiment publics multiétages, et la difficulté pour le bois de répondre aux contraintes et réglementations en la matière. Ce sera le prochain obstacle à lever après les normes incendie, parmi d'autres obligations réglementaires et urbanistiques
- Préfabrication bois / CLT
  - Les moyennes à grosses entreprises de construction font des modules 3D en bois. Mais les règles urbanistiques n'acceptent pas toujours ce genre de finition type module, il faut mettre un bardage devant, voire un autre type de revêtement, donc perte de rentabilité.
- Quel rôle des changements sur les compositions des forêts pour les entreprises utilisant du bois ?
  - Difficile de dire, la préoccupation est plutôt à court terme pour maintenir leur activité. La question de l'approvisionnement en bois est au coeur des préoccupations, en plus de la question de la demande de bois pour les projets de construction, Mais les changements sont observés, donc le début de la réflexion est là. En ce qui concerne la réflexion sur le long terme, les entreprises estiment que tant qu'il y a encore suffisamment de stock qui leur permette de s'approvisionner, elles reportent cette réflexion à plus tard. Déconnexion de la transformation avec la sylviculture : les entreprises ont besoin d'être approvisionnés et les producteurs, qse posent la question : que planter aujourd'hui tenant compte des changements climatiques, pour pouvoir fournir le secteur de la transformation dans 20-50 ans ... ;
  - Ce qui intéresse le plus les entrepreneurs c'est l'évolution de la forêt (jusqu'à quand les ressources seront disponibles en quelle quantité, et pour quelle qualité). Bien que les grumes se portent bien, ils voient qu'il y a du changement de qualité aujourd'hui donc changent leurs méthodes de sciages ;
  - Ils sont très intéressés par la qualité du bois actuelle, juste pour anticiper cela. Ils veulent pouvoir réagir dans les 1 à 5 ans (quelles sont les réserves actuelles, les possibilités, l'organisation de stockage, de débit de sciage). Déjà ils essayent de survivre ! ;
  - Les réglementations européennes n'aident pas (charge administrative trop lourde pour les PME) ; les grosses entreprises sont favorisées. Comment résister à cela ?;
  - Malgré la crise du COVID-19, les petites entreprises de la filière bois ont su résister grâce au marché local (pas de dépendance au marché mondial) ; la filière bois en Belgique est plutôt locale et donc plus résiliente en cas de crise.

### 1.7.3 IZES Germany<sup>7</sup> –

L'entretien portait sur ce qui se passe dans la Sarre principalement.

- Quel type de bois feuillu utilisé en majorité dans la région ? Est-ce que certaines essences sont utilisées dans la construction ? Pour quels produits ?
  - Principalement le chêne et le hêtre, à grande échelle dans la construction. Il faut dire que dans la Sarre, nous n'avons pas développé ces techniques comme dans le reste du pays. Nous soulignons que le bois résineux est toujours préféré, sauf si des propriétés spéciales du bois feuillu sont requises ;
  - Les bois feuillus et surtout le chêne sont plutôt réservés aux usages intérieurs (parquet,...). Il y a parfois des façades, mais c'est rare ;
  - En Allemagne, et du point de vue de la construction bois, la Sarre est moins développée que la Rhénanie Palatinat. Dans cette région il y a un cluster qui travaille sur des projets vraiment plus grands. En Sarre, nous avons 3-4 charpentiers et les activités ne sont pas pilotées par l'innovation ;
  - Il existe aussi une grande différence avec le sud de l'Allemagne où les choses bougent beaucoup plus.
- Pourquoi la population veut des constructions en bois ?
  - Parce que les maisons en bois sont économes en énergie et qu'elles se construisent vite. Les grosses entreprises de construction n'utilisent pas le bois feuillu parce que les bois résineux sont suffisants pour l'habitat individuel.
  - L'utilisation du bois local est en progression grâce à l'instauration de labels (par exemple « [Holz von Hier](#) »). Le bois est aussi régulièrement importé de l'Autriche ou de l'étranger.
- Obstacle à l'utilisation du bois feuillu
  - Il n'y a pas de scierie dans la région ;
  - Nous ne devrions pas utiliser du bois feuillu dans la construction. Le résineux est toujours de loin le meilleurs, le mieux adapté. Parfois on utilise le Baubuch (lamibois hêtre) pour des poutres.
- Digitalisation des entreprises / BIM, Robotique ?
  - La Sarre est en retard par rapport aux autres régions allemandes (surtout le sud).
  - <https://www.dbs-machines.be/fr/>
- Digitalisation et qualification de la main d'œuvre ?
  - IZES est proche des centres de formation et des programmes plus ambitieux sont à l'ordre du jour. Le centre de l'innovation ne se situe pas dans la Sarre.
- Y-a-t-il des normes applicables ?

---

<sup>7</sup> IZES : Institut für Zukunfts Energie und Stoffstromsysteme

- Nous n'avons pas de connaissance spéciale à ce sujet.
- Y a-t-il des entreprises locales intéressées par la préfabrication bois et l'industrialisation ?
  - En Rhénalie Palatinat, oui. Pas en Sarre. [CLTech](#) a ouvert un grand département récemment pour la production de CLT.
  - En Sarre, les entreprises sont plutôt familiales et luttent pour leur survie.
- Quel rôle le changement de la composition des forêts va-t-il jouer pour les entreprises utilisant du bois ?
  - Certains disent qu'ils savent, mais pour le moment, ils ne changent rien. Ils s'adapteront lorsque le marché du bois aura muté<sup>8</sup>.

#### 1.7.4 Conférence OAI – LUX-innovation : Réinventer la construction en bois

Le 20 janvier 2025 une conférence suivie d'une table ronde a été organisée conjointement à Luxembourg par Luxinnovation et l'Ordre de Architectes et Ingénieurs de Luxembourg.

De nombreux projets en construction bois ont été présentés. La grande majorité utilise du bois résineux. Un exposé traitait en particulier de l'utilisation du CLT résineux et de la préfabrication d'éléments hors-site. La construction en bois est globalement 20% plus chère que la construction traditionnelle. La construction bois a aussi suivi la tendance du secteur avec une hausse significative des coûts de la construction.

La gestion du risque d'incendie est une problématique universelle rencontrée par les projeteurs. Au Luxembourg, une nouvelle réglementation a été publiée en janvier 2026. Une tendance se dégage à ne pas laisser le bois apparent. Actuellement, le sprinklage semble être la seule technique de prévention qui permettrait de laisser des zones de bois vus dans les constructions multi-résidentielles et publiques.

La propagation du bruit est une problématique importante dans les constructions bois massives. Elle doit être étudiée avec soin.

La surchauffe est plus critique dans les constructions en bois du fait de la masse moins importante des bâtiments, qui en réduisent l'inertie.

L'utilisation d'éléments en bois préfabriqués en usine nécessitent des études préalables beaucoup plus poussées et un sens du détail pointu. L'innovation joue un rôle prépondérant pour développer des solutions originales avec des techniques quasi ancestrales pour répondre à des problématiques modernes.

---

<sup>8</sup> Le levier du changement se trouve donc au niveau de la modification de l'offre en bois scié.

Les références présentées sont situées dans la région de Grenoble. Elles sont le résultat d'une longue collaboration avec des régions autrichiennes qui sont très en avance par rapport au reste de l'Europe.

Le projet SKYpark au Findel Luxembourg illustre la présence au Luxembourg d'un projet de référence, hors normes et innovant. Il est la preuve que le secteur a la capacité de se réinventer et d'innover.

### Table Ronde de la conférence OAI du 20 janvier 2025.

La table ronde réunissait, au niveau du Luxembourg, des représentants des architectes, des ingénieurs, du corps des pompiers, du ministère de l'Économie et de l'inspection du Travail et des Mines. Elle a mis en évidence les éléments suivants :

- Un dialogue existe entre tous les acteurs pour adapter les réglementations ;
- Les Français préparent un règlement unifié pour la sécurité incendie des bâtiment (actuellement, les règles dépendent des usagers prévus) ;
- Il existe une feuille de route bas carbone pour la construction au Luxembourg ;
- La demande en construction résidentielle explose au grand-Duché du fait de la croissance extraordinaire de la population résidente ;
- La filière bois est très bien structurée en Autriche ;
- Des Appellations d'Origine Protégée pour certaines forêts françaises. C'est une des réponses au manque de traçabilité du bois et aux importations « sauvages » de bois par exemple ukrainien ou russe ;
- Les forêts européennes feuillues sont souvent dans des terrains pentus (ce qui ne favorise pas la mécanisation du débardage) et les propriétés sont morcelées (ce qui ne favorise pas un effet d'échelle) ;
- Il existe à Saint-Dié-des-Vosges un organisme d'enseignement supérieur renommé spécialisé dans les technologies du bois : [I'ENSTIB](#) (École Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois).

Subventions :

- L'UE interdit de subventionner des projets qui respectent uniquement les critères légaux de performance. Cela signifie en particulier que les projets innovants doivent dépasser ces critères. Ce choix pénalise potentiellement l'expansion de système constructifs sobres, qui pourraient ne pas être subventionnés comme par exemple les bâtiments construits selon le standard allemand « gebaude type E »<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Le standard de bâtiment "Type E" en Allemagne est une proposition relativement récente qui vise à répondre à la crise du logement et aux défis de la construction durable. Il se caractérise par une volonté de construire suivant les critères suivants :

## 1.8 Conclusion partielle

L'analyse des réponses au questionnaire nous permet de proposer une première synthèse.

**Le bois feuillu** est utilisé de façon marginale dans la construction. Il est en concurrence directe avec le bois résineux dont la chaîne de valeur est largement industrialisée. Ensemble, les deux types de bois rencontrent en plus une concurrence féroce des procédés de construction traditionnels à base de béton et d'acier.

**Le secteur de la construction en bois** est historiquement en avance par rapport aux autres secteurs de la construction traditionnelle pour la digitalisation des processus. Cela s'explique par la nécessité de préparer à l'atelier beaucoup plus de composants de la construction.

Malgré tout, la rupture technologique introduite par le BIM et la robotisation marque un tournant dans la perception de l'intérêt pour ces techniques. Un fort potentiel de développement se niche dans le rapprochement des pôles d'études et de production.

### La main d'œuvre et son niveau de qualification.

La qualification de la main d'œuvre a été envisagée sous deux aspects distincts et complémentaires.

- Les monteurs de constructions en bois, métier très technique et sensible aux erreurs d'exécution. A titre d'exemple, des formations sont organisées au Luxembourg pour reclasser des coffreurs dans ce nouveau métier. Des formations de ce type existent également en Wallonie auprès du Centre de Compétence - Wallonie Bois basé à Libramont.
- La formation des concepteurs, jugée actuellement insuffisante surtout dans l'optique d'une nouvelle approche de la coordination entre les bureaux d'études (concepteurs) et les bureaux des méthodes des producteurs (constructeurs d'éléments) et des constructeurs qui assemblent sur site ;
- Les connaissances sur les bois locaux et les gisements locaux sont très faibles.

### Le marché de fourniture de bois feuillus

Le marché de fourniture d'éléments de constructions en bois feuillus est anecdotique au Luxembourg. Malgré tout, comme la demande est très faible, le marché peut être considéré à l'équilibre. Le CLT utilisé au Luxembourg est importé. Il existe des unités de production dans la Grande Région. Du côté wallon, les éléments de bois

- 
- Simplicité et efficacité
  - Structures simples
  - Utilisation économe des ressources
  - Processus de construction rationalisés avec de la préfabrication et la modularité
  - Durabilité
  - Efficacité énergétique.



feuillus alimentent principalement le secteur de la charpenterie, de la menuiserie extérieure (comme par exemple, les terrasses), de la menuiserie intérieure (par exemple, planchers...)

### **Obstacle au développement du bois feuillus :**

Les obstacles principalement identifiés portent sur le prix des éléments en bois feuillus et sur les difficultés réglementaires (e.a. résistance au feu) et le manque de normes tel que le marquage CE (à l'exception du chêne et du hêtre) Des recherches sont en cours pour le bouleau et le peuplier.

Le prix élevé provient de la rareté des acteurs, des difficultés supplémentaires de production (sciage et séchage) et du manque de fluidité des marchés d'approvisionnement. L'incertitude généralisée provoque aussi une augmentation des réserves budgétaires prise en considération par les promoteurs et les architectes lors des choix initiaux.

### **Typologie des constructions en bois et potentiel d'industrialisation**

La construction modulaire en bois utilise régulièrement des modes de préfabrication 1D (poutres) et 2D (panneaux, murs, planchers). L'utilisation de bois feuillus est très rare. Elle est envisagée pour des éléments de renforcement ponctuels particulièrement sollicités (appuis, colonnes « centrales ») où les résineux ne peuvent pas suffire.

Le CLT se fraie un chemin prometteur au même titre que d'autres éléments de planchers préfabriqués, constitués de poutres et plaques assemblées en atelier.

### **Maturité de la filière préfabriquée (1D, 2D et 3D)**

La filière préfabriquée et hors-site en bois émerge. Les coûts de construction restent encore plus élevés que pour la construction traditionnelle ou en ossature bois. Cela s'explique soit par l'échelle réduite des projets qui ne permet pas une réelle industrialisation, soit par un manque de répétitivité des objets ou finalement par un niveau d'exigence exceptionnel qui surclasse de fait les standards de construction traditionnels.

Des disparités notables se font sentir dans les différentes régions, entre autres à cause des réglementations.

### **Synthèse et perspectives**

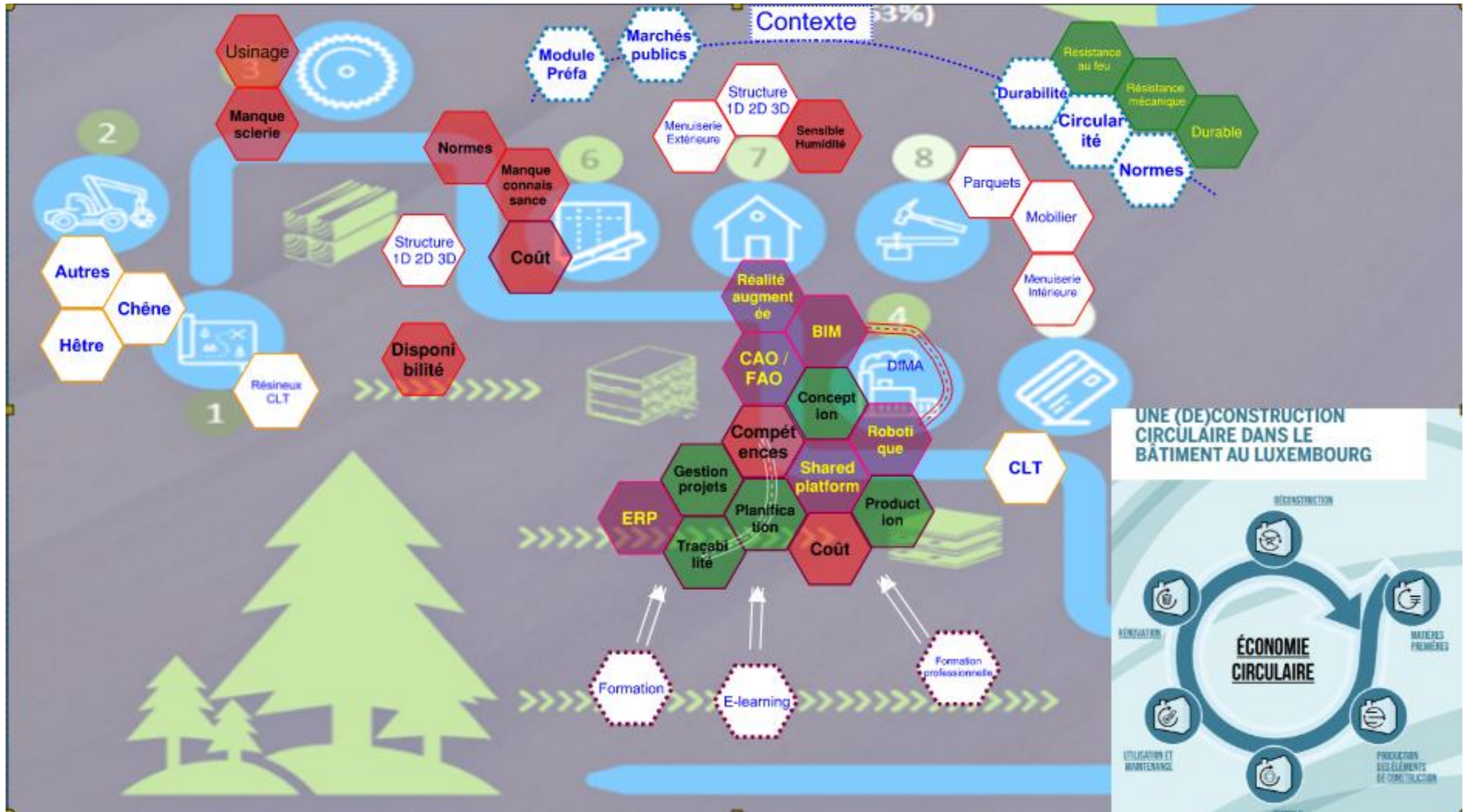
Il ressort de ces premiers résultats que le positionnement du bois feuillus sur le marché de la construction est très défavorable. Il souffre en effet de la double concurrence de la construction traditionnelle et de la construction en bois résineux largement industrialisée. Le CLT pourrait plus facilement tirer son épingle du jeu.

Le secteur de la construction en général souffre également de la conjoncture économique fragile (hausse des taux d'intérêts, diminution des permis, augmentation des faillites des entreprises, hausse des prix des matériaux de l'énergie et de la main d'oeuvre...)

Sans modification du contexte général, il est peu probable que le marché s'adapte de façon pro-active, tant que la demande n'est pas boostée d'une manière ou d'une autre. Il prolongera au maximum la durée de vie les filières traditionnelles. Plusieurs axes d'intervention pourraient être étudiés plus en détails :

- L'introduction d'un cadre réglementaire adapté en termes de comportement au feu, le marquage CE des produits bois feuillus ;
- Une augmentation des compétences des prescripteurs et des concepteurs :
  - Vibration des structures légères ;
  - Propagation des bruits et isolation acoustique
  - Confort des bâtiments à faible inertie ;
  - Design for Manufacturing and Assembly (DfMA).
- Une augmentation des compétences des constructeurs monteur pour développer une main d'œuvre suffisante et qualifiée ;
- L'introduction de nouveaux critères incitatifs, contraignants ou obligatoires :
  - Bilan carbone, analyse de cycle de vie, circuits courts, circularité, déconstruction,... Il nous semble intéressant de noter ici les réglementations sur la taxonomie européenne qui entrent progressivement en application et qui pourraient constituer une opportunité unique de mettre à profit le CO<sub>2</sub> biogénique des constructions en bois. Ces réglementations porteront leurs effets complets dès 2026 et impacteront le secteur de la construction.
  - L'évolution en cours de la ressource forestière
  - L'introduction de conditions favorables à la relance de la demande en construction publique et privée





Cette étude et les enquêtes sur lesquelles elle se base se focalisent principalement sur les étapes de la chaîne de valeur ;

- 6 – Planning & civil Engineering ;
- 7 – Timber construction & carpentry ;
- 8 – Interior Construction & Joinery.

Les autres étapes seront traitées dans le cadre d'autres activités du projet WAVE.

Nous les évoquons toutefois brièvement ici :

### 1.9.1 Planification forestière

Nous retiendrons que le chêne, le hêtre et le CLT à base de résineux sont les essences prises en considération par le secteur actuellement. Elles sont disponibles en quantités suffisantes (au regard de la demande parfois anecdotique). Parmi les autres essences, le bouleau a été un peu étudié à L'Université de Liège.

### 1.9.2 Première transformation

Les scieries qui travaillent le bois dur sont encore trop rares, mais elles suffisent actuellement à répondre à la demande du secteur. Le niveau technologique des scieries contactées est généralement bas.

Les contraintes d'usinage et de mise en œuvre des étapes de la première transformation (abattage, sciage, séchage, ...) sont spécifiques et la capacité des scieries de bois résineux à s'adapter à ces nouvelles contraintes n'est pas acquise.

Trois pistes de développement de la capacité de sciage du secteur devraient être envisagées à ce stade :

- Par la modernisation des scieries existantes ;
- Par le développement de nouvelles scieries dans la Grande Région ;
- Par l'adaptation des installations de sciage des résineux.
- Par la valorisation et diffusion de technique de sciage mobiles en appoint.

### 1.9.3 Planification et études de génie civil

Les éléments de structures pris en considération par les bureaux d'études pour la préparation des chantiers « hors-site » concerne bien les éléments de structure ou d'équipements techniques 1D (poutres, gaines,...), 2D (prédalles, murs en ossature bois, ...). Des éléments préfabriqués volumétriques sont présents à la marge.

L'utilisation de bois feuillus dans ces éléments est très rare et constitue le plus souvent des marchés de niche (pièces d'assemblage, éléments structurels ponctuels...).



- Planifier avec précision le chantier et les « hors-sites ».

La chaîne d'approvisionnement des entreprises de constructions sera aussi considérablement modifiée et les systèmes de gestion intégrés ERP devront être adaptés.

Finalement, les gestionnaires de projets devront adapter leurs méthodes de travail pour assurer une meilleure traçabilité des activités.

De très gros efforts de formation devront être envisagés par les universités, les écoles professionnelles et les centres de formation sectoriels pour transformer le secteur.

## 1.10 Mise en contexte de la chaîne de valeur dans la Grande Région

Les éléments de contexte évoqués lors du sondage mettent en évidence que le marché de la préfabrication hors-site est une piste d'avenir maîtrisée par le secteur du bois jusqu'aux éléments 3D. Quelques entreprises innovantes sont impliquées dans des projets que nous qualifierons de « pilotes ».

### Modulaire 3D – Préfabrication

Dans la Grande Région, quelques entreprises se positionnent sur le modulaire 3D en bois (HALZEBATZ, OSSABOIS, Oikos, Stabilame etc...). Ces entreprises représentent une minorité dans un secteur de la construction en bois lui-même minoritaire par rapport à la construction traditionnelle. Un effet de levier pourrait être mobilisé pour développer ce socle de compétence et d'expérience. Les modalités pratiques de mise en œuvre resteraient à affiner.

### Les marchés publics

Les marchés publics handicapent de façon massive le secteur de la construction bois, puisque cette filière de construction est globalement moins bien maîtrisée par la majorité du secteur et plus chère.

De gros efforts devraient être entrepris pour :

- Former des prescripteurs en plus grand nombre pour augmenter le volume des marchés en construction bois ;
- Mettre la construction à base de bois sur un pied d'égalité avec la construction traditionnelle du point de vue réglementaire ;
- Développer un ensemble de normes spécifiquement adapté aux caractéristiques différentes du bois feuillu ;
- Introduire dans les marchés publics des critères d'attribution autres que le prix, tels que :
  - Analyse de cycle de vie ;
  - Impact CO<sub>2</sub> du chantier, de la construction ;
  - Labellisation favorisant les circuits courts ;
  - ...
- Ouvrir un marché régional de la construction bois pour dynamiser le secteur et provoquer la création de nouvelles entreprises ;
- Recourir aux appels d'offres en BauTeam ou contrats Design and Build...

## Les normes

Les normes actuelles handicapent le secteur de la construction bois feuillus par rapport aux bois résineux. Elles handicapent aussi toutes les constructions bois du point de vue des critères utilisés dans les concepts de sécurité incendie trop souvent réduit à des critères de résistance à des incendies normalisés.

Il est de première importance de développer un ensemble de normes cohérent pour valoriser au mieux les caractéristiques spécifiques du bois dur. Trop souvent, en structure, il est nécessaire de s'appuyer sur des essais de validation selon la DIN EN 1990.

*Unter Bezugnahme auf die Regeln zur versuchsgestützten Bemessung nach DINEN 1990:*

*(1) Es dürfen physikalische oder numerische Versuche durchgeführt werden, um die für Entwurf und Bemessung zu verwendenden Parameter zu bestimmen.*

*(2) Die Versuche dürfen durchgeführt werden, um das Tragverhalten eines Tragwerks oder tragenden Bauteils zu bestimmen, wie durch die zuständige Behörde festgelegt oder, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien vereinbart.*

La résistance au feu des constructions en bois est au centre de débats intenses dans le secteur de la construction. Le bois a un comportement au feu excellent puisqu'il développe une couche de protection issue de la combustion du matériau. Les éléments structurels perdent ainsi une couche d'environ 0,7 mm / minute, laissant le temps aux usagers de quitter le bâtiment et aux pompiers d'intervenir.

Le bois transmet la chaleur 10 fois moins vite que le béton et 250 fois moins vite que l'acier. Malheureusement, le bois permet la propagation des flammes à cause son inflammabilité. C'est ce qui est à l'origine des réticences les plus importantes de la part des hommes du feu.

Aujourd'hui, il en résulte un surcoût pour cacher le bois visible par exemple, ou la mise en place de sprinklage, qui représentèrent des frais importants et rendent le bois non compétitif.

En ce qui concerne les performances d'isolation acoustique, la Belgique utilise la norme **NBN S 01-400-1**, qui est la référence pour les bâtiments d'habitation depuis 2008. Certaines parties sont en cours de révision. Depuis 2022, le Luxembourg a modernisé son cadre avec la norme **ILNAS 103-1:2022**, qui définit les exigences acoustiques pour les bâtiments d'habitation. D'une façon générale, ces normes établissent des niveaux d'atténuation sonores à atteindre en fonction d'un niveau défini.

## La durabilité

L'utilisation parcimonieuse des ressources pourrait être évaluée entre autres par le bilan carbone des constructions et par l'évaluation de l'énergie grise contenue dans les éléments de construction utilisés.

La construction hors-site produit aussi moins de déchets et raccourcis les temps d'intervention sur site. Les consommations en énergies sont aussi réduites. Cela impacte directement l'énergie grise incluse dans les projets de construction.

Une communication efficace sur les atouts de la construction bois existe déjà, mais elle ne suffit pas à engager les prescripteurs qui butent sur des niveaux de prix souvent plus élevés que la construction traditionnelle.

## 1.11 Impact sur l'économie circulaire

### La circularité

Dans l'approche de recyclage à l'infini (cradle to cradle), le matériau bois, qu'il soit feuillu ou résineux, a de très bons atouts à proposer face aux matériaux de construction traditionnels. Malgré cela, le calcul de ce paramètre et sa valorisation sont encore anecdotiques sur le marché de la construction.

L'analyse du cycle de vie des constructions, entre autres en fonction des possibilités réelles de réutilisation des composants en fin de vie est un élément essentiel pour progresser dans la direction du recyclage infini.

La conception d'éléments préparés hors-site et assemblés sur place est une opportunité majeure pour inscrire dans les cahiers des charges les conditions de déconstruction et de réutilisation de ces macro-éléments. Il nous paraît utile de rappeler ici deux principes fondamentaux qui devraient être favorisés dans la construction



### 1.11.1 La séparation des fonctions

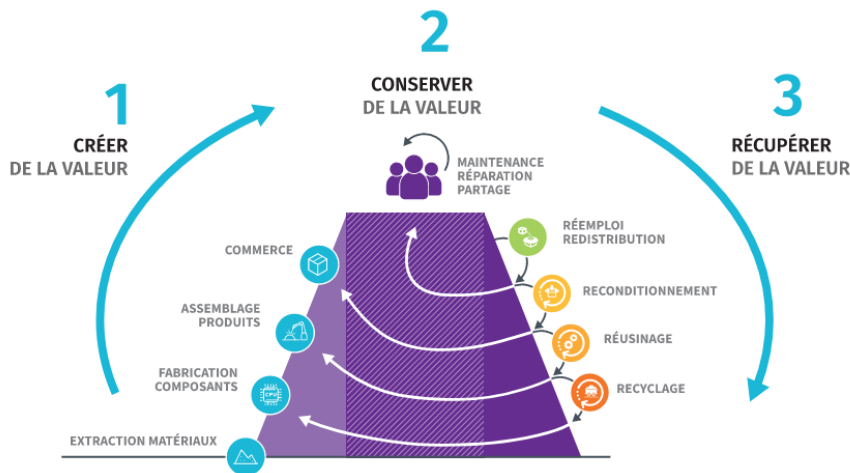
La durée de vie des éléments est directement liée à la fonction :

- Structurelle – Durée de vie 50 ans
- Architectural – Finitions – usures : Entre 10 et 20 ans
- Techniques : Entre 5 et 20 ans

Il est donc normal d'envisager des traitements séparables pour chacune de ces fonctions. Ceci devrait impacter directement les modes de construction. La prise en considération de la démontabilité de chaque élément doit être envisagée.



### 1.11.2 Le maintien au sommet de la pyramide de la circularité



La circularité doit aussi être analysée en fonction de la taille et de la complexité des éléments préfabriqués. Ainsi, on peut déplacer et réemployer un objet complexe (préfabriqué 3D/ Chambre d'hôtel) qui reste au sommet de la pyramide des valeurs de la circularité.

La préfabrication doit être envisagée pour permettre le démontage de macro-éléments.

C'est un avantage décisif par rapport à la construction traditionnelle.

### 1.11.3 Application à la construction hors-site

Lors des analyses de cycle de vie, les constructions hors-sites peuvent plus facilement établir des scénarios de reconditionnements moins énergivores puisque le chemin de remise en service est plus court dans la pyramide.

Outre ces thèmes prévus d'entrée de jeu dans le cadre de la mission, nous avons constaté que l'écosystème du bois dans la Grande Région pouvait être élargi à :

- Une analyse plus fouillée du contexte ;
- Une prise en considération des besoins en formation ;
- Une prise en considération des atouts de la circularité.

## 2 IDENTIFICATION DES PISTES CONCRÈTES ET DES PROJETS DE CONSTRUCTION EN BOIS INNOVANT (RÉSULTAT 2)

### 2.1 Présentation succincte de projets intégrant des innovations

Cette section présente de manière synthétique des projets intégrant des innovations, accompagnés de fiches explicatives et illustratives. Chaque fiche met en lumière les concepts clés et les applications pratiques des innovations proposées.

Pour des informations complémentaires, se référer aux annexes :

- 240334\_\_FP\_SGI\_\_01a\_\_geetz\_x
- 240334\_\_FP\_SGI\_\_02a\_\_dudelange être
- 240334\_\_FP\_SGI\_\_03a\_\_innov\_clt
  - 240334\_\_FP\_SGI\_\_03a\_\_ANX\_01\_\_blc\_bouleau
  - 240334\_\_FP\_SGI\_\_03a\_\_ANX\_02\_\_cltherm
- 240334\_\_FP\_SGI\_\_04a\_\_modul\_r
- 240334\_\_FP\_SGI\_\_05a\_\_annen

### 2.2 Analyse complémentaire des projets de construction modulaire bois

#### 2.2.1 Bilan carbone selon variantes de construction

Cette section propose une analyse complémentaire des émissions de carbone, en comparant celles générées par différentes structures notamment les constructions classiques en béton et en bois avec celles d'un bâtiment modulaire en bois, sur l'ensemble de leur cycle de vie.

Pour des informations complémentaires, se référer aux annexes :

- 240344\_\_DD\_\_NT\_02a\_\_bilan\_carbone
  - 240344\_\_DD\_\_NT\_02a\_\_ANNEX\_01\_\_bilan\_carbone

#### 2.2.2 Rapidité et coût de construction

« Cette section évalue la rapidité de construction en comparant, d'une part, les méthodes traditionnelles en béton, et d'autre part, les approches préfabriquées en bois 1D et 2D ainsi que le modulaire en bois 3D, en mettant en évidence les gains de temps et d'efficacité propres à chaque méthode.

Pour des informations complémentaires, se référer aux annexes :

- 240344\_\_DD\_\_NT\_03a\_\_délais\_coût

### 2.2.3 Habitats légers

Cette section présente l'approche urbanistique pour la construction modulaire et les tiny houses dans la Grande Région, en soulignant les contraintes réglementaires et les opportunités offertes par les habitats légers et temporaires. Elle met en lumière leur intégration possible dans le tissu urbain tout en respectant les normes locales et nationales.

Pour des informations complémentaires, se référer aux annexes :

- 240344\_\_NT\_04a\_\_approche\_urbanistique
  - 240344\_\_NT\_04a\_ANX\_01\_\_guide\_tiny

## 2.3 Contextualisation économique - noyaux d'innovation interrégionaux (WAVE 3.13) (Résultat 2.2)

### 2.3.1 Pistes de développement sectoriel

#### 2.3.1.1 Formations

D'un point de vue technique, nous avons vu que :

- La digitalisation peut optimiser l'utilisation du bois feuillu (conception, production, traçabilité).
- La préfabrication et la construction modulaire peuvent être favorisées par la digitalisation.
- Le développement de la filière bois feuillu nécessite des compétences spécifiques (digitales et techniques).
- Les normes et réglementations doivent évoluer pour intégrer les innovations (bois feuillu, digitalisation).

Nous avons aussi vu que pour développer le marché de la construction modulaire en bois, il faut augmenter le nombre de prescripteurs qualifiés.

Nous avons identifié :

- L'Institut de Formation Sectoriel du Bâtiment (IFSB au Luxembourg) qui propose déjà plusieurs formations visant à la reconversion des entreprises vers la construction hors-site (<https://www.ifsb.lu/formation-assembleur-elements-prefabriquees-en-bois>)
- Les formations et l'encadrement de Buildwise centre sectoriel de recherche du bâtiment <https://www.buildwise.be/fr/agenda/cours-dhiver-la-construction-en-bois-libramont-26032025/>
- L'Université de Luxembourg qui dispose d'un équipement de premier ordre pour des études spécifiques aux bois dur ;
- L'Université de Liège, via son pôle de recherche sur la gestion des ressources forestières et le Master « Gestion des forêts et des espaces naturels (GFEN) » forme des experts à la gestion durable des forêts contribuant ainsi à un approvisionnement responsable en bois pour la construction et la valorisation forestière. [https://www.terra.uliege.be/cms/c\\_8833368/fr/axe-gestion-des-ressources-forestieres](https://www.terra.uliege.be/cms/c_8833368/fr/axe-gestion-des-ressources-forestieres)
- **HKT** – Holzkompetenzzentrum Trier en Allemagne; dirigé par le Prof; Dr. Wieland Becker, qui participe activement à plusieurs projets de recherche appliquée pour l'usage de bois feuillus dans les structures.

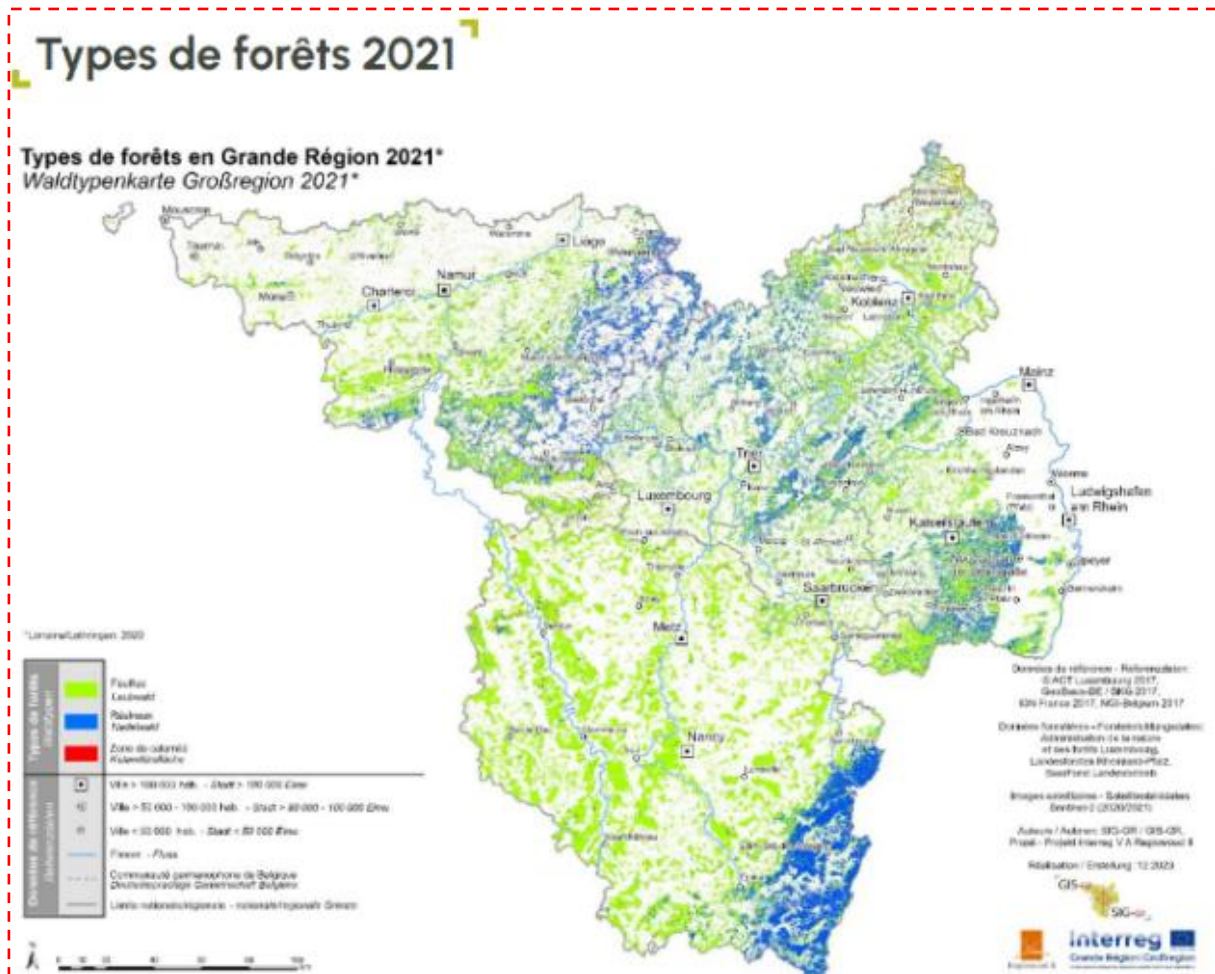
- [ENSTIB](#) (École Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois), à Saint-Dié-des-Vosges qui est un organisme d'enseignement supérieur renommé spécialisé dans les technologies du bois.

Des synergies sont en cours d'analyse au niveau de la Grande Région entre ces acteurs et donnera peut être lieu à une harmonisation future.

#### 2.3.1.2 Développement industriel

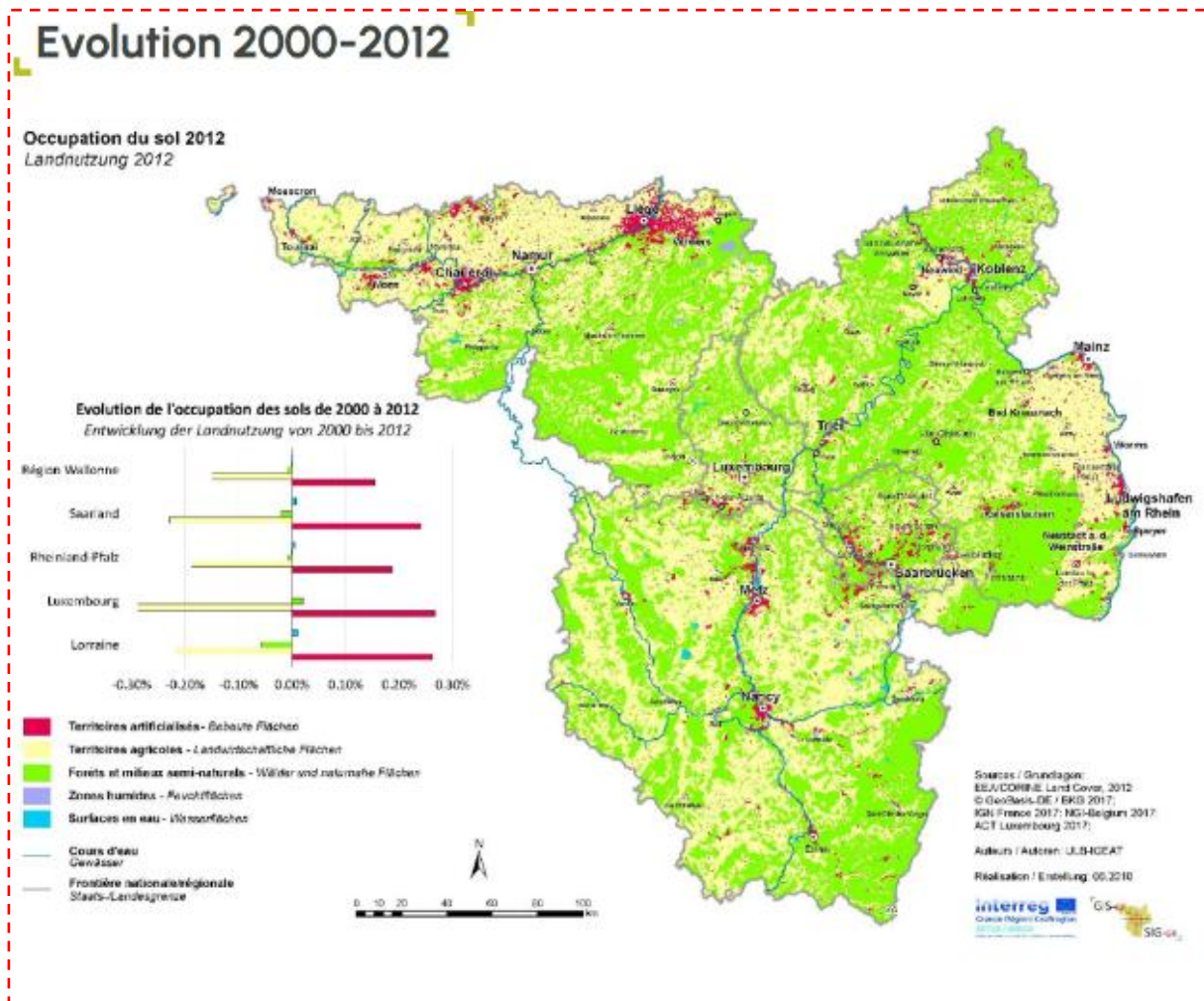
- Faire une étude de marché pour produire localement du CLT . Notre étude a identifié des producteurs à Kaiserslautern (D) extrême est de la Grande-Région et des producteurs à proximité, mais en dehors de la Grande Région, à Volgesheim (F - Alsace) , à Montlebon (F - Franche-Comté) et à Vendenesse-lès-Charolles (F – Bourgogne-Franche-Comté).
  - Renforcement des entreprises de construction traditionnelles pour qu'elles intègrent du bois dans leur offre
- Plan pour la Grande Région inspiré du programme Luxembourgeois « Fit 4 resilience » à l'attention des bureaux d'études et des entreprises de construction de la Grande Région. Ce programme avait été créé pour la relance des entreprises après 2020 pour faire un diagnostic détaillé de leur résilience et de leurs perspectives de développement, avec des potentielles pistes de financement selon les projets identifiés.

2.3.1.3 Déploiement géographique



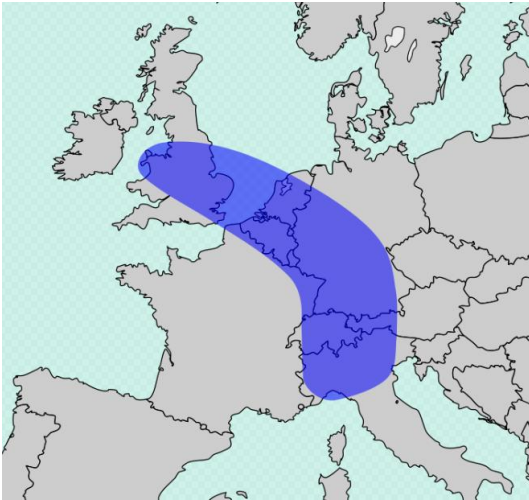
L'analyse des cartes produites par la plateforme [SIG-GR](#)<sup>10</sup> met en évidence une répartition homogène du bois feuillu sur le territoire de la Grande Région. Par son étendue géographique, le potentiel de bois feuillu dans la partie française est très important. Nous constatons une concentration des bois résineux en Ardenne - Famenne belge et dans les Vosges et le Jura en France. La Forêt Noire allemande, autre source d'approvisionnement est à la frontière de la Grande Région.

<sup>10</sup> CLIC sur les cartes pour accéder aux données sources



L'analyse de la carte d'occupation du sol montre que la croissance de la population dans la Grande Région se situe majoritairement à ses frontières avec Liège et Charleroi au Nord, la vallée du Rhin à l'est. En France, Nancy et de façon plus anecdotique Epinal forment la colonne vertébrale du développement du sud de la Grande Région. La Grande-Région, située au cœur de la « Blue Banana <sup>11</sup> », devrait pouvoir profiter au maximum de la forte demande en construction.

<sup>11</sup> Wikipedia : Le concept de **mégalopole européenne**, aussi appelée **dorsale européenne** ou **banane bleue**, est développé par le géographe français [Roger Brunet](#) pour désigner un espace densément peuplé et fortement urbanisé qui s'étend approximativement de [Londres](#) à [Milan](#), centré sur l'[Europe rhénane](#) et connecté aux échanges mondiaux par le [range nord-européen](#). À l'intérieur de cet espace, la production de richesse et les flux sont les plus importants en Europe.



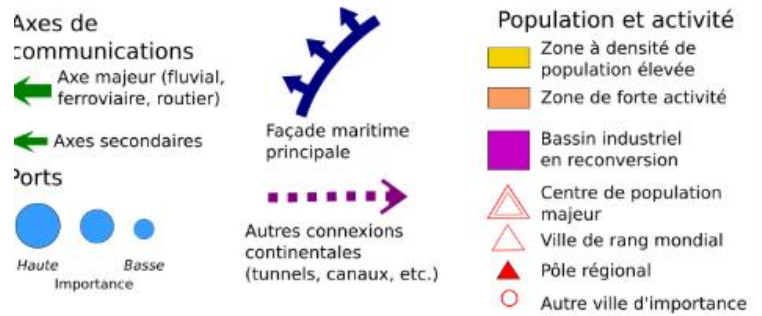
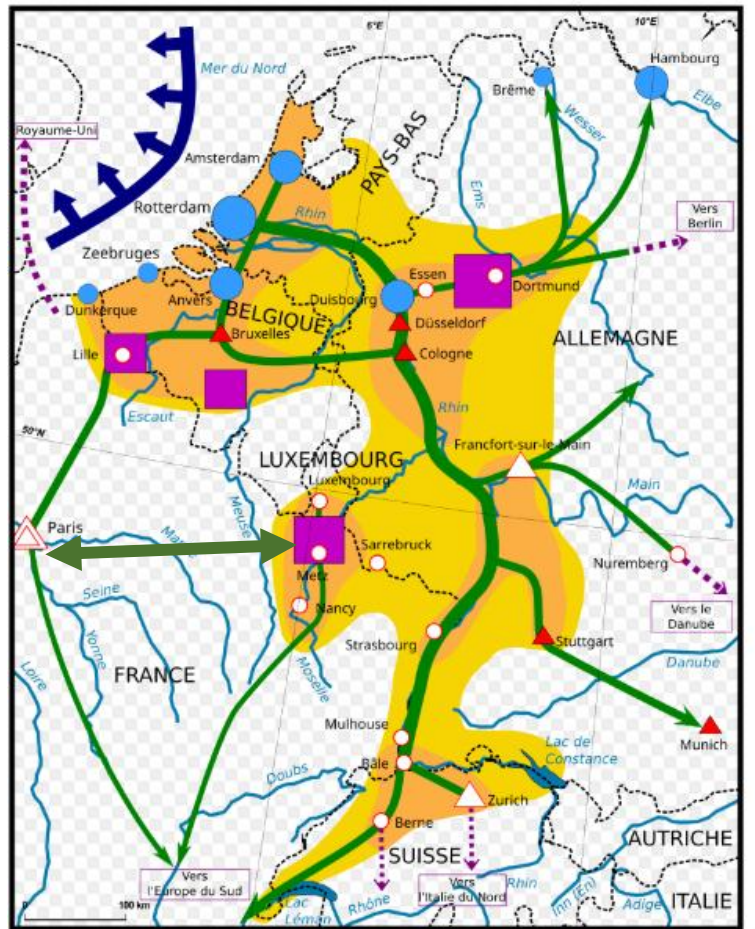
Source : [Wikipedia](https://fr.wikipedia.org/wiki/Blue_Banana) – Blue Banana

Mais à y regarder de plus près, cette zone prospère ne concerne pas toute la Grande-Région.

Ainsi, le Nord du Grand-Duché de Luxembourg, la province belge du même nom et toute la Lorraine à l'exception de l'axe Metz, Nancy sont exclues de cette zone prospère.

Nous constatons aussi que les gisements forestiers sont aux frontières de cette zone densément peuplées.

La chaîne de valeur de la production devrait donc créer des flux économiques depuis les gisements forestiers vers les axes structurant de la région Europe Rhénane d'une part et vers Paris d'autre part. (Metz et le sud du Luxembourg occupent une position centrale sur l'axe de communication entre la vallée du Rhin et Paris).



[Wikipedia - Europe Rhénane](https://fr.wikipedia.org/wiki/Europe_Rhénane)

Cette analyse cartographique met en évidence le rôle structurant des infrastructures de transport dans les flux d'approvisionnement des matières premières et de livraisons de produit semi-finis ou finis vers les centres urbains en croissance qui constituent les pôles de consommation. Parmi ceux-ci, nous pouvons noter des villes dans la Grande Région (Liège, Luxembourg, Nancy, Sarrebruck) et d'autres pôles urbains plus importants à proximité (Bruxelles, Anvers, Rotterdam, Cologne, Strasbourg, ...).

La construction modulaire hors-site est caractérisée par une concentration importante d'une grande variété de ressources vers des sites de prémontage. Il y a fort à parier que ces sites pourront mieux se développer en

Europe Rhénane. Le développement de la première transformation du bois sera quant à elle favorisée au plus près des gisements de bois.

Comme nous l'avons vu, le développement de la chaîne de valeur n'est heureusement pas limité au développement industriel. Il est aussi impacté par le **développement de la connaissance autour du bois dur / feuillu**, et de la construction modulaire/hors-site :

- Caractérisation des bois,
- Modes de tri, de sciage et de mise en production ;
- Design For Manufacturing and Assembly.

Un **cadre réglementaire unifié** pour la Grande Région serait de première importance pour améliorer la commercialisation des produits sur un plus large marché en travaillant sur :

- Les normes et les codes de calculs ;
- L'urbanisme ;
- Les règlements de protection feu et acoustique.

Les développements de la connaissance autour du bois dur / feuillu, de la construction modulaire / hors-site et d'un cadre réglementaire unifié sont quant à eux liés à la concentration des compétences dans des centres pluridisciplinaires connectés entre eux dans un réseau d'échange d'informations. Dans la Grande Région, les prémices de ce réseau existent, mais il y aurait un intérêt certain à le structurer. Ceci permettrait la mise en commun des expériences de chacun pour la création de pôles de compétences spécifiques indépendamment des réseaux d'infrastructures de transport.

### 2.3.2 Innovation

Nous avons repris ici les innovations que nous avons identifiées et qui peuvent être mises en lien avec la construction modulaire, le bois dur et le CLT auxquelles nous avons ajouté les nouveautés rencontrées au cours de l'analyse du questionnaire et des entretiens supplémentaires que nous avons organisés.

Cette liste n'est pas exhaustive.

Pour lister les innovations, nous avons retenus les pays plutôt que les régions qui forment la Grande Région. En effet, les pôles d'innovation sont souvent situés à l'extérieur de cette limite géographique. Les entités implantées dans la Grande Région ont été marquées d'un astérisque rouge.

#### 2.3.2.1 En Allemagne :

En plus des éléments identifiés dans la Grande Région, il convient de noter que le sud de l'Allemagne (et l'Autriche) sont réputées pour leur longue expérience dans la construction en bois (le plus souvent à base de résineux).

- [Structures](#) mixtes avec des composants peu transformés\* .  
[CLTECH GmbH & Co. KG à Kaiserslautern.](#)



La conception du hall a été réalisée avec le support de HKT.

- [HKT\\*](#) – Holzkompetenzzentrum Trier; dirigé par le Prof; Dr. Wieland Becker

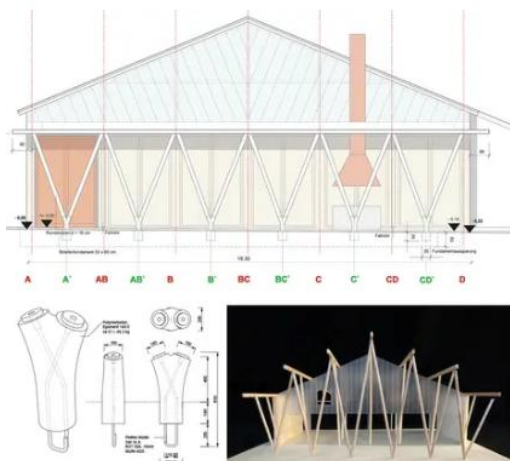


Ces développements servent à utiliser des « gammes de bois de mauvaise qualité » dans des applications de construction de grande valeur.

- [HKT\\*](#) - Utilisation de béton polymère pour les assemblages

Le centre développe des assemblages innovants combinant bois et béton polymère, où le bois constitue les éléments structurels et le béton polymère est utilisé pour les connexions et renforts, améliorant ainsi la durabilité et la résistance des structures en bois.

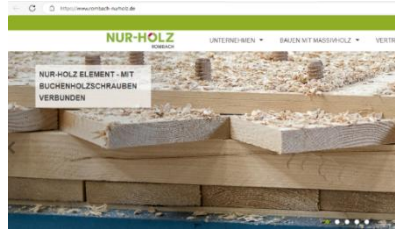
### HALLE À DEIMBERG - PRÉVUE POUR 2018



Sieveke Architects *BDA* a conçu un centre communautaire villageois comme une conversion d'une salle anti-aérienne existante des années 1930. Un espace extérieur attrayant sera créé sous la structure du toit existant comme lieu de rencontre pour la communauté. La mesure de rénovation villageoise est financée par l'État du RLP.

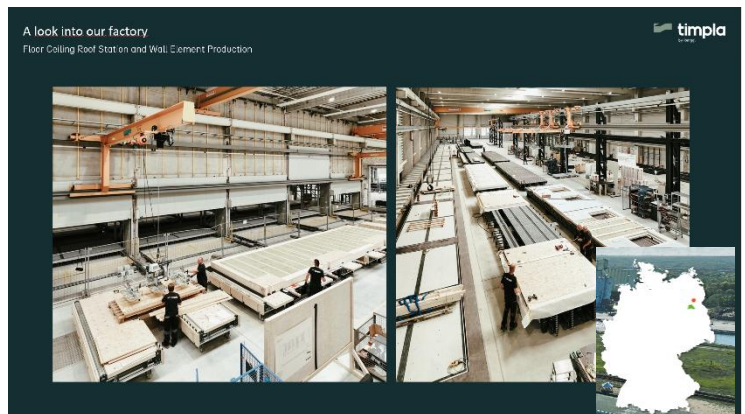
Pour le nouveau design, HKT a conçu, préconçu et fabriqué six bases de colonnes optimisées en termes de flux de puissance en béton polymère et des connexions en rondins.

- Le groupe ROMBACH propose la solution de CLT sans colle et sans fixation métallique. Il dispose d'un vaste réseau de distributeur en Allemagne et il est entre autre distribué par STEFFEN Holzbau\* au Luxembourg.

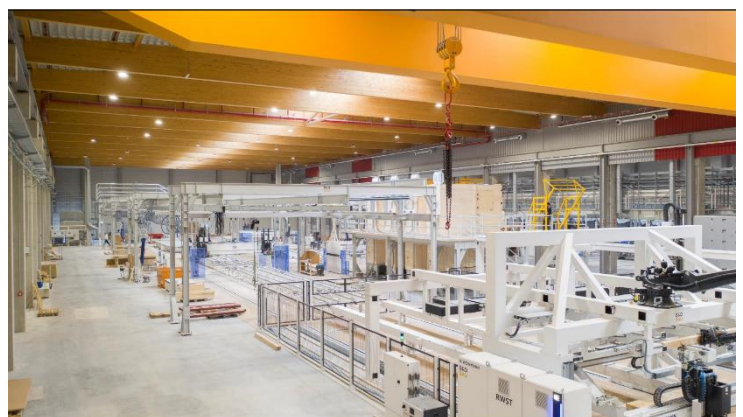


- BECK propose deux innovations dans les systèmes d'assemblage  
Le clou en bois dur : <https://www.beck-fastening.com/en/innovation/lignoloc> ;  
Le clou « à haute capacité et dévissable » [SCRAIL® Nail Screw Fasteners | Beck Fastening](#) .
- Plusieurs sociétés en Allemagne proposent la réalisation de maisons individuelles ou de logement collectifs en grande partie préfabriqués, avec parfois des investissements massifs dans des installation de fabrication. Nous citerons par exemple :

- TIMPLA, une filiale de l'entreprise suisse RENGLI AG qui a investi pour construire la plus grande usine de préfabrication modulaire en bois d'Allemagne. L'objectif annoncé est d'offrir des solutions pour la construction modulaire 3D et la rénovation énergétique des enveloppes de bâtiments existants. Son positionnement en périphérie de Berlin permet d'offrir un service industriel à proximité d'un vaste marché.

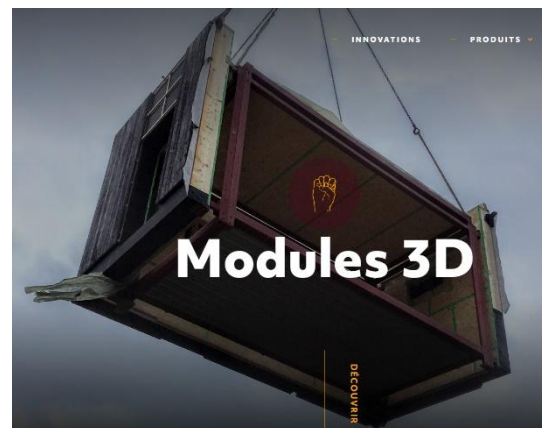


- B&O Bau GmbH, est un groupe constitué de sociétés régionales réparties sur le territoire allemand et qui a développé une offre en bâtiment qui s'appuie sur une préfabrication industrielle de ses composants comme les salles de bains (bath pods). Ils disposent de leur propre usine de production de cloisons et façades en bois à Francfort-sur-l'Oder. Elle est hautement robotisée.  
L'optimisation du processus de construction porte sur les composants, les espaces de vies et l'organisation des plans pour développer des bâtiments les plus standardisés possible.
- GODLBECK est une entreprise d'origine allemande qui s'est développée bien au-delà grâce au développement de méthode de conception net de construction basée sur l'industrialisation. Son développement n'est pas spécifiquement orienté sur l'utilisation du bois.



### 2.3.2.2 En Belgique (Wallonie) :

- Scierie mobile: L'entreprise [De Bûche à Oreille\\*](#) propose un service complémentaire aux grandes scieries qui s'intéressent au lots de grandes taille.
- L'atelier de l'Avenir : Module 3D mixtes, projet [CIMEDE](#) (Construction industrielle de Maisons Evolutives Durables et Economiques). À Grâce-Hollogne.
- L'entreprise LTS\* (Laminated Timber Solution) propose un produit de plancher préfabriqué 2D léger de grande portée [KIELSTEG](#). Ce système autrichien est particulièrement adapté pour les toitures.
- La société [STABILAME\\*](#) propose le CLT cloué. C'est un produit qui dispose du label « Produit biosourcé » et qui permet d'obtenir des panneaux structuraux de grande dimension pour la réalisation de murs.
- D'autres entreprises ont développé une offre de construction en bois :  
<https://www.laminatedtimbersolutions.be/en>  
<https://www.ts-construct.be/realisations/>
- La société SCIDUS et la découpe 3D des grumes – [Voir démo](#)



- Machines-outils à commande numérique : [DB&S - Machines](#). Cette entreprise située en Flandre (hors Grande Région) illustre l'intérêt qu'il y aurait à préciser l'impact de l'utilisation de bois dur sur la fabrication et la vente de machines-outils de toutes tailles

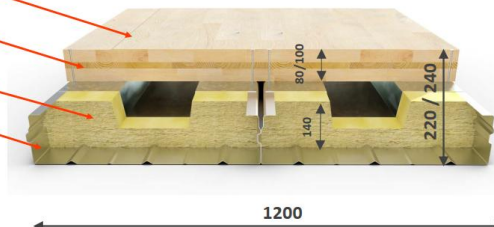


### 2.3.2.3 En France :

- En Bourgogne, il existe un [producteur de CLT en chêne](#).
- Le lamellé-collé de chêne (Ets Simonin)
- Les assemblages collés RESIX
- L'entreprise LINEAZEN (faillite 2021) :
  - Lineazen, créée en 2012, était une entreprise française innovante spécialisée dans la construction en bois massif, notamment en CLT (bois lamellé-croisé) de hêtre.
  - Elle a développé un système constructif de murs porteurs en CLT de hêtre pour bâtiments de grande hauteur et a obtenu en 2017 un Avis Technique favorable du CSTB pour son système.
  - Malgré des projets réalisés, comme la résidence étudiante "Wood Up" à Saint-Denis en 2019, Lineazen a rencontré des difficultés financières liées à sa gestion.
  - La fermeture de Lineazen en 2021 illustre les défis de l'innovation dans le secteur de la construction bois, malgré un potentiel important.
- <https://www.le-bras-freres.fr/> - Jarny – Lorraine
- ARCELOR MITTAL développe un système mixte CLT-Acier, le cofrawood.

### Cofrawood , concept

Panneau CLT  
 Coûturage  
 Laine de roche  
 Profil acier  
 (Xcarb \*)



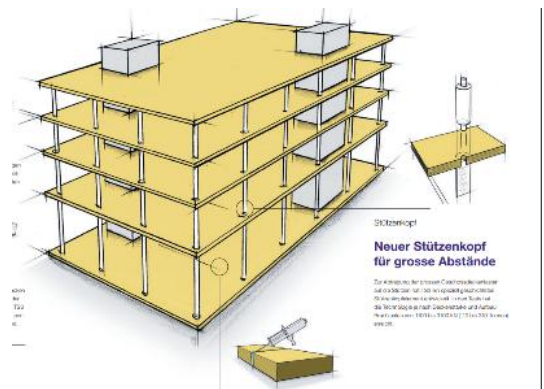
(Xcarb \*) Acier bas carbone

### Objectifs :

- Optimisation des matériaux
- Réduction de l'épaisseur du complexe
- Suppression du faux-plafond (protection feu)
- Chape acoustique sèche

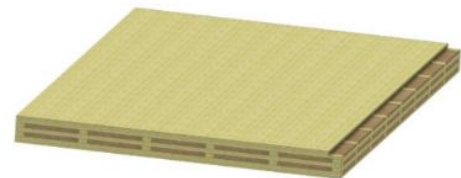
#### 2.3.2.4 Au Luxembourg

- Le système **LEKOlabs\*** est proche du système CLT - isolant CL-Therm suisse. Aidé par l'intelligence artificielle, les ingénieurs LEKO transpose les plans de structure prévus pour des murs en voiles de béton en éléments de structure en bois optimisés en fonction du taux de chargement appliqué. Un programme de recherche avait été lancé pour intégrer des bois feuillus.
- PREFALUX\*** propose la solution TS3 de TIMBATEC (développée en Suisse) pour réaliser des dalles champignons en CLT (planchers massifs).



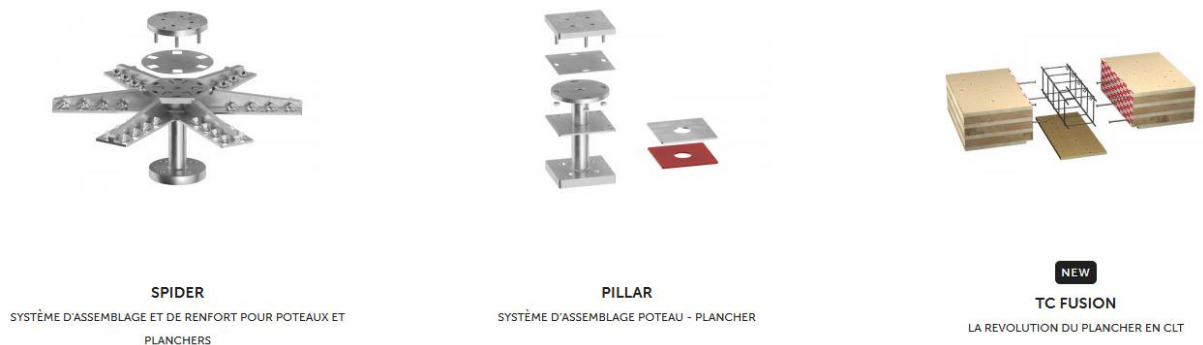
#### 2.3.2.5 Un peu plus loin :

- Le CLT isolant constitue une solution très proche de celle développée par Schilliger avec ses panneaux CL-Therm, qui associent fonctions porteuses et isolation thermique pour répondre aux exigences actuelles de performance énergétique et de préfabrication bois-industrialisée. <https://www.schilliger.fr/produits/panneaux-cl-therm/>
- La technologie Scrimber repose sur un procédé innovant de reconstitution du bois, offrant des éléments structurels aux performances mécaniques élevées et à la grande stabilité dimensionnelle, permettant une valorisation optimisée de la ressource bois. <https://www.scrimber.com/de/technologien/>



- Les projets d'assemblage métal-bois, notamment celui mené par l'Université du Luxembourg en partenariat avec Arcelor, illustrent le potentiel des solutions hybrides combinant bois et acier. Ces travaux de recherche visent à optimiser les performances structurelles, la durabilité et la flexibilité constructive des bâtiments. <https://www.uni.lu/fstm-en/news/wood-cluster-forum-2025-presenting-research-findings-in-steel-timber-composite/>

- L'entreprise multinationale Rothoblaas propose des systèmes innovants
  - Le système SPIDER pour l'assemblage de poteau – planchers en CLT <https://www.rothoblaas.fr/produits/fixation/connecteurs-pour-poteaux-et-plancher-clt/spider> ;
  - Le système PILLAR, permet de transférer de fortes charges des poteaux aux planchers <https://www.rothoblaas.fr/produits/fixation/connecteurs-pour-poteaux-et-plancher-clt/pillar>
  - Le système TC-fusion pour abouter les planchers CLT. <https://www.rothoblaas.fr/produits/nouveaux-produits/tc-fusion> ;



#### 2.3.2.6 Adaptation des normes et des outils de prescription

En plus de l'adaptation des normes relatives à la spécifications techniques des bois, l'intégration de nouveaux textes standards favorisant les constructions modulaires ou l'usage du bois dans les cahiers des charges et la promotion de leur utilisation pourrait avoir un effet de levier important.

En Belgique, il existe une initiative dont la mise en œuvre est en cours : l'échelle de performance CO<sub>2</sub>, (*toutes les explications sont disponibles ici* : <https://www.co2-prestatieladder.be/fr/wat-is-de-ladder>). A titre d'exemple, une prescription relative à la performance CO<sub>2</sub> est jointe en annexe 3.6.

## 2.4 Etablissement d'un modèle de calcul comparatif pour les bâtiments (WAVE 3.13.2 et 3.13.3) (Résultat 2.3)

### 2.4.1 Présentation de l'outils TOTEM et GRO (Belgique)

Le référentiel GRO serait européen.

## 2.5 Génération de nouvelles idées et recommandations (Résultat 2.4)

### 2.5.1 En général

#### 2.5.1.1 Prises de contacts :

- Visiter les projets pilotes à base de hêtre pour évaluer le vieillissement
- Se rapprocher des centres de formations pour leur faire remonter les besoins évoqués dans le sondage

- Un répondant a mentionné une pénurie dans le cadre du projet « wanteraktioun » à Sandweiler. Il serait utile de les contacter pour obtenir un complément d'information.
- Hall ANF à Dudelange avec ABP (bois local, CLT fixation tout bois, séchage en cours,...) à visiter lorsque le chantier pourra commencer
- Idem pour le projet de bâtiment de Filière Bois Wallonie qui sera réalisé avec du bois dur local;
- Poutres Lamellé collé avec du bouleau avec l'Université de Liège.

#### 2.5.1.2 *Networking plus général*

- Participer au salon BAU de Munich pour s'approcher du Know How allemand et autrichien
- Développement de tables de discussion avec les précurseurs de la technologie du bois (Allemagne, Autriche, Les pays nordiques...
- Permettre aux acteurs de la filière de se familiariser avec les modes de prescription / production du préfabriqué lors d'événement type Hackathon, atelier d'idéation, etc...

### 2.5.2 *Développement des connaissances et les normes*

#### 2.5.2.1 *Travail sur les normes / règlements*

- Il ressort de l'analyse du questionnaire et des entretiens complémentaires que les critères de résistance au feu sont au centre des préoccupations de tous les acteurs. Un nouveau règlement d'application nationale est sorti en 2025 au Grand-Duché de Luxembourg. Il serait intéressant de le transposer à une construction modulaire en bois.
- Le contexte normatif dans la construction est actuellement très défavorable à l'introduction du bois feuillu dans la construction puisqu'il sous-estime les performances réelles des feuillus. Il serait utile d'identifier des pistes de développement concrètes qui s'appuient sur les acquis obtenus dans la Grande Région et au-delà.
- Le contexte urbanistique et les réglementations applicables sont structurants pour le secteur. Leur analyse au niveau de la Grande Région est importante pour établir un cadre mieux unifié à un niveau plus large.

#### 2.5.2.2 *Travail sur la circularité et la durabilité*

- La prise en considération des critères de circularité est en faveur de la construction modulaire. Des innovations sont à développer dans les modes d'assemblage des composants, puis des éléments et enfin des ensembles modulaires. Une étude de cas sur un projet concret serait à même de mettre en évidence les innovations existantes et les potentielles pistes de développement ;
- La quantification des gains écologiques par une analyse de cycle de vie est de nature à positionner les constructions modulaires en bois et CLT de manière plus favorable. L'identification des indicateurs clés au travers de l'analyse d'un ou deux projets concrets est souhaitable.
- ...

### 2.5.2.3 *Etablissement d'un comparatif logements publics*

- Les logements publics peuvent imposer par la voie de leurs cahiers des charges la prise en considération de critères extra-financiers. Le comparatif devrait établir l'impact de ces nouveaux critères et de leurs pondérations dans la promotion de la construction circulaire et écologique ;
- Une analyse des résultats obtenus en Belgique par l'application de l'échelle de performance CO<sub>2</sub>...
- Etablissement d'un cadre de projet pour réaliser un modèle de calcul ACV, CO<sub>2</sub> pour les logements sociaux.

### 2.5.2.4 *Secteur de la formation*

Nous l'avons vu, la formation est un aspect clé de la transformation du secteur de la construction vers la construction modulaire et en bois. L'établissement d'un état des lieux des acteurs de l'enseignement académique et professionnels dans la Grande Région permettrait d'identifier des synergies et des pistes de développement stratégiques et à haute valeur ajoutée.

### 2.5.2.5 *Capitalisation sur les projets pilotes déjà réalisés*

- Mutualisation des expériences en France et en Allemagne ;
- Intégration dans les projets à venir en Belgique et au Luxembourg.

## 2.5.3 *Développements techniques*

### 2.5.3.1 *Développement des micro-scieries*

Le modèle de micro-scierie développé par *Bûches à Oreilles* repose sur une transformation locale du bois, à petite échelle, directement au plus près de la ressource forestière. Cette approche limite fortement les coûts de transport, réduit l'empreinte carbone et permet une meilleure valorisation économique de bois souvent peu exploités par les filières industrielles classiques.

### 2.5.3.2 *Développement de site de montage et d'assemblage de module 3D*

Le développement de sites de montage et d'assemblage de modules 3D pourrait, dans un premier temps, faire l'objet d'un projet pilote. Celui-ci permettrait de tester la faisabilité technique et économique du dispositif, d'établir un business model adapté et de définir un cahier des charges techniques en vue d'un déploiement ultérieur à plus grande échelle.

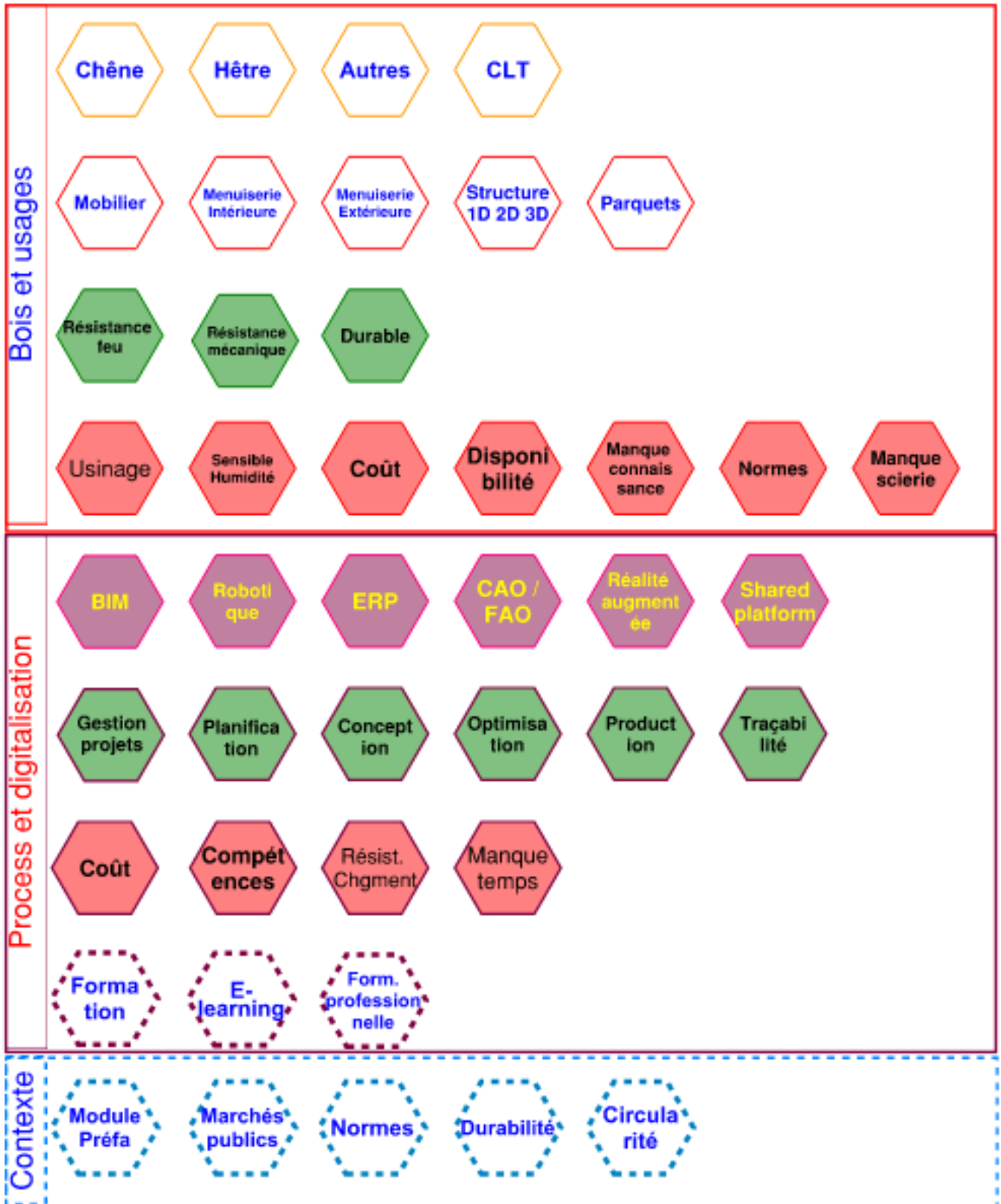
Pour **SGI**

X. Mahy, Ingénieur civil des Constructions

Validé / relu par Guillaume Dubuc

### 3 ANNEXE(S) :

#### 3.1 Analyse du questionnaire par mots clés



### 3.1.1 Bois et usages

#### Essences de bois feuillus

- Hêtre
- Chêne
- Autres (Bouleau, Robinier, Esche, etc.).

#### Applications :

- Structurelle (poutres, colonnes, CLT) ;
- Menuiserie (extérieure/intérieure) ;
- Parquets ;
- Mobilier.

#### Avantages :

- Résistances (feu, mécanique) ;
- Esthétique ;
- Durabilité ;
- Local/Régional.

#### Inconvénients – Obstacles :

- Coût / prix ;
- Usinage/Mise en œuvre ;
- Sensibilité à l'humidité ;
- Manque de connaissances / expérience / compétences ;
- Disponibilité variable selon les régions ;
- Manque de scieries spécialisées.
- Normes/Réglementation
- Disponibilité

### 3.1.2 Process et digitalisation

#### Outils :

- BIM ;
- Robotique ;



- ERP ;
- CAO/FAO ;
- Plateformes collaboratives ;
- Réalité augmentée.

**Applications :**

- Conception ;
- Production ;
- Gestion de projets ;
- Traçabilité ;
- Planification ;
- Optimisation.

**Avantages :**

- Efficacité ;
- Gain de temps ;
- Précision ;
- Communication ;
- Automatisation.

**Obstacles :**

- Coût ;
- Manque de compétences ;
- Résistance au changement ;
- Manque de temps ;

**Formation :**

- Besoin de formations régulières
- Plateforme d'apprentissage en ligne
- Partenariats avec écoles

3.1.3 Contexte

- Préfabrication (1D, 2D, 3D) – Modulaire ;



- Marchés Publics ;
- Normes ;
- Durabilité ;
- Économie Circulaire.

### 3.2 Projets pilotes

<https://www.onf.fr/onf/%2B/f2d::inauguration-dun-nouveau-siege-epinal.html>

<https://www.fcba.fr/ressources/fcba-info-batinnovant-un-batiment-en-hetre-et-pin-sylvestre/>

<https://www.jlgerard-architecte.fr/copie-de-camping-la-bresse?lightbox=dataltm-kvtbk49w1>

<https://www.charpentes-bois.com/references/batiment-publics-erp/item/construction-de-la-maison-de-l-energie-solaire-a-toul-rosieres-54.html>

### 3.3 Innovations

<https://www.schilliger.fr/produits/panneaux-cl-therm/>

<https://batichene.com/>

<https://www.rothoblaas.fr/produits/fixation/connecteurs-pour-poteaux-et-plancher-clt/spider>

### 3.4 Le débardage à cheval<sup>12</sup>

Le débardage à cheval connaît un regain d'intérêt dans la Grande Région SaarLorLux, notamment grâce à ses avantages environnementaux et à sa capacité à intervenir sur des terrains difficiles.

#### 3.4.1 Avantages du débardage à cheval:

- Respect de l'environnement :
  - Pas d'émissions de CO2 ;
  - Faible impact sur les sols et la végétation ;
  - Préservation de la biodiversité.
- Adapté aux terrains sensibles :
  - Accès aux zones difficiles (pentes, sols humides, forêts denses) ;



<sup>12</sup> Voir « [Etat des lieux sur le débardage à cheval dans les forêts wallonnes en 2023](#) ».

- Moins de dégâts aux arbres restants.
- Bien-être animal :
  - Valorisation du travail des chevaux ;
  - Alternative aux engins mécaniques bruyants et polluants.

#### 3.4.2 Acteurs du débardage à cheval dans la Grande Région:

- Luxembourg :
  - Entreprises de débardage spécialisées (ex: Leunessen Holz)
  - Subventions pour encourager le débardage à cheval (voir [guichet.public.lu](http://guichet.public.lu))
  - Centre de compétence HorsePower à Munshausen
- Lorraine :
  - Présence de débardeurs à cheval, notamment dans les Vosges
  - Intérêt croissant pour cette technique dans le cadre de la gestion durable des forêts
- Sarre :
  - Moins d'informations disponibles, mais la pratique existe probablement aussi, compte tenu de la tradition forestière de la région.

#### 3.4.3 Défis et perspectives:

- **Rentabilité** : le débardage à cheval peut être plus coûteux que le débardage mécanique, même avec les subventions.
- **Formation** : nécessité de former des débardeurs qualifiés et de sensibiliser les propriétaires forestiers.
- **Organisation** : logistique plus complexe que pour le débardage mécanique.

### 3.5 Echelle de performance CO<sub>2</sub> – Exemple de prescription

#### 1) Niveau d'ambition CO<sub>2</sub>

Le soumissionnaire peut s'engager dans son offre à atteindre un certain niveau d'ambition CO<sub>2</sub>.

Pour ce marché, le soumissionnaire ne peut choisir qu'un seul des niveaux d'ambition suivants :

<b>Niveau d'ambition CO<sub>2</sub></b>	<b>Nombre de points</b>
Aucun	0
Niveau 1	4
Niveau 2	8
Niveau 3, 4 et 5	12

La performance de l'offre du soumissionnaire  $i$  selon le critère niveau d'ambition CO<sub>2</sub>, notée  $P_{i, CO_2}$  est le nombre de points attribués pour son niveau d'ambition.

L'unité de mesure de performance pour ce critère est exprimée en points.

La meilleure performance pour le critère niveau d'ambition CO<sub>2</sub> est le nombre de points le plus élevé parmi toutes les offres sélectionnées.

L'écart de référence du critère niveau d'ambition CO<sub>2</sub> est fixé à 85 points.

Le score attribué à l'offre  $i$  pour le critère niveau d'ambition CO<sub>2</sub> est dès lors déterminé par la formule :

$$S_{i,CO_2} = \frac{85 - |Nombre\ de\ points_i - Nombre\ de\ points_{max}|}{85}$$

Les exigences relatives aux niveaux d'ambition CO<sub>2</sub> sont définies comme suit :

Exigences		
Niveau d'ambition	Aspect	Sous-critères
Ambition CO <sub>2</sub> niveau 1	1A Consommation d'énergie	Une identification et une analyse des flux d'énergie prévus et réels du projet est effectuée. Tous les flux d'énergie prévus et réels du projet sont cartographiés de manière démontrable. Cette liste fait l'objet d'un suivi régulier et est mise à jour pendant la durée du projet.
	1B Réduction d'énergie	L'adjudicataire démontre qu'il étudie les possibilités de réduire la consommation d'énergie du projet. L'adjudicataire réalise un rapport de contrôle interne indépendant pour le projet.
	1C Communication	L'adjudicataire démontre qu'il communique en interne sur une base ad hoc sur la politique de réduction d'énergie du projet. L'adjudicataire démontre qu'il communique à l'externe sur une base ad hoc sur la politique de réduction d'énergie du projet.
	1D Initiatives de réduction des émissions de CO <sub>2</sub>	L'adjudicataire démontre qu'il est au courant des initiatives du secteur et/ou de la chaîne dans le domaine de la réduction des émissions de CO <sub>2</sub> qui sont pertinentes pour le projet. L'adjudicataire connaît les initiatives du secteur et de la chaîne et leur pertinence pour le projet et en discute lors des réunions de gestion.
Ambition CO <sub>2</sub> niveau 2	2A Consommation d'énergie	Tous les flux énergétiques attendus et réels du projet sont quantitativement cartographiés. La liste est exhaustive et fait l'objet d'un suivi et d'une mise à jour réguliers pendant toute la durée du projet. L'adjudicataire effectue une évaluation énergétique du projet.
	2B Réduction d'énergie	L'adjudicataire formule un objectif qualitativement défini de réduction de la consommation d'énergie et a précisé les mesures à prendre pour le projet. L'adjudicataire formule un objectif défini pour l'utilisation de carburants de substitution et/ou l'utilisation d'électricité verte dans le cadre du projet. L'objectif en matière d'énergie et de réduction et les mesures connexes doivent être documentés, mis en œuvre et communiqués à tous les employés de l'adjudicataire dans la mesure où ils sont impliqués dans le projet.
	2C Communication	L'adjudicataire communique structurellement en interne sur la politique énergétique du projet. La communication comprend au moins la politique énergétique et les objectifs de réduction du projet. L'adjudicataire réalise un cycle de contrôle efficace en termes de réduction de CO <sub>2</sub> avec des responsabilités assignées pour le projet. L'adjudicataire identifie les intervenants externes pour le projet.
	2D Initiatives de réduction des émissions de CO <sub>2</sub>	L'adjudicataire démontre qu'il examine les possibilités de mettre en œuvre des mesures spécifiques au projet découlant d'initiatives pertinentes dans le cadre du projet.

Exigences		
Niveau d'ambition	Aspect	Sous-critères
Ambition CO <sub>2</sub> niveau 3	3A Emission de CO <sub>2</sub>	L'adjudicataire doit établir un rapport sur a. les émissions de portée 1 et 2 prévues <sup>[1]</sup> pour l'ensemble du projet et b. l'inventaire détaillé des émissions actuelles pour les émissions de catégorie 1 et 2 réelles du projet, conformément à la norme ISO 14064-1. L'inventaire des émissions de 1B du projet est vérifié par un Organisme Certificateur (OC) permettant un certain degré de certitude.
	3B Réduction de CO <sub>2</sub>	L'adjudicataire formule un objectif quantitatif de réduction des émissions des catégorie 1 et 2 du projet <sup>1</sup> , exprimé en chiffres absolus ou en pourcentage par rapport à une ou plusieurs références pertinentes et dans un certain délai, et a élaboré un plan d'action correspondant comprenant les mesures à prendre. L'adjudicataire utilise un plan d'action ou un système de gestion de l'énergie (conformément à la norme NBN-EN-ISO 50001 ou l'équivalent) dans le cadre du projet.
Ambition CO <sub>2</sub> niveau 3	3C Communication	L'adjudicataire communique structurellement en interne ET en externe au sujet de l'empreinte CO <sub>2</sub> (émissions de catégorie 1 et 2), les objectifs quantitatifs de réduction et les mesures du projet. La communication comprend au moins la politique énergétique et les objectifs de réduction du projet, une description de la ou des références utilisées, les possibilités de contributions individuelles, des informations sur la consommation d'énergie actuelle et les tendances du projet. L'adjudicataire établit un plan de communication interne et externe documenté avec des tâches, des responsabilités et des moyens de communication définis.
	3D Initiatives de réduction du CO <sub>2</sub>	L'adjudicataire démontre que des mesures spécifiques dérivées d'une initiative (sectorielle ou en chaîne) dans le domaine de la réduction des émissions sont mises en œuvre dans le cadre du projet.
Ambition CO <sub>2</sub> niveau 4	4A Emission de CO <sub>2</sub>	L'adjudicataire démontre assurer un suivi des émissions probables les plus importantes du catégorie 3 pour le projet et démontre les émissions de CO <sub>2</sub> par unité pour une des émissions matérielles les plus importantes du projet lié à une prestation (produit ou service). L'adjudicataire établit un plan de gestion de la qualité pour l'inventaire du projet (voir chapitre 10 Protocole des normes de produits GES).
	4B Réduction de CO <sub>2</sub>	Pour les émissions des périmètres 1 et 2, voir 3.B.1. Sur la base du suivi des émissions probables les plus importantes de la catégorie 3 du projet, l'adjudicataire formule un objectif de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> et élabore un plan d'action correspondant, y compris les mesures à prendre. L'objectif est exprimé en nombre absolu ou en pourcentage par rapport à une référence et dans un délai déterminé. L'adjudicataire rend compte périodiquement (en interne et en externe) de l'avancement des travaux par rapport aux objectifs du projet.
Ambition CO <sub>2</sub> niveau 4	4C Communication	L'adjudicataire démontre qu'il entretient un dialogue régulier (au moins deux fois par an) avec les parties prenantes au sein des pouvoirs publics et les ONG (au moins 2) sur son objectif de réduction de CO <sub>2</sub> et les mesures prises dans le cadre du projet. L'adjudicataire démontre que les préoccupations exprimées par les pouvoirs publics et/ou les ONG au sujet du projet ont été identifiées et prises en compte*. * 4C 1 et 2 s'appliquent aux grands projets pluriannuels ; si tel n'est pas le cas, les dispositions de la section 3C s'appliquent au niveau d'ambition 4.
	4D Initiatives de réduction du CO <sub>2</sub>	L'adjudicataire démontre qu'il prend, dans le cadre de la mise en œuvre du projet, de mesures innovantes visant à réduire les émissions de CO <sub>2</sub> , qu'il lie le nom de l'entreprise à l'initiative du projet, par des publications et par la confirmation des parties prenantes.

[1] Les émissions CO<sub>2</sub> de catégorie 1 et de catégorie 2 sont définies dans le Manuel Echelle de Performance CO<sub>2</sub> 3.0 sur [www.echelledeperformanceCO2.be](http://www.echelledeperformanceCO2.be)

Exigences		
Niveau d'ambition	Aspect	Sous-critères
Ambition CO <sub>2</sub> niveau 5	5A Emission de CO <sub>2</sub>	L'adjudicataire démontre qu'il assure un suivi des émissions matérielles de la catégorie 3 du projet <sup>[2]</sup> et des parties les plus pertinentes de la chaîne d'approvisionnement. 1. L'adjudicataire dispose, pour le projet, d'une analyse fondée et actualisée des actions autonomes possibles qu'il peut prendre afin d'influencer les émissions matérielles de catégorie 3 (en amont et en aval) <sup>2</sup> . 2. L'adjudicataire démontre qu'il connaît les stratégies possibles pour réduire les émissions de catégorie 3 du projet. L'adjudicataire dispose de données d'émission spécifiques et à jour provenant des partenaires directs (et potentiels) de la chaîne de valeur, qui sont pertinentes pour la mise en œuvre de la stratégie de réduction des émissions de la catégorie 3 du projet (voir 5.B.1).
	5B Réduction de CO <sub>2</sub>	L'adjudicataire formule une stratégie de réduction et des objectifs de réduction de CO <sub>2</sub> pour les émissions de catégorie 3 du projet, sur la base des analyses du sous-critère 5.A.2. Il établit un plan d'action correspondant a, comprenant les actions autonomes à entreprendre. Les objectifs sont exprimés en chiffres absolus ou en pourcentages par rapport à une (ou plusieurs) référence(s) pertinente(s). L'adjudicataire fournit au moins deux fois par an son inventaire des émissions de CO <sub>2</sub> (internes et externes) du projet de catégorie 1, 2 et 3 <sup>[3]</sup> , ainsi que l'état d'avancement des objectifs de réduction et les mesures prises. L'adjudicataire réussit à atteindre les objectifs de réduction.
Ambition CO <sub>2</sub> niveau 5	5C Communication	L'adjudicataire communique structurellement à l'extérieur sur la manière dont le projet fonctionne en tant que laboratoire pour les innovations ou les mesures innovantes et sur la manière dont il a activement impliqué des partenaires de la chaîne de valeur. L'adjudicataire communique structurellement (au moins deux fois par an) en interne et en externe sur l'empreinte CO <sub>2</sub> (catégories 1, 2 & 3) et les objectifs quantitatifs de réduction du projet. La communication comprend au moins la politique énergétique et les objectifs de réduction du projet, une description de la ou des références utilisées, les possibilités de contributions individuelles, des informations sur la consommation d'énergie actuelle et les tendances du projet.
	5D Initiatives de réduction du CO <sub>2</sub>	L'adjudicataire utilise le projet comme un laboratoire pour mettre en œuvre des innovations ou des mesures innovantes et implique activement des partenaires de la chaîne de valeur. Le soumissionnaire peut fournir une description des émissions de CO <sub>2</sub> prévues à la suite de la mesure prise dans le cadre du projet. Les innovations ou les actions innovatrices sont commentées de manière professionnelle par un institut d'expertise reconnu comme compétent et indépendant dans ce domaine.

Pour atteindre un niveau supérieur, les critères des niveaux inférieurs doivent également être remplis.

Les niveaux d'ambition et les termes utilisés ci-dessus sont expliqués plus en détail dans la version 3.0 du Manuel de l'échelle de performance, disponible sur [www.echelledperformanceCO2.be](http://www.echelledperformanceCO2.be).

Le niveau d'ambition CO<sub>2</sub> doit être atteint au plus tard un an après la conclusion du marché. Dans le cas où la durée du marché s'étend sur plusieurs années, l'adjudicataire doit démontrer dans le mois suivant chaque anniversaire de la notification qu'il a atteint au moins le niveau annoncé dans son offre. Les obligations incombant à l'adjudicataire pendant l'exécution du marché sont précisées à l'article 79 (organisation du chantier) du présent cahier des charges.

<sup>[2]</sup> Les émissions de catégorie 3 sont définies dans le Manuel Echelle de Performance CO<sub>2</sub> 3.0 sur [www.echelledperformanceCO2.be](http://www.echelledperformanceCO2.be)

<sup>[3]</sup> Les émissions de catégorie 1, 2 et 3 sont définies dans le Manuel Echelle de Performance CO<sub>2</sub> 3.0 sur [www.echelledperformanceCO2.be](http://www.echelledperformanceCO2.be)

### 3.6 Publications mentionnées

3.6.1 Avec les feuillus français, vous avez le choix !

[https://franceboisforet.fr/wp-content/uploads/2018/04/feuillus\\_bdef\\_versionfinale.pdf](https://franceboisforet.fr/wp-content/uploads/2018/04/feuillus_bdef_versionfinale.pdf)

3.6.2 Développer la construction et la rénovation hors-site sur votre territoire (France)

[https://www.banquedesterritoires.fr/sites/default/files/2024-10/Guide%20Construction%20R%C3%A9novation%20Hors-Site\\_Septembre2024.pdf](https://www.banquedesterritoires.fr/sites/default/files/2024-10/Guide%20Construction%20R%C3%A9novation%20Hors-Site_Septembre2024.pdf)

3.6.3 Bois – Guide pour le bon usage (Belgique)

<https://www.houtinfo Bois.be/wp-content/uploads/2023/02/Bois-Guide-pour-le-bon-usage-©-Hout-Info-Bois.pdf>