

*Université de Liège
Faculté d'architecture
2^e master*

*Impacts environnementaux des matériaux de construction
Etude sur l'usage de bardages bois d'essences indigènes et étrangères en Belgique*



*Promoteur : Olivier HENZ
Copromoteur : Jean-Philippe POSSOZ*

Amélie MAROT

Février 2012

Merci à toutes les personnes qui ont donné de leur temps pour partager leurs avis, leurs connaissances. Merci à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à ce mémoire.

Tout d'abord merci très sincèrement à M. Olivier Henz et M. Jean-Philippe Possoz qui ont accepté la direction de ce mémoire. Merci pour leur suivi et surtout pour leurs excellents conseils et les remises en questions qu'ils ont suscitées.

Merci également...

à M. David Tieleman, pour le temps qu'il investit à diriger l'ensemble des mémoires de cette faculté,

tout particulièrement à Mme Laetitia Delem du CSTC pour l'aide précieuse et les excellents conseils qui ont grandement favorisé l'orientation de ce mémoire,

à M. Hugues Frère de HoutInfoBois,

à M. Rolf Frischknecht pour ses importantes informations concernant KBOB,

à M. de Broux du magasin Déco-bois à Jambes, monsieur Philippe Gilis de la scierie Carlier à Namur, monsieur Bongen de Méry bois à Tilff,

à Mme Nathalie Lebrun et monsieur Riche pour les heures de visite,

à M. François-Xavier Warnier, responsable de la scierie de Floreffe pour ses renseignements précieux,

à Mme Claudine Gerland et monsieur Pierre Ravel pour leurs informations sur les peintures Blanchon,

à Jochen Ghekiere de la Société Huy Woodcare,

à M. Olivier Dullier, M. Benoît Fasbender, M. Michel Lequeux, M. et Mme Rolain et M. Jean-Pierre Surlereaux pour la présentation de leurs maisons ou de leurs projets,

à M. Michel Lory, documentaliste au port d'Anvers pour le déblocage de la situation,

à M. Emil Akander, consultant Benelux du Swedish Trade Council, Bruxelles, pour ses informations sur le cèdre,

à M. François Deneufbourg de la Fédération Belge du Commerce d'Importation de Bois,

à Mme Kai Lintunen et à Hannes Mäntyranta de la Finnish Forest Association d'Helsinki pour leurs informations précieuses concernant le mélèze finlandais,

à l'ambassade du Cameroun en Belgique pour leurs informations et surtout leur sympathie,

à Mme Paula Hild du CTRE,

à Maxime Van Wonterghem, Anne-Sophie Colinet, Luc Marot et Anne Eucher pour leurs conseils et leur soutien,

à M. Robert Lambert pour la correction.

Table des matières

Remerciements

<u>Introduction générale</u>	1
<u>Méthodologie</u>	2

Partie 1 : L'impact environnemental **Concepts, outils et normes**

<u>Introduction</u>	4
<u>Chapitre 1. L'énergie grise et les Analyses de Cycle de Vie (ACV)</u>	4
1.1. L'énergie grise.....	4
1.1.1. Définition du concept d'énergie grise.....	4
1.1.2. Incidence de l'énergie grise dans la construction.....	5
1.1.3. Calcul de l'énergie grise.....	5
1.2. Les ACV.....	6
1.2.1. Réalisation d'une ACV.....	6
1.2.1.1. La définition des objectifs et du système.....	7
1.2.1.2. L'inventaire des émissions et des ressources utilisées.....	7
1.2.1.3. L'analyse de l'impact environnemental.....	7
1.2.1.4. L'interprétation.....	8
1.2.2. Application de l'AVC aux produits bois.....	8
1.3. Les outils employés.....	9
1.3.1. La base de données ecoinvent.....	9
1.3.2. L'INIES et les déclarations environnementales et sanitaires de produits.....	9
1.3.3. Le fichier « Données des écobilans dans la construction ».....	9
1.4. Le fichier « Données des écobilans dans la construction » ou KBOB.....	10
1.4.1. Son fonctionnement.....	10
1.4.1.1. Feuille matériaux.....	10
1.4.1.2. Feuille technique.....	12
1.4.1.3. Feuille énergie.....	12
1.4.1.4. Feuille transport.....	12
1.4.2. Résumé.....	12
<u>Chapitre 2. Cadre normatif et évolutions</u>	14
2.1. Normes sur les calculs d'énergie grise.....	14

2.2. Normes applicables aux bâtiments.....	14
2.3. Normes relatives aux bardages.....	15
<u>Conclusion</u>	16

Partie 2 : Le bardage bois

Spécificités du matériau et présentation des cas

<u>Introduction</u>	18
Pourquoi le bois ?	18
Pourquoi le bardage ?	18
Introduction	18
<u>Chapitre 1. Spécificités du matériau bois et choix des essences</u>	19
1.1. Les forêts.....	19
1.1.1. Pourquoi une gestion durable des forêts ?	19
1.1.2. Le label FSC	19
1.1.3. Le label PEFC	20
1.1.4. Autres labels	20
1.1.5. La filière bois et les limites de la traçabilité	21
1.1.6. En Wallonie	21
Conclusion	22
1.2. Concept et lexique du bois.....	23
1.2.1. Généralités sur le matériau “ bois”	23
1.2.1.1. Masse volumique	23
1.2.1.2. Résistance mécanique	23
1.2.1.3. Classes de durabilité	23
1.2.1.4. Humidité et stabilité dimensionnelle	23
1.2.1.5. Nervosité	24
1.2.1.6. Classes d’emplois	24
1.2.2. Le traitement du bois	24
1.2.2.1. Procédés de préservation	25
1.2.2.2. Procédés de modification du bois	26
1.2.2.3. Traitements de finition (traitements de surface)	27
1.2.2.4. Traitement curatif	28
Conclusion	28
1.2.3. Le transport	28
1.2.4. La fin de vie du bois	29
1.2.4.1. Valorisation en tant qu’énergie	29
1.2.4.2. Réutilisation comme matière première secondaire	30
1.2.4.3. Récupération des déchets de fabrication	30
1.2.4.4. Pratique la plus courante	30

<u>1.3. Choix des essences à étudier.....</u>	32
<u>1.3.1. Essences indigènes.....</u>	32
<u>1.3.2. Essences européennes.....</u>	32
<u>1.3.3. Essences tropicales.....</u>	32
<u>1.3.4. Essence américaine.....</u>	33
<u>Conclusion.....</u>	33
<u>Chapitre 2. Présentation des 5 bardages choisis.....</u>	34
<u>Introduction.....</u>	34
<u>2.1. Bardage en résineux belge : le douglas.....</u>	34
<u>2.2. Bardage en feuillu belge : le chêne.....</u>	36
<u>2.3. Bardage en mélèze finlandais, résineux européen.....</u>	38
<u>2.4. Bardage en feuillu canadien : le western red cedar (cèdre)</u>	41
<u>2.5. Bardage en bois tropical : l’afzélia.....</u>	43
<u>2.6. Tableau récapitulatif des types de bardages.....</u>	45
<u>Conclusion.....</u>	46

Partie 3 : Analyse des résultats de l’étude comparative

<u>Introduction.....</u>	48
<u>Limites du calcul.....</u>	49
<u>1. Résultats par types d’impacts.....</u>	50
<u>Introduction.....</u>	50
<u>1.1. Les émissions de gaz à effet de serre.....</u>	50
<u>2.1.1. Signification de l’indicateur “émission de gaz à effet de serre”.....</u>	51
2.1.1.1. Les G.E.S. concernant le bois.....	51
2.1.1.2. Comparaison avec d’autres émissions.....	51
<u>1.2. L’énergie grise non renouvelable.....</u>	52
<u>2.2.1. Signification de l’indicateur “énergie grise non renouvelable”.....</u>	52

<u>1.3. L'énergie primaire globale.....</u>	53
<u>2.3.1. Signification de l'indicateur "énergie primaire globale".....</u>	53
<u>1.4. Les écopoints - UBP.....</u>	54
<u>2.4.1. Signification de l'indicateur "UBP".....</u>	54
<u>1.5. Graphique récapitulatif.....</u>	55
<u>1.6. Questions/ réponses.....</u>	56
<u>1.5.1. Pourquoi l'impact de la matière première varie-t-il d'une essence à une autre ?</u>	56
<u>1.6.2. Pourquoi y a-t-il une si grande différence entre le mélèze transporté en camion et le mélèze transporté en bateau?</u>	57
<u>1.6.3. Quel est l'impact du transport ?</u>	58
<u>1.6.4. Que comprend l'impact du traitement ?</u>	58
<u>1.6.5. Quels sont les impacts sur la santé des produits de traitement ?</u>	59
<u>1.6.6. Est-ce que le produit de traitement a un impact sur la durée de vie du bardage ?</u>	60
<u>1.6.7. Comment est calculé l'impact de la durée de vie du bardage ?</u>	60
<u>1.6.8. Pourquoi l'afzélia n'a pas d'impact concernant sa durée de vie ?</u>	61
<u>1.6.9. Quel est l'impact de la mise en œuvre sur la durée de vie du bardage ?</u>	61
<u>1.6.10. Les résultats signifient-ils qu'on peut utiliser des bois tropicaux sans conséquences majeures sur l'environnement ?.....</u>	62
<u>1.6.11. Est-ce que la déforestation ne concerne que les pays tropicaux ?.....</u>	64
<u>1.6.12. Pourquoi le mélèze provoque-t-il tant d'impacts environnementaux ? Peut-on essayer de les réduire par une autre mise en œuvre ?.....</u>	65
<u>1.6.13. Pourquoi le cèdre paraît-il si avantageux ?.....</u>	66
<u>1.6.14. Pourquoi le douglas belge obtient-il un score si différent du chêne belge alors qu'ils ont un transport très similaire ?.....</u>	67
<u>1.6.15. Quelle est la différence entre un résineux et un feuillu ?.....</u>	67
<u>1.6.16 Finalement, vaut-il mieux utiliser un bois indigène ou non ?.....</u>	68
<u>Conclusion.....</u>	69
<u>2. Nouveaux éléments de comparaison.....</u>	70
<u>Introduction.....</u>	70

<u>2.1. Comparaison avec un bardage en PVC.....</u>	70
<u>2.1.1. Informations générales.....</u>	70
<u>2.1.2. Graphique comparatif.....</u>	72
<u>2.1.3. Conclusion.....</u>	72
<u>2.2. Comparaison avec une paroi en structure bois.....</u>	73
<u>2.3. Comparaison avec une paroi massive.....</u>	74
<u>Conclusion.....</u>	75
 <u>Conclusions générales.....</u>	76
 <u>Bibliographie.....</u>	78
 <u>Table des illustrations.....</u>	85
 <u>Annexes</u>	

Introduction générale

On constate actuellement dans le secteur de la construction une volonté de réduire la consommation d'énergie liée à l'utilisation des bâtiments (chauffage, climatisation, éclairage,...). Celle-ci est certainement liée à l'augmentation du prix des combustibles fossiles, et espérons-le, à la prise de conscience de certains impacts environnementaux. La diminution des besoins en énergie dans l'habitat individuel se marque actuellement par une amélioration des performances de l'enveloppe des bâtiments. Cependant, lorsqu'on augmente ces performances, on tend à consommer proportionnellement davantage d'énergie liée aux matériaux de construction. Cette énergie dépensée est due à la fabrication de matériaux plus performants, à la multiplication des composants, à l'augmentation de la quantité de matière mise en œuvre... Cette énergie dite "énergie grise" peut alors devenir prédominante dans le bilan énergétique global.¹ « L'enveloppe devient donc un élément à considérer en priorité lorsqu'on veut diminuer sensiblement les impacts environnementaux d'un bâtiment. »² Ces impacts concernent, par exemple, la production de déchets, l'appauvrissement des ressources (naturelles, énergétiques, en eau...), la pollution (émissions de gaz à effet de serre, acidification de l'air, de l'eau et du sol, formation d'ozone troposphérique, réduction de la couche d'ozone stratosphérique...)... Il convient de considérer un maximum de paramètres dans un cadre global et il semble essentiel de trouver un équilibre entre amélioration des performances de l'enveloppe et impacts environnementaux.

Face à cette question complexe de savoir quel équilibre est à trouver, l'architecte est souvent bien démuni. Particulièrement en ce qui concerne le matériau bois, de nombreux malentendus liés aux impacts environnementaux circulent. Il convient de savoir ce qui est compris dans les chiffres qu'on colporte et de les relativiser. Par exemple, sur l'encyclopédie en ligne "techno-science.net", on nous annonce une consommation d'énergie grise pour un bois de construction indigène, scié, raboté, prêt à l'emploi de 300 kWh/tonne, contre 450 pour les maçonneries traditionnelles en terre cuite, 8000 pour l'acier...³ Que comprennent ces données ? Qu'en est-il au niveau de l'origine du bois, de son essence, de son traitement en fin de vie, de la mise en œuvre des matériaux ? Un bois n'est pas l'autre et une essence de bois n'est pas l'autre non plus. Savoir quelle essence choisir, d'où elle provient, comment elle est acheminée et quels impacts elle a réellement sur l'environnement sont des données malheureusement très difficiles d'accès.

Ce travail va donc tenter de mettre en évidence les éléments objectifs qui permettent de soutenir un choix principalement au niveau des impacts environnementaux de différentes essences de bois. Quels sont les critères à prendre en compte ? Quels sont les valeurs concrètes dont nous disposons ? Nous nous concentrons ici particulièrement sur les impacts environnementaux d'essences utilisées en bardage en allant du bois indigène au bois tropical en passant par un bois européen et canadien. Pour plus de véracité dans cette évaluation, nous nous basons sur des cas concrets de bâtiments existants.

Trois parties structurent cet ouvrage. La première, approche théorique, traite de la définition de l'énergie grise, du fonctionnement et des outils des analyses de cycle de vie ainsi que des normes existantes sur le sujet. Nous présentons principalement le fichier « Données des

¹ TRACHTE Sophie et DE HERDE André, *Élaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons à très basse consommation d'énergie. Choix des matériaux. Ecobilan de parois*, Architecture et climat, UCL, 2010, p. 9.

² TRACHTE Sophie et DE HERDE André, *Élaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons (...)*, p. 10.

³ *Bois (matériau de construction)*, encyclopédie Techno-Science.net, 22-04-2011 [en ligne, 22-04-2011]
<http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=4741>

écobilans dans la construction » (surnommé fichier KBOB) qui est l'outil principal employé lors de nos évaluations. La seconde partie, s'attache à présenter les éléments entrant dans la comparaison (gestion des forêts, éléments techniques à propos du bois et du bardage...). Seront également présentés les cas concrets de bâtiments et les essences de bois que nous allons étudier. Enfin, la dernière partie présente les résultats des calculs basés principalement sur le fichier KBOB. L'évaluation de l'impact environnemental du bardage va prendre en compte essentiellement 4 données: l'impact de la matière première, du transport, du traitement du bois et enfin celui du remplacement éventuel.

Certaines données difficilement chiffrables et ne se trouvant pas dans le fichier KBOB n'entrent pas en compte dans les calculs comparatifs. Mentionnons notamment la mise œuvre du bardage, le système de fixation, l'esthétique du bois, le prix... Ces paramètres sont en effet subjectifs et variables au cas par cas.

Méthodologie

La première partie de la recherche consistait à rassembler les éléments théoriques concernant le sujet (définition de l'énergie grise, étapes de la réalisation d'analyses de cycle de vie, normes existantes, éléments techniques relatifs au matériau bois...). L'exposition Afrycasylve de la faculté agro-bio-tech de Gembloux (traitant de la gestion durable des forêts) a constitué un bon point de départ. M. Hugues Frère, spécialiste de la filière bois en Belgique a pu également nous renseigner sur les ouvrages incontournables.

Pour comparer différentes essences de bois sur base de résultats chiffrés, il nous a fallu choisir un outil. Le fichier « Données des écobilans dans la construction » ou fichier KBOB nous a été conseillé par Laetitia Delem, chercheuse au CSTC. Cinq essences de bois à comparer ont également été sélectionnées. Celles-ci présentent des caractéristiques et des provenances fort différentes.

Nous nous sommes ensuite rendu compte que, pour réaliser les comparaisons, des valeurs précises étaient nécessaires (distances de transport, moyen de transport, épaisseur du bardage, masse volumique des différentes essences, quantités et type de traitement employé, durée de vie des bardages...). Pour récolter toutes ces données, il nous a impérativement fallu nous baser sur des cas concrets de bâtiments déjà réalisés pour éviter d'avoir des valeurs trop floues. Cinq bâtiments avec les parements choisis précédemment ont donc été sélectionnés. Grâce à ces visites et aux nombreuses rencontres avec différentes personnes de la filière bois (Menuiserie Stabilame et Riche, Mérybois, Carlier Bois, Scierie Warnier...) nous avons pu récolter assez facilement les éléments techniques relatifs aux bardages (masse volumique, épaisseur moyenne du bardage, traitement conseillé et traitement réellement utilisé, durée de vie des bardages). Les données sur le transport des bois importés ont, par contre, été très difficiles à récolter.

Après avoir recueilli les données nécessaires, les calculs comparatifs (vérifiés par Laetitia Delem) ainsi que les graphiques ont pu être réalisés. Sur base de ces derniers, un nombre important de conclusions peuvent être tirées. L'analyse se fera donc sous forme de questions/réponses pour structurer l'information.

Partie 1

L'impact environnemental : concepts, outils et normes

Introduction

Cette première partie présente les éléments de base qu'il convient de connaître pour comprendre ce qu'est l'analyse environnementale d'un matériau de construction. Cette présentation se veut générale et ne concerne pas encore le bardage en particulier. Elle se divise en 2 chapitres. Le premier traite de la définition du concept d'énergie grise et des méthodes d'analyse du cycle de vie. Les outils employés dans le cadre de ce travail (principalement le fichier KBOB) seront également introduits. Le deuxième chapitre traite des normes actuelles et des projets de normes qui nous concernent.

Chapitre 1 **L'énergie grise et les Analyses de Cycle de Vie (ACV)**

1.1. L'énergie grise

Nous commençons par définir un concept fort général, le concept d'énergie grise, avant d'entrer dans l'explication plus précise du déroulement d'une analyse de cycle de vie.

1.1.1. Définition du concept d'énergie grise

Il n'existe actuellement pas de définition normative ou réglementaire concernant l'énergie grise. Historiquement, cette notion semble être née en Suisse vers 1970.

Une première définition tirée du mémoire de Julie François qui traite des calculs d'énergie grise appliqués à l'ensemble du bâtiment¹, nous est donnée par l'expert-conseil canadien Yves Perrier : « L'énergie grise est l'énergie utilisée de l'extraction des ressources à l'élimination des déchets pour tout produit. C'est la dépense énergétique requise du berceau au berceau pour la production d'un bien. »

Le site internet "techno-science.net" définit l'énergie grise comme « la quantité d'énergie nécessaire à la production et à la fabrication des matériaux ou des produits industriels. En théorie, un bilan d'énergie grise additionne l'énergie dépensée lors :

- de la conception du produit ou du service
- de l'extraction et le transport des matières premières
- de la transformation des matières premières et la fabrication du produit ou lors de la préparation du service
- de la commercialisation du produit ou du service
- de l'usage ou la mise en œuvre du produit ou lors de la fourniture du service
- du recyclage du produit. »²

Selon l'association Eco-bau³, l'énergie grise appelée en anglais "embodied energy" qui peut se traduire par "énergie incorporée", appelée aussi "Non Renewable energy" (NRE) est

¹ FRANCOIS Julie, *Energie grise : Prise en compte et étude critique*, Institut Supérieur d'Architecture Intercommunal Lambert Lombard, Liège, 2007/2008, p. 25-28.

² *Energie grise*, techno-science, s.d. [en ligne, 27-12-2010] <http://www.techno-science.net>

³ VOGEL M., *Eco-devis, principe de la méthode, eco-bau, durabilité et constructions publiques*, s.d. [en ligne, 30-01-2008] <http://www.eco-bau.ch/français/>

« Une énergie cachée qui, en réalité, traduit la véritable valeur d'un produit. »¹ Les unités les plus courantes sont le kilowattheure et le Mégajoule par mètre carré, mètre cube, kilogramme ou tonne.

Selon Sophie Trachte et André De Herde de l'équipe d'Architecture et Climat à l'UCL: « Les matériaux, quels qu'ils soient, sont constitués de matière et d'énergie. La matière est la substance qui est transformée en éléments de construction dans l'industrie du bâtiment. Chaque étape de transformation, depuis la matière brute jusqu'au déchet, nécessite l'apport d'énergie pour la transformation. Cette énergie sera alors contenue dans le produit ou bien libérée selon le stade de transformation. Cette énergie est appelée "énergie grise". L'énergie grise peut être produite à partir de sources non renouvelables (combustibles fossiles) et/ou renouvelables (solaire, éolien, hydraulique, biomasse). L'énergie grise est calculée en énergie primaire et est présentée en MJ/kg. »²

Les définitions sont variées mais surtout, elles ne permettent pas d'avoir une idée précise de ce qui est bel et bien compris dans les valeurs d'énergie grise que l'on nous présente. Certains éléments sont toujours compris et d'autres pas suivant l'auteur de l'étude.

1.1.2. Incidence de l'énergie grise dans la construction

Comme expliqué précédemment, la tendance actuelle (maisons basse énergie, maisons passives...) tend à diminuer la consommation d'énergie liée à l'utilisation des bâtiments (ex : besoins en chauffage) alors que l'énergie grise elle, ne diminue pas. La proportion prise par l'énergie grise dans le bilan global d'une construction par rapport aux performances énergétiques du bâtiment augmente sans cesse. Sans oublier que « la construction à faible énergie et le standard de construction plus exigeant ont tendance à nécessiter davantage de matériaux et de technique, ce qui entraîne » d'autant plus « une augmentation de l'énergie grise. »³

On peut lire dans la norme (SIA 2032) élaborée récemment par la Société suisse des ingénieurs et des architectes que « les maisons modernes exemplaires à très bas profil énergétique ne consomment aujourd'hui pas plus de 40 MJ par m² de surface de référence énergétique et par an. En revanche, l'énergie grise investie dans un nouveau bâtiment sous forme de matériaux de construction et d'installations est généralement comprise -rapportée à la durée d'utilisation – entre 80 et 100 MJ par m² de surface de plancher et par an. »⁴

1.1.3. Calcul de l'énergie grise

Calculer l'énergie grise d'un matériau nécessite de remonter chaque étape du processus, avec le plus de clarté possible (indiquer les hypothèses admises et les données prises en compte). Les données récoltées sont souvent imprécises (transport qui varie d'une cargaison à une autre...). Toutefois, les valeurs d'énergie grise permettent d'obtenir des ordres de grandeur pour éventuellement orienter nos choix.

Il existe une série de logiciels ou méthodes de calcul de l'énergie grise totale d'un bâtiment. Ces calculs sont réalisés grâce à l'utilisation de bases de données sur l'énergie grise des différents matériaux employés (ex : base de données ecoinvent). Ces données sont la plupart

¹ NIEMANN Erik, *L'énergie grise dans la filière bâtiment et travaux publics*, Paris, 12-2006, p. 79.

² TRACHTE Sophie et DE HERDE André, *Élaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons (...)*, p. 43.

³ Société suisse des ingénieurs et des architectes, *norme SIA 2032. L'énergie grise des bâtiments*, Zurich, édition 2010, p. 4.

⁴ Société suisse des ingénieurs et des architectes, *norme SIA 2032. (...)*, Zurich, édition 2010, p. 4

du temps calculées sur base d'analyses du cycle de vie (ACV). Une ACV a des limites dans la prise en compte des différents éléments. Certains éléments sont négligés et les valeurs finales possèdent donc une certaine imprécision. Les bases de données présentent des valeurs moyennes par type de matériau, ne tiennent pas compte des différents lieux de mise en œuvre (transport après l'achat du produit)...

1.2. Les ACV

1.2.1. Réalisation d'une ACV

L'évaluation environnementale d'un produit ou d'un système se base actuellement très souvent sur la réalisation d'une ACV (ou analyse de cycle de vie).

« L'ACV, au sens des normes ISO 14040 et 14044, est une méthodologie d'évaluation quantitative globale de la pression du système étudié sur les ressources et l'environnement tout au long de son cycle de vie, de l'extraction des matières premières jusqu'à son traitement en fin de vie. »¹ A l'aide de la méthode de calcul des normes internationales ISO 14040 et 14044 et de principes (comme la traçabilité et la transparence), l'ACV est basée sur un inventaire des sources d'impact : consommation de matières premières, utilisation d'eau, d'énergie, génération de déchets, de polluants (dans l'eau, l'air, le sol)... On peut diviser le processus à effectuer en 4 étapes :

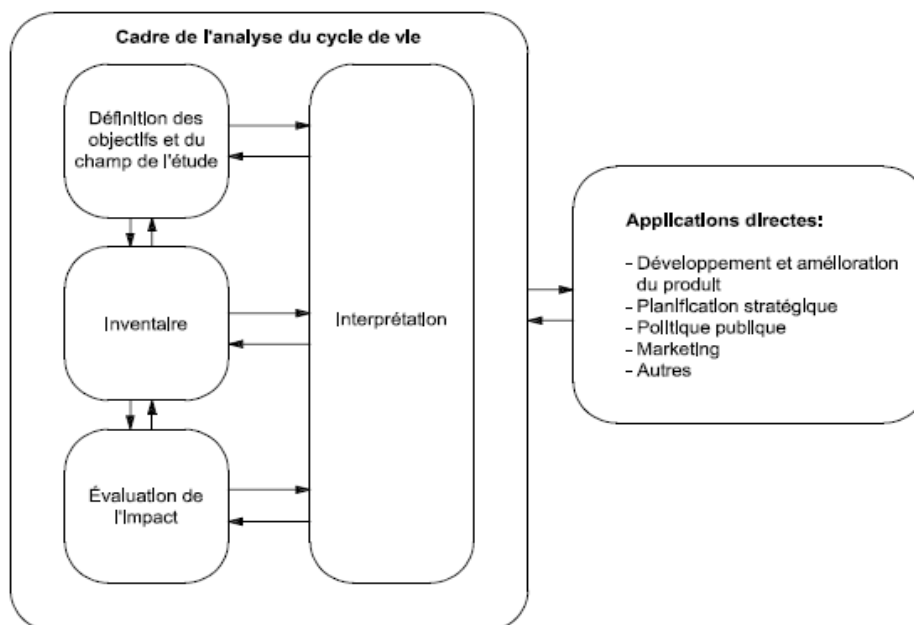


Figure 1 : Les 4 étapes dans la réalisation d'une ACV

Les étapes d'une ACV nous sont expliquées par Pierre Crettaz et Olivier Jolliet.² Pour de plus amples informations, le lecteur peut se référer à leur ouvrage.

¹ CORNILLIER Claire et VIAL Estelle, *L'Analyse de cycle de vie (ACV) appliquée aux produits bois : bilan énergétique et prise en compte du carbone biomasse*, s.l., 2008, p. 2.

² CRETZAZ Pierre et JOLLIET Olivier, *Analyse environnementale du cycle de vie. De la critique à la réalisation d'un écobilan*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, Version 3, 06-02-2001.

1.2.1.1. La définition des objectifs et du système

La première étape, “la définition des objectifs et du système” précise tout d’abord des informations sur l’étude réalisée (but de l’étude, public visé et acteurs de l’étude). Il faut ensuite définir la fonction du produit ou du système étudié. A partir de cette fonction, on peut déterminer des flux de référence et l’unité fonctionnelle (UF qui est une unité “mesurable et additive” et qui sera la même dans tous les scénarios étudiés). On donnera aussi la définition du système de production et ensuite les limites du bilan (ou portée de l’étude). Ces dernières peuvent dans un premier temps être déterminées par une approche simplifiée (=“streamlining”).

« La fonction : La fonction est ce qui va permettre de comparer différents produits entre eux et de définir correctement les frontières du système de l’étude.

Ex : La fonction d’une peinture est de protéger et colorer un mur.

L’unité fonctionnelle : L’unité fonctionnelle est la quantification de la fonction. C’est à partir de cette unité qu’il est possible de comparer différents scénarii ou différents produits.

Ex : L’unité fonctionnelle d’une peinture est de couvrir 1m² de mur pendant 5 ans

Le flux de référence : Le flux de référence désigne la quantité du produit analysé et des produits ou matières utilisés par celui-ci nécessaires pour répondre aux besoins de l’unité fonctionnelle.

Ex : - pour une peinture de qualité, on aura besoin de 2 couches en 5 ans soit 5kg

- pour une peinture de moindre qualité, on aura besoin de 3 couches en 5 ans soit 7kg

- pour un papier peint mural, 2m² de papier + 100g de colle

Les frontières du système : Définir les frontières du système revient à définir les limites de l’étude. Généralement les étapes qui sont considérées sont les suivantes :

- Acquisition des matières premières et sources d’énergie

- Transport et distribution

- Les étapes de la production

- L’utilisation du produit »¹

1.2.1.2. L’inventaire des émissions et des ressources utilisées

La deuxième étape “l’inventaire des émissions et des ressources utilisées” est la « description quantitative des flux de matière, énergie, polluants qui traversent les limites du système.(...) De façon générale, ces flux se calculent à partir des flux de référence des scénarii à l’aide de facteurs d’émissions contenus dans des bases de données ou en effectuant directement le bilan de masse du procédé étudié. »² Il est nécessaire d’indiquer la qualité des données par un facteur d’erreur.

1.2.1.3. L’analyse de l’impact environnemental

Il n’existe pas de méthode de référence pour la troisième étape : “l’analyse de l’impact environnemental”. Il est toutefois nécessaire de rester cohérent dans le choix des critères pour la comparaison des différents impacts avec la mise en place ou non d’une pondération. La norme ISO 14042 définit trois “domaines de protection”: la santé humaine, l’environnement naturel et les ressources naturelles auxquels sont venus se rajouter “l’environnement anthropogène”³ et ensuite les équilibres climatiques comme domaine à protéger pour lui-même.⁴ Une structure générale par étapes et une série de critères à respecter qui se veulent explicites et cohérents sont proposées dans l’ouvrage de P. Crettaz et O. Jolliet.

¹ TRACHTE Sophie et DE HERDE André, Élaboration d’un outil d’aide à la conception de maisons (...), p. 18.

² CRETZAZ Pierre et JOLLIET Olivier, *Analyse environnementale*(...), p. 43.

³ L’environnement anthropogène vise la protection des ouvrages humains.

⁴ Ces deux domaines supplémentaires ont été ajoutés par DE HAES Udo et al. respectivement en 1997 et 2001.

1.2.1.4. L'interprétation

La quatrième et dernière partie "l'interprétation" peut être quantitative ou qualitative. Elle sert à analyser les résultats obtenus et à détailler les incertitudes pour déterminer sur quelles étapes il faut intervenir en priorité pour diminuer l'impact environnemental du système ou produit étudié. On peut soit essayer de diminuer la consommation de ressource ou d'énergie, soit essayer de diminuer les émissions.

1.2.2. Application de l'AVC aux produits bois

Apparue dans les années 70, la méthode de l'ACV a été conçue pour les produits issus de ressources fossiles et non biomasses. Comme nous l'expliquent C. Cornillier et E. Vial, l'application au matériau bois apporte donc de nombreux éléments difficiles à prendre en compte comme: l'étape de sylviculture, le captage de CO₂, la séquestration de carbone temporaire, la prise en compte du carbone biomasse, les régulations des gaz à effet de serre, le caractère renouvelable de la ressource, le maintien de la biodiversité, la lutte contre la désertification, l'économie de ressources fossiles, la valorisation en fin de vie comme matière première secondaire ou comme énergie. De plus, une gestion durable des forêts peut augmenter leurs surfaces tandis qu'une mauvaise gestion peut avoir des effets dévastateurs inverses.¹ Toutes ces questions n'ont actuellement pas de réponses, toutefois, la norme française NF P01-010 (évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des produits de construction) met des « limites pour tenir compte des spécificités des produits d'origine végétale ». ²

Pour faciliter le calcul, certains voudraient imposer comme hypothèse la neutralité des flux de carbone. Pourtant, « la prise en compte du carbone biomasse pourra au contraire permettre de différencier un produit en bois exotique issu de forêts gérées de manière durable par rapport à un produit issu de la déforestation qui ne pourra prétendre à un prélèvement de CO₂. » ³ L'ISO 14040 prend bien en compte tous les intrants et extrants et ne néglige en aucun cas les flux de carbone. Les bases de données comme ELCD ou ecoinvent (que nous utiliserons ici) prennent également en compte ces flux. « La non-prise en compte des émissions et prélèvements liés au carbone biomasse peut conduire à des conclusions contre-productives pour la lutte contre le changement climatique. » ⁴ Toutefois, cette prise en compte nécessite des précautions :

- Un inventaire exhaustif
- La différenciation des flux d'origine biomasse et d'origine fossile
- La vérification de l'égalité [Intrants (prélèvement de CO₂ + stock C dans les matières premières) = Sortants (émissions CO₂ + émissions CH₄ + émissions CO + autres émissions de composés carbonés d'origine biomasse + stock C dans les produits)]. On peut alors, dans certains cas, arriver à un indicateur de changement climatique négatif (effet bénéfique sur l'environnement).

Actuellement, la FCBA⁵ et le CSTB⁶ sont en réflexion pour prendre en compte le stockage temporaire dans les ACV et proposer un indicateur de stockage de carbone dans le produit. Le Bilan Carbone de l'ADEME⁷ comptabilise le carbone en négatif si le bois provient d'une forêt replantée et si la durée de vie du bois est longue (ex : bois d'œuvre).⁸

¹ CORNILLIER Claire et VIAL Estelle, *L'Analyse de cycle de vie (...)*, p. 2-4.

² CORNILLIER Claire et VIAL Estelle, *L'Analyse de cycle de vie (...)*, p. 4.

³ CORNILLIER Claire et VIAL Estelle, *L'Analyse de cycle de vie (...)*, p. 12.

⁴ RABLE Ari, BENOIST Anthony, DRON Dominique, PEUPORTIER Brunon, SPADARO Joseph V., ZOUGHAID Assaad, *International LCA Journal*, 2007.

⁵ La FCBA est l'Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement en France.

⁶ Le CSTB est le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment en France.

⁷ L'ADEME est l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie en France.

⁸ Pour plus d'informations concernant le Bilan Carbone : <http://www.associationbilancarbonate.fr>

1.3. Les outils employés

En plus des études et outils liés aux matériaux bois, il existe un tas d'outils liés à l'évaluation environnementale des matériaux de construction en général. Un inventaire de ceux-ci étant rébarbatif, nous ne présentons que les outils employés dans le cadre de ce mémoire. La plupart des comparaisons réalisées vont se baser sur les données du fichier suisse « Données des écobilans dans la construction » souvent surnommé « fichier KBOB ». Nous présentons également les fiches de déclarations environnementales et sanitaires de produits (FDES) françaises qui nous ont permis d'obtenir des données concernant le traitement du bois.

1.3.1. La base de données ecoinvent

Cette base de données suisse « est le leader international dans le domaine des données d'écobilan. »¹ Elle rassemble 4000 enregistrements basés sur des inventaires de cycles de vie² concernant l'énergie, les matériaux, le traitement des déchets, les processus agricoles...³ Toute une série de logiciels et fichiers se basent sur cette banque de données (logiciel SimaPro, fichier KBOB...)

1.3.2. L'INIES et les déclarations environnementales et sanitaires de produits

La norme française NF P01-010 de décembre 2004 « permet de déclarer les caractéristiques environnementales et sanitaires d'un produit de construction sous forme d'une fiche de déclaration environnementale et sanitaire (FDES). »⁴ Celles-ci sont des bilans environnementaux détaillés des matériaux de construction. Pour mettre en place ces fiches, il faut procéder à une analyse de cycle de vie et des essais spécifiques sur les matériaux.

Les données concernant le traitement des bardages n'étant pas disponibles dans le fichier KBOB, elles sont en partie tirées d'une FDES française. Ces fiches sont mises à disposition sur le site internet de la base de données INIES (base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction). Fournies par les fabricants ou syndicats professionnels, elles sont contrôlées par le comité technique INIES.⁵ La fiche utilisée⁶ a été réalisée sur base des données d'ecoinvent et de TEAM.⁷

1.3.3. Le fichier « Données des écobilans dans la construction »

Le fichier « Données écobilans dans la construction » surnommé fichier KBOB en libre accès sur internet, est la principale source de données que nous utilisons. Il a été élaboré principalement par la Coordination des services fédéraux de la construction et de l'immobilier

¹ ESU-services, fair consulting in sustainability, *La base de données ecoinvent*, s.d. [en ligne, 25-12-2011] <http://www.esu-services.ch/fr/banque-de-donnees/ecoinvent/>

² Sur les 4000 ACV, 900 ont été établies par Esu-services.

³ ESU-services, (...) [en ligne, 25-12-2011] <http://www.esu-services.ch/fr/banque-de-donnees/ecoinvent/>

⁴ Comité technique de la base INIES, *Mieux comprendre la partie environnementale des déclarations environnementales et sanitaires des produits de construction selon la norme NF P01-010*, Document CTIB n°10, Version 1, Juillet 2005.

⁵ INIES, [en ligne, 25-12-2011] <http://www.inies.fr/IniesConsultation.aspx>

⁶ Etablie par le CSTB à partir des informations de la société Blanchon, Fiche de déclaration environnementale et sanitaire. Peinture bois très longue durée. Environnement, Janvier 2009.

⁷ Selon M. Pierre Ravel, Ingénieur d'études et de recherche au CSTB et vérificateur FDES, e-mail du 05-01-2012.

(KBOB), l'Association des maîtres de l'ouvrage publics Suisse (eco-bau) et leurs partenaires. Ces deux associations suisses ont pour but principal d' "économiser les ressources tout en améliorant la qualité".^{1 2} Leurs actions sont multiples. Le fichier KBOB présenté sous format Excel a été réalisé grâce aux chiffres retravaillés de la base de données suisse ecoinvent. Il est remis à jour tous les ans. Nous nous basons ici sur la version 2009/1.

La section qui suit présente plus en détail le fonctionnement du fichier KBOB ainsi que les limites du système.

1.4. Le fichier « Données des écobilans dans la construction » ou KBOB

Nous nous basons sur des données suisses car il n'existe actuellement pas de base de données d'impact environnemental des matériaux de construction propre à la Belgique. Les ordres de grandeur entre Suisse et Belgique sont sensiblement les mêmes, toutefois, il en résulte une marge d'erreur à garder à l'esprit.

1.4.1. Son fonctionnement

Le fichier KBOB se présente sous la forme d'un tableur Excel qui comprend 5 feuilles : explications, matériaux, techniques, énergie et transport.

1.4.1.1. Feuille matériaux

La feuille matériaux est divisée en sous-catégories de matériaux de construction (ex : béton, pierre de taille, mortiers et enduits...). Nous nous intéressons ici à la catégorie "Bois et produits en bois". Pour chaque matériau, le tableau nous donne différentes valeurs :

Unité	UBP			Energie primaire						Emissions de gaz à effet de serre			Référence
				globale			Energie grise (non renouvelable)						Dimension
	Total -	Fabrication -	Elimination -	Total MJ	Fabrication MJ	Elimination MJ	Total MJ	Fabrication MJ	Elimination MJ	Total kg	Fabrication kg	Elimination kg	

Figure 2

Généralités

Comme nous l'avons expliqué dans le chapitre concernant la réalisation d'ACV, il est nécessaire d'imposer des limites au système. Il est donc nécessaire de savoir ce qui est réellement compris dans chaque donnée présentée dans le logiciel. Par exemple :

- Les valeurs se trouvant dans le fichier KBOB pour les matériaux bois supposent que les forêts dont ils sont issus sont gérées durablement.
- Les données s'appuient sur une part de recyclage présente dans le matériau plus ou moins actuelle valable pour la Suisse.
- La fin de vie des matériaux n'est pas prise en compte.

¹OFCL, conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics [en ligne, 25-12-2011] <http://www.bbl.admin.ch/kbob/index.html?lang=fr>

²Eco-bau, *Données des écobilans*, juillet 2011 [en ligne, 25-12-2011] <http://www.eco-bau.ch/index.cfm?Nav=20#CustomDetails90>

Emission de gaz à effet de serre

« L'effet de serre évalue les effets cumulés de différents gaz à effet de serre par rapport à la substance principale qu'est le CO₂. (...) L'effet de serre est un indice du réchauffement climatique. Il n'est pas comparable avec l'émission de CO₂. »¹

Energie primaire (énergie grise non renouvelable)

L'énergie non renouvelable est le cumul de l'énergie issue des combustibles fossiles, de l'énergie nucléaire ainsi que du bois issu du déboisement des forêts primaires. « Les différences dans l'appréciation des vecteurs énergétiques provoquent des écarts dans les données. »²

Energie primaire globale

L'énergie primaire globale est la somme de l'énergie primaire renouvelable et de l'énergie primaire non renouvelable. « Les sources d'énergie renouvelable comprennent la force hydraulique, le bois/ la biomasse (sans déboisement de forêts primaires), l'énergie solaire, éolienne, géothermique et environnementale. »³

Les écopoints ou umweltbelastungspunkte (UBP)

Les UBP agrègent les 3 indicateurs présentés précédemment mais intègrent également le facteur de raréfaction des ressources en tenant compte des « charges environnementales résultant de l'utilisation des ressources énergétiques, de la terre et de l'eau douce, des émissions dans l'air, l'eau et le sol, ainsi que de l'élimination des déchets. »⁴ Les UBP sont basés sur une évaluation globale fondée sur la méthode de la saturation écologique. Celle-ci comprend une pondération des facteurs. Les résultats sont exprimés en écopoints (c'est-à-dire en indices de charge polluante).⁵

En ce qui concerne la fabrication du matériau, les UBP prennent en compte :

- la préparation de toutes les matières initiales déterminantes, à partir de l'extraction
- la fourniture de l'énergie requise pour la fabrication et le transport, à compter de l'extraction des matières premières
- la fourniture et l'élimination de l'infrastructure (fabriques, routes...)
- toutes les émissions engendrées.

En ce qui concerne l'élimination du matériau, ils prennent en compte :

- les travaux de démolition, y compris l'énergie de production et de transports ainsi que les émissions
- la fourniture de l'infrastructure pour tous les travaux de démolition
- l'élimination dans des décharges ou le recyclage.⁶

Ils ne prennent par contre pas en compte le transport de la fabrique jusqu'au chantier, le traitement sur le chantier et l'entretien éventuel pendant l'utilisation.⁷

¹ Recommandation. Construction durable. Donnée des écobilans dans la construction 2009/1, KBOB, Ecobau, IPE, mars 2010, p. 6.

² Recommandation. Construction durable. (...), KBOB, Ecobau, IPE, mars 2010, p. 6.

³ Idem

⁴ Idem

⁵ Recommandation. Construction durable. (...), KBOB, Ecobau, IPE, mars 2010, p. 1.

⁶ Idem

⁷ Idem

1.4.1.2. Feuille technique

La feuille nommée “technique” reprend les impacts environnementaux de quatre catégories : les installations de chauffage, la ventilation, les installations sanitaires et les installations électriques. Elle ne sera pas prise en compte dans le cadre de ce mémoire.

1.4.1.3. Feuille énergie

- « Les flux de matière et d’énergie portent sur :
- la fourniture des agents énergétiques, depuis l’extraction des matières premières
 - la fourniture et l’élimination de l’infrastructure
 - toutes les émissions
- Pour l’énergie utile sont compris en plus :
- le taux d’utilisation de la chaleur
 - la fourniture et l’élimination des installations de chauffage. »¹

1.4.1.4. Feuille transport

Nous trouvons dans cette feuille, différentes valeurs pour différents types de transports (ex : train de marchandises, hélicoptère, navire de haute mer...).

Unité	UBP				Energie primaire								Emissions de gaz à effet de serre				Référence						
					globale				Energie grise (non renouvelable)								Dimension						
	Total	-	Exploitation	-	Véhicule	-	Infrastructure	-	Total	MJ	Exploitation	MJ	Véhicule	MJ	Infrastructure	MJ	Total	kg	Exploitation	kg	Véhicule	kg	Infrastructure

Figure 3

- « Les flux de matière et d’énergie comprennent :
- la fourniture des agents énergétiques, depuis leur extraction
 - la fourniture et l’élimination de l’infrastructure (fabriques, rails, routes, places d’aviation, moyens de transport,...)
 - le taux d’utilisation des moyens de transport
 - toutes les émissions »²

Grâce au fichier KBOB, il est possible de calculer l’impact du transport d’un produit en tenant compte de la masse de produit transporté, du type de carburant employé, du nombre de kilomètres parcourus et du type d’engin employé. L’unité de base est la tonne-kilomètre (tkm) qui correspond au transport d’une tonne de marchandise sur un kilomètre.

1.4.2. Résumé

Voici un schéma tentant de présenter les limites du système imposées aux ACV du fichier KBOB. Ce schéma a été réalisé sur base de l’introduction au fichier KBOB³ et des informations complémentaires envoyées par Rolf Frischknecht, notre contact à l’ESU-services (base de données ecoinvent).

¹ Recommandation. Construction durable. (...), KBOB, Ecobau, IPE, mars 2010, p. 3.

² Idem

³ Idem

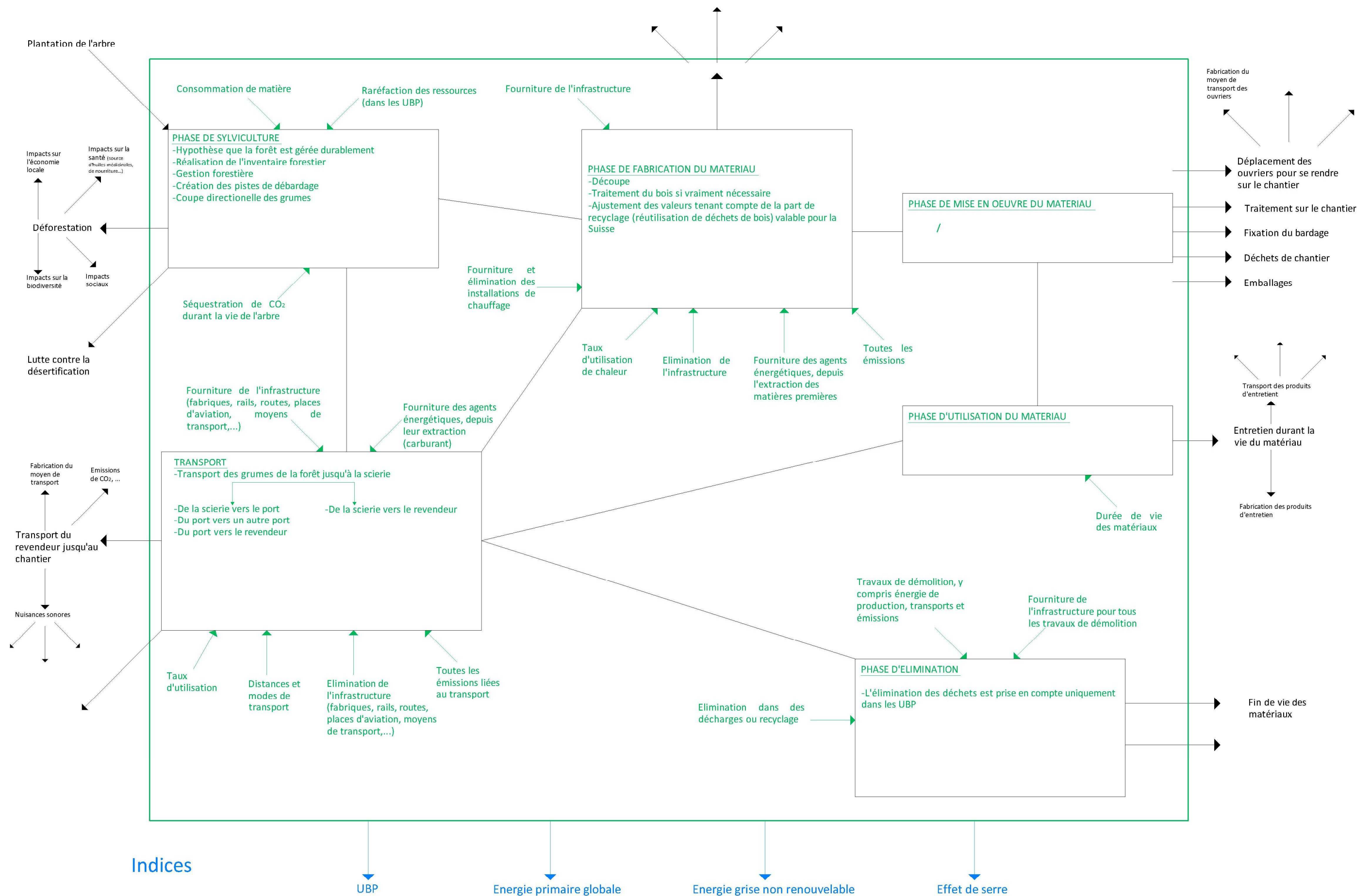


Figure 4: Limites de la base de données ecoinvent et du fichier KBOB pour les matériaux bois

Chapitre 2

Carte normatif et évolutions

Après avoir brièvement introduit les outils d'analyse de cycle de vie, nous abordons ici le cadre légal qui touche à notre sujet.

2.1. Normes sur les calculs d'énergie grise

Il n'existe actuellement pas de normes qui définissent clairement ce que recouvre le concept d'énergie grise et encore moins qui définissent son calcul. Les calculs d'énergie grise dépendent des limites imposées par la personne qui calcule elle-même. Cette absence de législation rend les comparaisons entre les diverses banques de données compliquées vu la prise en compte de paramètres différents à chaque fois.

Pour le moment, uniquement « La série de la norme ISO 14 040 fournit de la documentation pour chacune des étapes de l'ACV (de 14 040 à 14 049). Dans le cadre de l'énergie grise, c'est la norme 14 041 la plus intéressante car elle définit l'objectif, le champ d'étude et l'analyse d'un inventaire. »¹

La Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA) vient également de terminer la norme suisse SIA 2032 dédiée à l'énergie grise. Ce cahier technique a pour but de « permettre le calcul de l'énergie grise selon des principes homogènes et sur la base de données comparables. Les résultats des calculs de l'énergie grise des bâtiments doivent être reproductibles et comparables. Le cahier technique a également pour objet de contribuer à la sensibilisation sur la question et à une plus large diffusion de ces calculs. Il s'adresse en premier lieu aux concepteurs. Il leur fournit une méthode d'évaluation et de calcul simple et adaptée. »²

2.2. Normes applicables aux bâtiments

Depuis le 1er septembre 2008, il existe en Région wallonne, la nouvelle réglementation sur les Performances Energétiques des Bâtiments (PEB). Cette réglementation concerne les performances de l'enveloppe (valeurs U...) pour améliorer le rendement énergétique de fonctionnement du bâtiment. Il n'existe encore rien en ce qui concerne l'énergie grise des bâtiments. On peut toutefois supposer que la prochaine étape en ce qui concerne les économies d'énergie ne va plus toucher uniquement les performances énergétiques de l'enveloppe mais va aller jusqu'à imposer des performances concernant l'énergie grise des matériaux choisis.

D'après L. Delem, chercheuse au CSTC, il n'est pas encore question de réglementations concernant l'énergie grise des bâtiments. Avant d'envisager une telle imposition, il faut se munir d'outils cohérents (calculs d'ACV unifiés, logiciels performants, banques de données communes...). Dans un premier temps, il est donc actuellement question au niveau européen d'uniformiser les calculs des ACV et la présentation des résultats de ceux-ci. La EN 15978 et EN

¹ FRANCOIS Julie, *Energie grises (...)*, p. 28.

² Société suisse des ingénieurs et des architectes, *norme SIA 2032. L'énergie grise des bâtiments*, Zurich, édition 2010, p. 4.

15804 viennent de passer en vote final. Leurs publications sont prévues respectivement pour février 2012 et juin 2012.¹

2.3. Normes relatives aux bardages

Au niveau des bardages, il existe plusieurs normes européennes transposées en droit belge. Les plus citées sont ²:

- La EN 13 647 qui date de 2011 et détermine les caractéristiques géométriques des « planchers en bois et lambris et bardages en bois ».
- La EN 14519, « Lambris et bardages en bois massif résineux, Profils usinés avec rainure et languette », qui date de 2006. Elle prescrit les caractéristiques des lambris et bardages en bois massif usinés à partir des essences résineuses européennes les plus communes (épicéa, pin, mélèze, douglas européen et pin maritime).³
- La EN 14915, « Lambris et bardages en bois - Caractéristiques, évaluation de conformité et marquage ».
- La EN 14951, « Lambris et bardages en bois massif - Profils usinés feuillus avec rainure et/ou languette ».
- La EN15146 « Lambris et bardages en bois massif - Profils usinés résineux sans rainure et languette »⁴ parue en 2007. Ces normes sont des prescriptions au niveau des matériaux. Aucune norme en tant que telle ne concerne la pose des bardages.

Toutefois, au mois de décembre 2011, est également parue en Belgique une note d'information technique du CSTC (la NIT 243)⁵ qui traite de la mise en œuvre des « revêtements de façade en bois et en panneaux à base de bois ». Les notes du CSTC, bien que n'étant pas des lois, définissent selon M. Montariolo⁶ un cadre de bonne pratique qu'il convient de respecter.

Chaque pays possède également ses normes spécifiques. Par exemple, selon M. Jürg Fischer⁷, les normes suisses concernant les bardages sont la SIA 265 "Timber structures" et la SIA 265/1 "Timber structures – Supplementary specifications". En France, les bardages répondent également à des normes ainsi qu'au DTU 41.2 (Document Technique Unifié) « Revêtements extérieurs en bois »...

¹ *Développement durable dans la construction : AFNOR/P01E*, janvier 2012 [en ligne, 13-01-2012]
http://www2.afnor.org/espace_normalisation/structure.aspx?commid=1240

² NBN Standards for .be, 31-02-2012 [en ligne, s.d.] <http://shop.nbn.be>

³ « Valorisation du douglas en bois de structure et bardages : impact de la vitesse de croissance des arbres », dans *forêt wallonne*, janvier / février 2009, n° 98, p. 34.

⁴ CTBA, Parquets, lambris, bardages et revêtements de sol. Rapport de situation de la normalisation, janvier 2006.

⁵ CHARRON S. et al., *NIT 243. Les revêtements de façade en bois et en panneaux à base de bois*, CSTC, Bruxelles, décembre 2011.

⁶ Contact au CSTC, entretien téléphonique du 02-02-2012

⁷ Dipl. Bauing. FH, Mediator SDM, e-mail du 03-01-2012.

Conclusion

Cette première partie nous a permis de cadrer les concepts mais surtout le déroulement d'une analyse de cycle de vie valable pour tout matériau de construction. Nous remarquons qu'il est important de perpétuellement garder à l'esprit que toute donnée chiffrée comporte des limites dans les éléments pris en compte. Celles-ci varient d'un auteur à un autre, d'un outil à un autre...

La connaissance des limites de la base de données écoinvent (sur laquelle se base le fichier KBOB) est donc essentielle pour savoir où s'arrête l'évaluation qui va suivre.

La présentation du fichier KBOB nous permettra également de comprendre la manière dont les calculs d'impacts environnementaux vont être réalisés dans cette présente étude. C'est sur base de ces calculs que nous allons comparer les 5 essences de bois de bardage.

Après avoir présenté les outils concepts et normes générales, nous entrons, dans la partie suivante, plus précisément dans le sujet. Celle-ci concerne le bois, le bardage et les 5 essences à comparer. Un inventaire des éléments entrant dans la comparaison est dressé.

Partie 2

Le bardage bois

Spécificités du matériau et présentation des cas

Introduction

Pourquoi le bois ?

« Le bois est la seule ressource naturelle totalement renouvelable : une ressource produite dans les usines des plus écologiques qui soient, à savoir les forêts du monde. »¹

De nombreux a priori existent à propos de l'utilisation du bois. Comme expliqué précédemment, même lors de la réalisation d'ACV, certains avantages ou désavantages essentiels des produits bois sont négligés et faussent les résultats obtenus ou du moins ne permettent pas une comparaison fiable des produits. C'est donc, en premier lieu, pour obtenir des résultats précis qui tiennent compte, par exemple, de l'origine du bois que nous avons choisi de nous diriger vers l'étude de ce matériau.

Pourquoi le bardage ?

Tout d'abord, le choix de ce sujet s'est porté sur la comparaison des bois indigènes et tropicaux. En Belgique, pour un usage structurel, les résineux indigènes conviennent parfaitement ; les bois tropicaux ne sont donc pas utilisés.² Il n'est par conséquent pas cohérent de comparer les bois indigènes et tropicaux pour un usage en bois de structure. Par ailleurs, de nombreux bois tropicaux, indigènes et autres sont utilisés en revêtement de façades.

Les bardages bois ne représentent qu'une faible part de l'utilisation de bois dans la construction car, comme M. H. Frère l'explique, un bardage en bois est constitué de lames de faible épaisseur (min 15 mm, en moyenne 22 mm). On sait donc déjà réaliser 1m³ de bois de bardage avec 30 à 40 m² de forêt. L'impact du bardage dans le bilan environnemental global d'une construction est donc à relativiser.

Toutefois, le bois de bardage est un bon indicateur de l'impact environnemental du bois qui peut être comparé à l'impact des menuiseries extérieures, des terrasses, du mobilier de jardin... Les performances du bois utilisé à l'extérieur étant davantage mises à l'épreuve que celles de celui se trouvant dans l'enveloppe du bâtiment, la différence entre les bois indigènes et les bois exotiques se marque d'autant plus.

Introduction

Avant d'enter, à proprement parler, dans les résultats des comparaisons des 5 essences de bois, il est nécessaire de présenter les différents éléments qui influent l'analyse de cycle de vie ainsi que les hypothèses posées. Cette partie va donc présenter les différents paramètres qui entrent en compte dans les calculs. Nous commencerons par la gestion durable des forêts, ensuite viendront les aspects plus techniques du bois (masse volumique, épaisseur du bardage...) et nous finirons par la présentation des 5 bâtiments qui serviront de base à nos calculs.

¹ RAMAEKERS Geert, *Manuel construire avec du bois FSC. De la conception à la réalisation*, FSC-Belgique, Belgique, 2009.

² DI STACIO Lucia, *Aspects socio-économiques et environnementaux de l'utilisation de bois indigènes (...)*, p. 79.

Chapitre 1

Spécificités du matériau bois et choix des essences

1.1. Les forêts

1.1.1. Pourquoi une gestion durable des forêts ?

Essentiellement à cause des mauvaises gestions forestières, « chaque année, plus de 13 millions d'hectares de forêts disparaissent dans le monde, principalement dans les régions tropicales ».¹ Actuellement, un nombre croissant de grandes exploitations forestières mondiales se lancent dans un plan de gestion durable. Malheureusement, pour les petites exploitations (en Afrique centrale, par exemple), la tentation d'évoluer dans le domaine illégal est beaucoup plus grande en raison d'un coût d'investissement trop important (élaboration d'un inventaire et d'un plan d'aménagement coûteux...).² Pour contrer cela, l'Union Européenne a mis au point le programme FLEGT³ qui vise entre autres à stopper toutes les importations illégales en Europe. L'idée de ne plus acheter ni même importer des bois d'origine illégale est largement répandue mais n'est peut-être pourtant pas toujours justifiée. Comme nous l'expliquait si bien l'exposition Africasylves organisée à la Faculté agro-bio-tech de Gembloux : « Vouloir prohiber l'exploitation du bois tropical revient à priver les pays du Sud d'une ressource économique indispensable à leur développement. Le risque est alors grand d'assister à la conversion de ces espaces uniques en d'autres usages qui s'avèreraient finalement bien plus lucratifs et néfastes pour l'environnement (plantations en vue de la production de biocarburants, par exemple). » La solution, selon certains, est surtout d'inciter à la gestion durable des forêts.

1.1.2. Le label FSC

Pour garantir la provenance durable d'un produit de la filière bois, on peut notamment se fier aux labellisations de la FSC ("Forest Stewardship Council"), une organisation internationale, indépendante, sans but lucratif. Les certifications FSC concernent toutes les régions du monde. « A la mi-2009, quelque 118 millions d'hectares de forêts étaient certifiés FSC dans 81 pays du monde. »⁴ Cela comprend des forêts boréales, tropicales, tempérées (ici en Belgique)... Une carte des pays dans lesquels FSC est actif est disponible en annexe 2. Pour qu'une forêt soit labellisée FSC, elle doit répondre à 10 principes (qui sont adaptables en fonction de la spécificité de la région ou du pays). Ces 10 principes se retrouvent en annexe 3.

Il n'y a pas que la forêt qui doit être certifiée FSC. Tous les maillons de la chaîne de commercialisation ('Chain of Custody' CoC) sont labellisés et contrôlés annuellement par un auditeur externe. Cela s'appelle la traçabilité des produits (du berceau à la tombe). Malheureusement, les intermédiaires achètent souvent en gros chez plusieurs fabricants puis revendent séparément ; il est donc parfois impossible de retrouver la source. Le bassin du Congo (la plus grande réserve après l'Amazonie) étant faiblement industrialisé, il existe peu de

¹ DEBECKER Maarten, GOYENS Geertrui, HOLVOET Bart, JUSTIN Stéphan, *Manuel construire avec du bois FSC. De la conception à la réalisation*, FSC-Belgique, Belgique, 2009, p. 52.

² FERNHOLZ Kathryn, *Forest Certification : A Statut Report*, Dovetail Partner Inc., Minneapolis, 23-03-2010.

³ FLEGT est un plan d'action de l'UE qui signifie "Applications des réglementations forestières, Gouvernance et Echanges commerciaux" et qui vise à combattre l'exploitation illégale des forêts. *Application des réglementations forestières, gouvernance et échange commerciaux. Qu'est-ce que FLEGT?*, Note d'Information 01, mars 2007.

⁴ DEBECKER M., GOYENS G., HOLVOET B., JUSTIN S., *Manuel construire avec du bois FSC (...)*, p. 9.

transformations sur place. La traçabilité du bois brut est donc plus simple que dans d'autres pays comme en Asie du Sud-est où les bois sont souvent acheminés vers la Chine qui les reçoit mélangés et les transforme avant de les vendre.¹

Les freins à l'utilisation du bois FSC sont, premièrement, la grande difficulté à le trouver chez les fournisseurs. Les parts de marché du bois FSC augmentent pourtant d'année en année. En 2007, 13% des importations de bois en Belgique étaient des bois FSC. En 2009, 450 entreprises possédaient le Certificat CoC du FSC dans notre pays. Deuxièmement, les bois FSC sont généralement 9 à 14% plus chers que les bois provenant de coupes illégales.² De plus, il faut rester prudent et ne pas considérer trop vite que les labels dont le FSC donnent une garantie totale. Il ne faut pas oublier que la corruption est encore et toujours bien présente surtout dans les pays pauvres d'où proviennent les bois tropicaux comme l'Indonésie, le Cameroun, le Congo...

Le danger de l'utilisation des labels est de considérer que les principes sur lesquels ils reposent sont totalement respectés, ce qui nous donne une confiance aveugle et parfois injustifiée en ces petits logos.

1.1.3. Le label PEFC

Le label PEFC (Pan European Forest Certification Council) a été élaboré en 1998 à l'initiative de propriétaires forestiers européens en contrepoids au label FSC dans le but d'être plus adapté aux petites exploitations d'Europe occidentale (moyenne de 3 à 7 ha). Selon Sylvain Angerand des "Amis de la terre", la certification PEFC est née du besoin des industriels européens d'être reconnus par un label mais ne garantit en rien que les propriétaires forestiers font bel et bien des efforts supplémentaires. Une enquête a été menée par ce dernier et il semble que recevoir le label PEFC dépend plutôt du paiement d'une inscription que d'un véritable suivi des pratiques forestières!³

Depuis 2003, le label PEFC se développe mondialement et est devenu le "Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes". Ce label mondial permet maintenant de rassembler des petits labels existant aux 4 coins du monde sous le nom de PEFC.⁴ L'octroi du label est normalement, tout comme le label FSC, surveillé par des auditeurs indépendants. Il convient toutefois encore ici de rester prudent par rapport à ce qui se cache derrière les beaux principes. Toujours selon Sylvain Angerand, les organisations indépendantes ne sont pas toujours si indépendantes que cela... De plus, certains exploitants forestiers pèsent de tout leur poids pour faire évoluer les critères en leur faveur, critères qui ne sont, de toute façon, pas toujours respectés malgré la labellisation.

1.1.4. Autres labels

Outre les labels les plus connus, FSC et PEFC, il existe actuellement de plus en plus d'autres labels qui visent l'exploitation durable comme : CSA, LEI, MTCC, SFI, PAFC... ou qui indiquent un caractère légal du produit : OLB, VLO, TLTV... Il existe également des "documents officiels des autorités", voire des labels créés par les entreprises elles-mêmes... Par rapport à cette profusion de labels, il convient de rester prudent, de se renseigner sur leur

¹ MATHIEU Clémence, « Bois exotiques FSC. La traçabilité émerge en Afrique », dans *EcologiK*, mai-avril 2009, n°08, p. 16-17.

² DEBECKER M., GOYENS G., HOLVOET B., JUSTIN S., *Manuel construire avec du bois FSC (...)*, p. 6-9.

³ ANGERAND Sylvain invité par STEGASSY Ruth, *Certification Bois*, Emission Terre à Terre, France culture, 09-10-2010.

⁴ Une carte des pays des lesquels le PEFC est actif se trouve en annexe 4.

signification et sur les garanties apportées... Nous ne pouvons toutefois pas construire une réflexion en partant sur l'incertitude de la véracité des labels. Nous considérons donc dans ce mémoire, que les bois utilisés sont bel et bien issus de forêts gérées durablement.

Dans tous les cas, il convient de savoir que ce n'est pas vraiment le bois qui est suivi mais un pourcentage. Si, par exemple, 10% de bois PEFC entrent dans l'usine Stabilame annuellement, l'entreprise ne peut vendre que 10% de bois labellisé à la sortie.

Il faut également se rendre compte que les labels ont été créés pour valoriser la filière bois par rapport, par exemple, à d'autres filières très polluantes comme le PVC. En effet, la filière PVC avance parfois comme argument qu'elle est plus écologique que la filière bois car le bois est issu de la déforestation.

1.1.5. La filière bois et les limites de la traçabilité

Au cours de nos recherches, nous avons remonté différentes filières pour retrouver la provenance des 5 essences de bois étudiées. La tâche a évidemment été assez aisée en ce qui concerne les bois belges.

Pour les bois importés, par contre, cela c'est avéré très complexe. Tout d'abord, les propriétaires n'étaient pas au courant de la provenance de leur bardage. Ensuite, les scieries et les revendeurs n'ont pu que nous donner de grandes tendances concernant les pays d'origine. Pour obtenir des données plus précises, nous avons donc contacté, selon les cas, les importateurs, le port d'Anvers, des associations diverses dans les pays d'origine, les ambassades et consulats... Même au niveau du port d'Anvers, les données sont très partielles et ne concernent pas les bois transportés en containers¹. Nous avons finalement obtenu des données sur le trajet et les moyens de transport les plus plausibles possible mais qui ne correspondent pas au trajet effectif du bois pour les 5 bâtiments étudiés.

Même PEFC et FSC Belgium ne sont pas au courant ni des provenances les plus courantes, ni des quantités de bois importées, ni des tendances au niveau des essences. FSC et PEFC labellent les entreprises mais n'ont que très peu d'information (ou, en tout cas, pas d'information centralisée) concernant les réelles activités des différents maillons de la chaîne. Quand on leur pose ce genre de question, on se voit répondre que les informations sont impossibles à récolter, qu'il faudrait « une étude de marché auprès des entreprises certifiées »² ou que les bois sont probablement disponibles mais que la quantité est inconnue.³ En effet, PEFC et FSC mettent directement en contact les acheteurs et les différentes entreprises. Ils n'ont donc pas réellement les informations sur ce qui est vendu.

1.1.6. En Wallonie

En Wallonie, la déforestation ne semble pas être un problème puisqu'en 150 ans, la surface des forêts belges est passée de 316.000 ha à 545.000 ha. Elle recouvre actuellement 30% du territoire wallon. La quantité de bois que contiennent les surfaces boisées est également en

¹Selon Mr Michel Lory, documentaliste au port d'Anvers, un problème majeur pour les ports européens est que le contenu des conteneurs n'est connu que des services douaniers et demeure inaccessible aux services statistiques portuaires. Or énormément de marchandises, en particulier le bois, sont acheminés par ce biais.

² Selon Stephan Justin, coordinateur de projet au FSC Belgium, e-mail du 10-01-2012.

³ Selon Véronique Chapelle, contact au PEFC Belgium, e-mail du 22-12-2011.

augmentation.¹ Le nouveau code forestier wallon qui date de 2008 met l'accent sur la diversification des essences et des âges des arbres, sur la production de bois de qualité et en quantité, sur la sauvegarde de la biodiversité... Une bonne partie de la forêt wallonne fait également partie du projet européen Natura 2000.

Aujourd'hui, 45% de la surface forestière wallonne sont labellisés PEFC mais nos forêts étaient en bonne santé bien avant cette labellisation. Selon Sylvain Angerand, le label PEFC n'améliore rien, il ne fait que conforter les gestionnaires forestiers dans leurs pratiques. En effet, depuis Colbert, les chênes coupés pour construire les bateaux étaient directement replantés pour fournir du bois pour le futur. A cette époque, la forêt était donc déjà gérée durablement. Les plus beaux chênes que nous exploitons aujourd'hui ont été plantés il y a 200 ans. M. Warnier, gestionnaire d'une scierie à Floreffe, nous confirme que l'obtention d'un label permet surtout d'augmenter les prix de vente du bois. Certains sylviculteurs labellisés augmentent, par exemple, leurs surfaces boisées comme promis mais au profit d'une variété d'essences très limitées comme des résineux à croissance rapide, ou des essences génétiquement modifiées. Des essences comme le chêne, le frêne ou encore le merisier sont très peu replantées. Il vaut toutefois peut-être mieux avoir une forêt avec un nombre d'essences limitées que plus de forêt du tout...

En outre, selon Laetitia Delem, nos forêts comportent trop peu de bois par rapport à notre consommation. Même si les bois indigènes sont peut-être intéressants, il faut donc, de toute façon, recourir aux importations pour couvrir nos consommations.

Conclusion

Bannir les bois tropicaux pour pallier la déforestation des forêts tropicales, priverait certaines populations de revenus. En effet, chez nous comme dans les pays tropicaux, si la forêt n'était pas rentable, elle serait sans doute remplacée par autre chose... La gestion forestière durable semble alors la solution la plus adéquate pour nous permettre d'importer des bois tropicaux sans risque. L'utilisation des labels marque un changement des mentalités et une prise de conscience de la nécessité de protéger la forêt. Toutefois, ce n'est peut-être pas la foison de labels qui certifie que la forêt est bel et bien gérée durablement, tant sous nos latitudes que sous les tropiques... Le label FSC, malgré ses nombreuses failles semble néanmoins « être moins mauvais »² que le label PEFC en terme de garantie. En tout cas, selon Sylvain Angerand, la seule façon d'avoir vraiment la certitude d'une bonne gestion forestière est de vérifier soi-même en achetant son bois, par exemple, dans la scierie locale. Cela revient malheureusement à bannir les bois tropicaux de nos marchés... Il n'y a peut-être alors pas de solution parfaite...

¹ *La forêt wallonne se porte bien. Merci !*, Service public de Wallonie, Direction générale de l'agriculture, des ressources naturelles et de l'environnement, Jambes, s.d.

² ANGERAND Sylvain invité par STEGASSY Ruth, *Certification Bois*, Emission Terre à Terre, France culture, 09-10-2010.

1.2. Concepts et lexique du bois

1.2.1. Généralités à propos du matériau “ bois”

1.2.1.1. Masse volumique

Les masses volumiques des différentes essences de bois comparées dans ce travail doivent être prises en considération car l’impact environnemental est souvent calculé en fonction de la masse du matériau employé. La masse volumique du bois, assez légère vu le grand nombre de cavités dans le matériau « dépend de sa teneur en humidité, de l’essence, des conditions de croissance de l’arbre mais aussi de la position de l’échantillon dans l’arbre. »¹

La rigidité d’une pièce de bois est liée à sa masse volumique. Pour une application en bardage, il convient de respecter, une rigidité suffisante de la pièce de bois. Pour le bois feuillu, une masse volumique de minimum 500 kg/m³ est conseillée et pour le bois résineux, une masse volumique de minimum 450 kg/m³.²

1.2.1.2. Résistance mécanique

Les exigences de résistance mécanique pour les bardages sont limitées. Il existe uniquement des critères de résistance au vent.³ Intrinsèquement, le bois, matériau anisotrope, possède une bonne résistance à la traction et à la compression dans le sens des fibres.

1.2.1.3. Classes de durabilité

La durabilité d’une essence de bois est sa résistance naturelle aux champignons, aux insectes et à l’humidité. Il faut noter que les classes de durabilité ne concernent que le duramen (ou bois de cœur) et jamais l’aubier (partie plus claire sur le pourtour de l’arbre, pas encore duramenisée). Comme nous le dit Ludwig Steiger, certaines essences résistent naturellement à l’humidité et peuvent être mises en œuvre sans traitement supplémentaire même dans des parties fortement humides. Il cite le duramen du chêne ou du robinier. Toutefois, en contact avec le sol, un traitement est toujours nécessaire. En bardage, on peut utiliser sans traitement de préservation ni de finition les **classes de durabilité 1, 2 ou 3**. Les classes de durabilité citées ici sont celles de la norme européenne NBN EN 350-2.

Classes de durabilité	Description	Durée de vie pour un piquet de 50x50cm planté en terre	Durée de vie pour un bardage
Classe 1	Très durable	25 ans	50 ans
Classe 2	Durable	15 à 25 ans	40 ans
Classe 3	Moyennement durable	10 à 15 ans	30 ans
Classe 4	Faiblement durable	5 à 10 ans	/
Classe 5	Non durable	Moins de 5 ans	/

Figure 5

1.2.1.4. Humidité et stabilité dimensionnelle

« La stabilité dimensionnelle est basée sur le “travail” d’une espèce de bois en cas de variations de l’humidité relative de l’air entre 60 et 90%. »¹ L’hygroscopie de la pièce de bois est

¹ BERTRAND Etienne (dir.), *Made in Wood. Architecture & Design*, Allemagne, 1998, p. 4.

² Conseil scientifique du Belgian Woodforum, « Espèces de bois pour usages extérieurs », dans *Le courrier du bois*, n°164, p. 14.

³ FRERE Hugues, DEFAYS Manu, *Quelles essences en bois de bardage ?*, conférence Bois et Habitat, 26-03-2011.

la teneur en eau du bois qui crée un gonflement ou un retrait en fonction des variations d'humidité de l'air. Ce mouvement a une influence sur les propriétés mécaniques, technologiques et les dimensions de la pièce de bois. Une essence dure et nerveuse aura un retrait plus fort qu'une essence légère et tendre.²

Généralement, on conseille une mise en œuvre du bois à un taux d'humidité proche de son taux d'humidité d'équilibre à l'extérieur (d'autant plus important si le bois est moins stable) soit généralement 17 % (± 1 %). « L'expérience montre cependant que le taux d'humidité de lames de bardage exposées au soleil et/ou aux vents desséchants peut descendre autour de 10 %, ce qui induit un mouvement et surtout des contraintes d'autant plus considérables que le bois est nerveux. »³

1.2.1.5. Nervosité

La nervosité du bois est « une notion complexe, donc difficilement quantifiable, où interviennent des paramètres tels que la finesse du grain, la régularité des accroissements, la vitesse de circulation de l'eau dans le bois, l'importance des contraintes de croissance, la présence de bois de réaction, la proportion de bois juvénile... Quoiqu'aucun document ne fournisse à son propos d'information précise, la nervosité est, pour les menuisiers notamment, un critère essentiel d'appréciation de la qualité d'un bois. »⁴

1.2.1.6. Classes d'emplois

Depuis la norme européenne EN 335-2, les classes de risque sont remplacées par les classes d'emplois. Celles-ci présentent le degré d'humidification possible pour le bois.⁵ Celle correspondant à l'utilisation en bardage est la **classe d'emploi 3**.

Classes	Humidité du bois	Exemples d'emplois	Risques biologiques
Classe 1	Bois sec, humidité du bois toujours inférieure à 20 %	Menuiseries intérieures à l'abri de l'humidité Ex : parquets, escaliers intérieurs, portes, lambris...	Insectes et termites dans les régions infestées
Classe 2	Bois sec mais dont l'humidité peut occasionnellement dépasser 20 %	Ex : charpente, ossature correctement ventilée en service...	Insectes, champignons de surface et termites dans les régions infestées
Classe 3	Bois à une humidité fréquemment supérieure à 20 %	Toutes pièces de construction ou menuiseries extérieures verticales soumises à la pluie Ex : bardages, châssis, terrasses...	Pourritures, insectes et termites dans les régions infestées
Classe 4	Bois à une humidité toujours supérieure à 20 %	Bois horizontaux en extérieur et bois en contact avec le sol ou une source d'humidification prolongée ou permanente Ex : balcon, poteau, tuteurs...	Pourritures, insectes y compris termites
Classe 5	Bois en contact permanent avec l'eau salée	Ex : piliers, pontons...	Pourritures, insectes et térébrants marins

Figure 6

Si l'on connaît la classe d'emploi, on peut choisir un bois d'une classe de durabilité adaptée (qui résiste naturellement sans obligation d'être traité). Les classes de durabilité 1,2 et 3

¹ Conseil scientifique du Belgian Woodforum, « Espèces de bois pour usages extérieurs », (...), p. 14.

² BERTRAND Etienne (dir.), *Made in Wood. Architecture & Design*, Allemagne, 1998, p. 4.

³ DEFAYS Manu, Belgian Woodforum, « Le mélèze », dans *Le courrier du bois*, avril-juin 2010, n°169, p. 11.

⁴ DEFAYS Manu, Belgian Woodforum, « Le mélèze », (...), p. 10.

⁵ TRIBOULOT M-C. et GERARDIN P., *Les bois traités*, Université Henri Poincaré, Nancy, s.d., p. 1.

sont les classes correspondantes à la classe d'emploi 3. Si une autre essence est choisie, il conviendra impérativement de lui appliquer un traitement de préservation ou de modification du bois qui lui fournira la durabilité nécessaire. Certains traitements (la réтификаtion du bois, par exemple) permettent, en effet, l'utilisation d'un bois de classe de durabilité 1 ou 2 en classe d'emploi 3.

1.2.2. Le traitement du bois

Tout d'abord, il faut différencier les traitements de finition (qui jouent sur l'aspect esthétique du bois) des traitements de préservation. Un traitement de préservation est préventif et permet d'augmenter la durabilité naturelle du bois. Il agit notamment contre les attaques de champignons (traitement fongicide, anti-bleu...) et d'insectes (traitement insecticide).

Les champignons ont besoin pour se développer de zones chaudes, humides et sans contact avec l'air (au moins 20% d'humidité dans le bois).

Les insectes (en particulier les coléoptères) se nourrissent de l'aubier (surtout des résineux) et y déposent leurs larves. Un des plus dangereux insectes xylophage est la termite. Les termites creusent dans le bois un réseau de galeries non visibles extérieurement ; le bâtiment peut alors s'effondrer d'un coup.

Les traitements de préservation et de finition comportent souvent des biocides qui peuvent « avoir des effets négatifs sur l'environnement. Les risques les plus importants relatifs aux produits de préservation se trouvent en amont, lors du traitement, et en aval, lors de l'élimination du matériau (difficulté de recyclage du bois, d'où une nécessité d'incinération). »¹ Ces dernières années, pour contrer ces problèmes environnementaux et de santé, les industries essaient de supprimer les « pigments dérivés du cadmium, du plomb et du chrome, des phtalates, et la réduction des teneurs en solvants. »² Une alternative se développe, ce sont les « systèmes en phase aqueuse » qui remplacent le solvant³ par de l'eau. Malheureusement, ce type de produit doit contenir des fongicides à cause de la présence d'eau qui permet le développement de champignons. De plus, il « ne sont pas tout à fait exempts de solvants organiques. »⁴ Il reste 2% d'agent actif (contre 98% dans le passé) qui peuvent être toxiques. « Certains produits remplacent l'agent actif par autre chose et sont donc 100% sains mais l'efficacité n'a pas encore été prouvée. Des techniques à base de gels se fluidifiant lorsqu'ils sont agités ("High solids") apparaissent également. Leur teneur en solvants organiques est fortement réduite du fait de leur état semisolide. »⁵

1.2.2.1. Procédés de préservation

En ce qui concerne la durabilité du bois, « en tant qu'éléments non porteurs ne devant répondre à aucune exigence particulière en matière de stabilité dimensionnelle, les bardages ne requièrent aucune protection chimique obligatoire. »⁶ Toutefois, pour augmenter la durée de vie d'un bardage ou pour pouvoir augmenter la durabilité d'essences peu durables, certains traitements de préservation du bois sont possibles. Cela permet d'augmenter la variété d'essences

¹ IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 1.

² IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 9.

³ Le solvant (2% du volume) est le véhiculant de l'agent actif. Il s'évapore après pénétration de celui-ci dans le bois.

⁴ IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 9.

⁵ Idem

⁶ STEIGER Ludwig, *Construire en bois*, Birkhäuser Basel, Bâle, 2007, p 68.

applicables. Un traitement de préservation consiste à « introduire dans le tissu ligneux, plus ou moins profondément, un agent répulsif ou biocide qui va éviter le développement de champignons ou de larves lignivores. »¹

Voici les types de traitement de préservation :

« -L'**injection à cellules pleines, par autoclave** : le bois est placé dans une situation de dépression, qui permet de réduire la quantité d'air dans les vides cellulaires, puis de forte pression, pendant plusieurs heures, pour injecter le produit de traitement dans ces vides. Une seconde dépression limite ensuite l'égouttage des pièces de bois (...).

-L'**injection par double vide** : il s'agit d'une variante de la technique précédente, utilisée avec des traitements de type solvants organiques ou en émulsion aqueuse (...).

-L'**injection par précédé oscillant ou alternatif** : autre variante (...), adaptée aux traitements de bois difficilement imprégnables (...).

-Le **trempage** : procédé consistant à immerger le bois pour le laisser absorber le produit de traitement par capillarité. Ce procédé est utilisé avec des émulsions aqueuses ou en solvants, organiques. On parle de trempage mi-long (...) et long. »²

« Généralement, le produit de traitement est injecté dans le bois assez profondément pour bien imprégner tous les tissus périssables tels que l'aubier. Tant que les matières actives restent dans le bois, ce dernier est protégé pendant 20 ans. »³ La pièce de bois aura une longévité encore plus longue si on applique régulièrement un traitement de finition.

1.2.2.2. Procédés de modification du bois

Les procédés de modification poursuivent le même but que les procédés de préservation, c'est-à-dire augmenter la durabilité du bois. Ils consistent à « modifier certaines substances constitutives du bois de manière à les rendre inassimilables par les agents biologiques. »⁴ Voici les différentes techniques de modification du bois :

- « **L'imprégnation par des résines** (...) extrusion de monomères comportant une charge importante de fibres de bois, pour créer des matériaux composites bois-plastique. »⁵ Plus proche de l'industrie du plastique, ces matériaux performants ne suivent pas une démarche écologique.

- « La **modification chimique** du bois le rendant "impropre à la consommation" : acétylation (procédé basé sur une réaction du bois avec de l'anhydride acétique, peu polluant et sans effet sur les possibilités de recyclage du bois) et furfurisation (traitement avec de l'alcool furfurique, par autoclave). L'acétylation ne modifie pas la couleur du bois, tandis que la furfurisation lui donne une teinte brun doré. »⁶

- La **pyrolyse** ou **rétification** : « torréfaction du bois et modification définitive, sous contrainte thermique, de certaines de ses substances »⁷ (de 190 à 240°C). Les propriétés physiques et esthétiques du bois sont modifiées. La stabilité dimensionnelle du bois augmente, il devient plus imperméable et résiste davantage à la pourriture. La teinte change, on dit que le bois « caramélise ». Toutefois la corrosion des métaux est plus rapide.⁸

- « **L'oléothermie** (procédés ECOTAN ou OHT) : il s'agit également d'un traitement thermique, mais par trempage du bois dans un bain d'huile végétale chaude (180-220°C), et qui

¹ IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*. (...), p. 1.

² IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 4-5.

³ DI STACIO Lucia, *Aspects socio-économiques et environnementaux de l'utilisation de bois indigènes dans la construction ; alternative aux bois tropicaux importés*, Université libre de Bruxelles, Faculté des Sciences, Bruxelles, 2009/2010, p. 26-28.

⁴ IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 1.

⁵ IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*. (...), p. 6.

⁶ Idem

⁷ Idem

⁸ Torréfaction PLUS, *La torréfaction du bois est en pleine croissance présentement en Amérique du Nord*, s.d. [en ligne 21-12-2011] <http://www.torrefactionplus.ca/>

s'accompagne donc d'une imprégnation sans agent biocide. »¹ Les résistances mécaniques sont diminuées mais la stabilité dimensionnelle augmentée.

Notons que les bois rétiés et traités par oléothermie « ont un meilleur profil écologique que les bois traités par des agents fongicides et insecticides, car ils n'utilisent aucune substance nocive pour l'environnement. »² Pour cette raison, ils peuvent être recyclés beaucoup plus facilement que les bois traités avec des substances chimiques. « Néanmoins, les traitements thermiques demandent beaucoup d'énergie et rejettent des eaux de cuisson qui contiennent des extraits naturels dégradés par l'effet du chauffage. »³

1.2.2.3. Traitements de finition (traitements de surface)

Voici les trois raisons principales d'application :

- « Protéger mécaniquement la surface du bois des agents physico-chimiques de dégradation » (UV, érosion du vent, lessivage par les eaux, insectes...)
- « Eviter la pénétration de l'eau et réguler les échanges de vapeur d'eau » (diminuer, voire éviter les déformations)
- Et surtout jouer sur l'esthétique du bois (teinte, brillance, grain...), éviter le grisaillement...⁴

Sans traitement de finition, le bois se détériore rapidement surtout en extérieur (grisaillement, lichens, mousses...). La dégradation est superficielle et réparable par un ponçage mais le traitement prolonge la tenue globale dans le temps. La régularité du traitement est importante car le film de protection (généralement fait de résines synthétiques dissoutes dans un solvant organique et additionnées de pigment) se dégrade, par exemple, à cause des intempéries.⁵

Voici les produits avec différentes proportions de résine (donc différentes épaisseurs et propriétés du film) :

- Les **systèmes semi-filmogènes** (lasures): faibles proportions de résine, film mince qui maintient la texture du bois, application facile. Les lasures transparentes sont à entretenir tous les 2 à 4 ans en fonction de l'exposition et celles opaques, tous les 3 à 6 ans.
- Les **systèmes filmogènes** (peintures et vernis): peuvent être très chargés en résine, masquent généralement toute la texture du bois, sont résistants et étanches à la surface du bois, sans pénétration notable dans le matériau. L'entretien se fait tous les 3 à 7 ans pour les peintures et 1 à 4 ans pour les vernis.⁶ Ces finitions semblent être à écarter. En effet, les échanges gazeux entre le bois et l'ambiance sont limités ; ce qui favorise, en cas d'écaillement l'apparition de zones humides et chaudes, favorables au développement d'attaques biologiques surtout qu'ils n'offrent aucune protection en profondeur.⁷ De plus, l'entretien est compliqué, vu le ponçage nécessaire pour appliquer une nouvelle couche.
- Les **systèmes non-filmogènes** (colorants et traitements) : pénètrent fortement dans le bois, contiennent généralement des agents biocides et sont considérés comme produits de prétraitement du bois. Leur tenue est courte, 1 an.⁸

Comme expliqué précédemment, les produits de finition contiennent souvent des « solvants organiques, des pigments minéraux et des charges »¹ qui peuvent réduire la possibilité

¹ IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*. (...), p. 6.

² IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 8.

³ Idem

⁴ DI STACIO Lucia, *Aspects socio-économiques et environnementaux de l'utilisation de bois* (...), p.26-28.

⁵ Idem

⁶ Idem

⁷ IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 7.

⁸ Idem

de recyclage et qui peuvent au moment de leur élimination, émettre des pollutions.² Par exemple, « les vernis et peintures laques acryliques, polyuréthane et aux résines alkydes peuvent contenir de 50 à 60% de solvants ainsi que des substances à risques comme l'isocyanate, libérées lors de la mise en œuvre et du séchage. Leurs liants ne sont, de plus, pas issus de matières premières renouvelables. De leur côté, les vernis à durcisseurs acides contiennent entre 40 et 50% de solvants ainsi que du formaldéhyde »³, également libérés au moment de la mise en œuvre et du séchage. On tente de limiter les solvants organiques en les remplaçant par des “systèmes en phase aqueuse” ou des gels “High solids”. On peut retrouver également des peintures à base de résines naturelles et des peintures minérales à la chaux ou aux silicates de potassium.⁴

Le type de mise en œuvre influence également l'impact environnemental. Par exemple, un trempage limite les pertes de produit à 10%, une application au pinceau à 20% tandis qu'une pulvérisation monte jusqu'à des pertes de 50% de produit.⁵

Pour conclure, l'absence de traitement de finition semble être la solution la plus écologique en ce qui concerne les bardages.

1.2.2.4. Traitement curatif

Un troisième et dernier type de traitement est le traitement curatif « destiné à combattre une attaque biologique installée. »⁶ Nous n'aborderons pas ce type de traitement.

Conclusion

Le choix de l'essence de bois va déterminer si un produit de préservation ou une modification du bois est nécessaire. La solution la plus naturelle est de choisir un bois avec une durabilité suffisante pour ne pas nécessiter ce genre de traitement.

En ce qui concerne les produits de finition, leur application dépend fortement du résultat esthétique que l'on veut obtenir. Accepte-t-on le grisaillement ou pas ? Celui-ci est dû aux précipitations et surtout aux UV. Il faut également savoir que, dans des régions montagneuses ou maritimes, les éléments se chargent naturellement de nettoyer le bois tandis qu'ailleurs la pollution et les poussières le salissent souvent rapidement. Si l'on opte pour un produit de finition, il semble que les produits filmogènes soient à exclure et que les huiles végétales qui pénètrent le bois soient à privilégier.

1.2.3. Le transport

Une des données importante dans le bilan environnemental d'un produit est la distance qu'il a dû parcourir et le mode de transport employé. « Les transports qui devraient être pris en compte sont les suivants :

- Le transport de l'extraction vers la filière de transformation et/ou production.
- Le transport de la transformation vers la filière de production.

¹ « Liquide volatil dans lequel est dissous ou dispersé le liant, de façon à être liquide et donc utilisable en couches minces. Le solvant disparaît par évaporation lors du séchage. » de VIGNAN Jean, *Le Petit Dicobat*, 4^e édition, Paris, Editions Arcature, 2008, p. 639.

² IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 9.

³ Idem

⁴ IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 2.

⁵ IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 9.

⁶ IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 1.

- Le transport de la filière de production vers la filière de revente.
- Les transports de la filière de production et/ou de revente vers le chantier et le transport du chantier vers la filière de traitement en fin de vie. »¹

Comme nous l'avons déjà signalé, le fichier "Données des écobilans" permet de calculer l'impact du transport sur le bilan environnemental d'un produit. Nous allons donc l'utiliser dans les études de cas qui vont suivre.

1.2.4. La fin de vie du bois

Nous abordons, dans cette partie, différentes filières que peuvent prendre les déchets de bois en fin de vie mais nous n'abordons pas, par manque d'information, les éventuels impacts sur la santé.

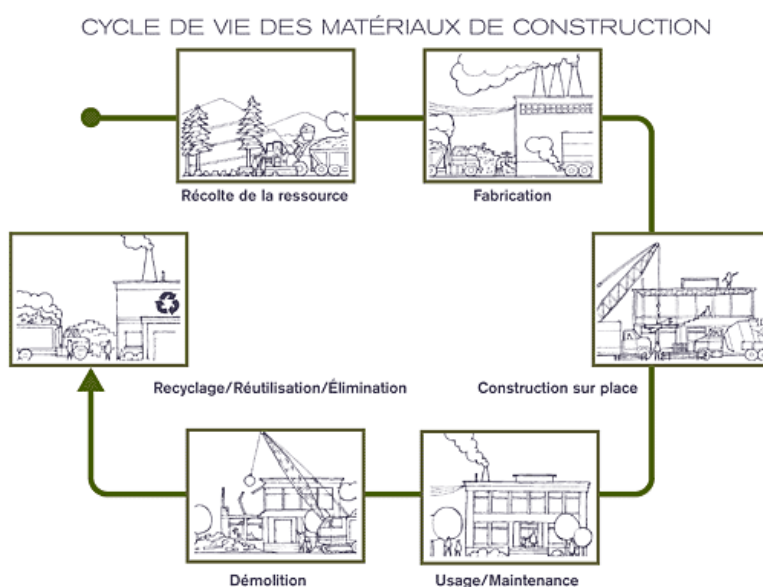


Figure 7

Il convient tout d'abord de faire une distinction entre bois traité, bois peint et bois non traité. Les bois non traités pourront être éliminés, recyclés ou réutilisés beaucoup plus facilement que les bois traités ; ces derniers étant considérés, selon le type de traitement, comme déchets dangereux.

1.2.4.1. Valorisation en tant qu'énergie

Le bois peut être brûlé pour produire de l'énergie. Pour brûler un bois traité, il faudra prendre beaucoup plus de précautions que pour un bois non traité. Toutefois, même brûlé, un élément de bois traité dégagera moins de gaz à effet de serre et de pollution que la seule production de chaleur pour la refonte d'un élément d'acier.²

On ne sait actuellement pas séparer un bois des produits d'imprégnation qu'il contient. Par contre, en ce qui concerne les peintures, le bois peut être broyé et les particules de peinture peuvent être séparées des particules de bois.

¹ TRACHTE Sophie et DE HERDE André, *Élaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons (...)*, p. 32.

² Bois (matériau de construction), encyclopédie Techno-Science.net, s.d. [en ligne, 22-04-2011] <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=4741>

Pour être valorisés en tant que combustibles, le CEN/TS 15234¹ demande de connaître pour les bois non traités, 3 caractères normatifs : la granulométrie, l'humidité et le taux de cendres, ainsi que des caractères informatifs : taux de chlore, quantité de chaleur fournie (PCI) ou pouvoir calorifique supérieur (PCS) (cfr annexe 5).

En ce qui concerne les bois qui ont été traités ou qui contiennent des adjuvants, la situation est un peu plus compliquée. Des tests complémentaires sur des échantillons de combustible peuvent être réalisés mesurant le taux d'azote, de soufre, de métaux lourds, d'organo-halogénés, de bore, de phosphore... Si certaines de ces substances dépassent un certain seuil, le combustible peut être exclu par le CEN/TS 15234. Il est important de connaître ce genre de caractéristiques car, par exemple, la présence de produit de traitement contenant du chlore peut endommager les chaudières lorsqu'une trop grande quantité d'acide chlorhydrique est synthétisée. Le soufre peut également avoir des effets corrosifs sur les installations. Les échantillons récoltés peuvent amener à placer des filtres dans les chaudières. Le CEN/TS 15234 encourage dès lors une traçabilité des produits.

1.2.4.2. Réutilisation comme matière première secondaire

Pour réutiliser un bois de bardage tel quel, il faut tout d'abord le séparer de ses éléments de fixation (clous, vis...). Cette opération est un peu délicate mais est à relativiser. Il est, par exemple, bien plus difficile de séparer les différentes couches d'une plaque de plâtre que d'enlever des clous. La réutilisation du bardage d'un bâtiment peut être envisagée si le bois est encore de bonne qualité mais, dans les usages courants, cette pratique est à négliger. On peut également récupérer les bois pour en faire du terreau. Cette pratique fréquente ne peut toutefois pas être réalisée si certains produits de traitement toxiques ont été utilisés sur le bois.

1.2.4.3. Récupération des déchets de fabrication

Les déchets de fabrication et copeaux issus du rabotage, peuvent aisément être récupérés et réutilisés. C'est ce que fait l'usine Stabilame à Mariembourg ; les copeaux secs issus de la menuiserie elle-même ou de menuiseries avoisinantes sont utilisés pour la fabrication de bûchettes vendues aux particuliers. Une autre partie des copeaux est utilisée dans des chaudières biomasses pour chauffer l'usine en hiver, pour le séchage des bois et pour le séchage des peintures. Les copeaux de bois peuvent également être réutilisés pour fabriquer des panneaux d'aggloméré.

1.2.4.4. Pratique la plus courante

Selon Sophie Trachte et André De Herde, « si la plupart des déchets de construction ont actuellement la capacité intrinsèque d'être valorisés, la plupart d'entre eux, par manque de moyens techniques ou par la difficulté de désassemblage et de tri (lors de la démolition) sont encore traités de manière traditionnelle par incinération ou mise en centre d'enfouissement technique (CET). Ces filières traditionnelles de traitement de déchets ont un impact non négligeable sur l'environnement (pollution atmosphérique, risques de pollution du sol ou des ressources en eau,...), sont souvent coûteuses et leur exploitation sera limitée dans les prochaines années (selon les normes européennes). »²

¹ Le CEN/TS 15234 est le comité technique de développement de la norme européenne concernant les biocombustibles solides.

² TRACHTE Sophie et DE HERDE André, *Élaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons (...)*, p. 15.

Selon M. Riche¹, 75% des déchets de bois sont valorisés en tant qu'énergie (par exemple, dans les fours de cimenteries...). Les 25% restants sont le plus souvent transformés en terreau. Selon lui, vu le prix actuel de l'énergie, les bois de construction ne se retrouvent que très rarement en centre d'enfouissement technique. Par contre, selon R. Frischknecht², 50% du bois est recyclé et les 50 autres pour cent se retrouvent en unité d'incinération. Cette proportion de 50/50 est celle comprise dans les données des matériaux bois du fichier KBOB. Nous ne calculerons donc pas nous-même la part de recyclage.

¹ Gérant de la menuiserie Riche et associé de la menuiserie Stabilame (Mariembourg)

²FRISCHNECHT R., *Données des écobilans dans la construction. Données de base sur l'énergie grise*, ESU-services GmbH, Uster, 04-02-2010.

1.3. Choix d'essences à étudier

Maintenant que nous avons pris connaissance des éléments techniques concernant le bois, il est essentiel, pour pouvoir appuyer ce travail sur des chiffres concrets, de choisir des essences bien précises. Deux essences indigènes (un feuillu et un résineux), une essence européenne, une essence américaine (canadienne) et une essence tropicale ont donc été choisies.

1.3.1. Essences indigènes

Dans le cadre de ce travail, nous considérons que le terme “indigène” reprend des bois belges uniquement. Il y a, dans les forêts belges, 53% de feuillus et 47% de résineux. « Les principales essences résineuses dans nos forêts sont par ordre décroissant de superficie : l'épicéa (...), le pin sylvestre (...), le douglas (...), le mélèze (...) et le pin de Corse. »¹ Le chêne et le hêtre dominent largement nos forêts en ce qui concerne les feuillus. Nous possédons également certains feuillus, dits nobles, comme le frêne, l'érable, le merisier et l'aulne ainsi que des bouleaux, charmes et peupliers.

En Belgique, chez divers revendeurs, en ce qui concerne les bois indigènes utilisés en bardage, nous retrouvons principalement deux résineux, le douglas et le mélèze. Le mélèze est un excellent bois de bardage indigène. Toutefois, les ressources sont limitées ; il est alors souvent importé des pays scandinaves et de Sibérie. Les feuillus indigènes sont nettement moins utilisés. On retrouve toutefois de temps en temps l'utilisation du chêne. Nous allons donc intégrer dans la comparaison deux essences belges : le chêne comme feuillu et le douglas comme résineux.

1.3.2. Essences européennes

La plupart des gens pensent souvent faire un geste plus “responsable” en achetant un bois d'origine européenne plutôt qu'un bois tropical. La distance à parcourir semble moins importante et ils ne participent ainsi pas à la déforestation tropicale. Pourtant savons-nous si cela est justifié? C'est pour tenter de répondre à cette question qu'il a été décidé d'intégrer un bois d'origine européenne dans la comparaison. Nous avons choisi le mélèze de Finlande.

1.3.3. Essences tropicales

En bois de bardage, énormément d'essences tropicales conviennent vu la durabilité souvent supérieure de ces bois (ex : le padouk, l'assaméla, l'iroko, le moabi, le movingui...). Malheureusement, pour l'écosystème forestier, nous n'utilisons pour l'exportation sur le marché mondial qu'un petit pourcentage des essences que la forêt tropicale peut produire. Souvent, une ou deux essences forment à elles seules 50% des exportations d'un pays (ex : oukoumé du Gabon, ayous et sapelli du Cameroun, oukoumé et sapelli du Congo). Cette exploitation trop ciblée a des conséquences destructrices et peut parfois conduire à la disparition totale d'une essence. La FSC essaie de promouvoir des essences moins connues qui peuvent être adaptées mais dont on se méfie car on ne les connaît pas. En effet, nous retrouvons chez les divers revendeurs belges un choix fort limité d'essences tropicales.

¹ DEFAYS Manu, DE MESEL Koen, MERLIN Henri, *Pratique du bois. 35 espèces et une réponse à toutes vos questions bois*, Edition du Centre Interfédéral d'Information sur le bois, s.d., Editeur responsable DE MESEL Koen, p. 86.

Le choix de l'essence à intégrer dans la comparaison s'est ici porté sur l'afzélia, essence assez connue et utilisée dans notre pays. Pour le moment, les ventes d'afzélia sont de nouveau en augmentation en Belgique. Ce bois est principalement importé du Cameroun.¹

1.3.4. Essence américaine

Nous avons également décidé d'intégrer une essence très utilisée en bardages qui est le cèdre. Ce que l'on appelle communément du cèdre est, en fait, du thuya (ou western red cedar). M. Hugues Frère nous explique que, souvent, lorsqu'on mentionne le cèdre, on pense parler d'une essence indigène. Pourtant, sur le marché belge, cette essence provient essentiellement des USA et de l'ouest du Canada.

Conclusion

Nous avons maintenant relevé les éléments techniques, qui peuvent entrer dans les comparaisons et déterminé les essences à comparer. Chacune d'elles ont des caractéristiques et des provenances bien distinctes. Pour préciser à nouveau les données, nous allons nous baser sur 5 bâtiments existants qui présentent en bardage les 5 essences sélectionnées.

¹ Selon M. Hugues Frère, contact à HoutInfoBois.

Chapitre 2

Présentation des 5 bardages choisis

Introduction

Pour obtenir des valeurs précises des impacts environnementaux, il est quasiment impossible de travailler dans l'absolu. Même concernant une essence bien précise, beaucoup trop variés sont les différents lieux de production, lieux de transformation, chantiers de mise en œuvre, produits de traitement, moyens de transport... Pour pouvoir comparer les différents types de bardages sur une base concrète et réelle, nous nous basons donc sur des bâtiments existants. L'impact de la matière première, du transport, du traitement et de la durée de vie se basent sur ces cas concrets. Les valeurs obtenues ne sont donc pas générales quoiqu'elles peuvent éventuellement être extrapolées avec précaution.

Ce chapitre se concentre sur la présentation des 5 bâtiments visités ainsi que de leur bardage respectif (provenance du bois, classe de durabilité, traitement employé...). La plupart des informations techniques sont issues des fiches du Belgian Woodforum. Pour de plus amples informations sur un large nombre d'essences, le lecteur peut se référer à leur site internet.¹ Ce chapitre se clôturera par un tableau récapitulatif des présentations.

2.1. Bardage en résineux belge : le douglas

Provenance du bois et moyen d'acheminement vers la Belgique

Selon M. Jean-Michel de Broux², le douglas provient principalement de France ou d'Allemagne car il est de meilleure qualité et produit en plus grande quantité. Nous considérons, toutefois ici, que du bois belge a été privilégié en sachant que les quantités de douglas augmentent annuellement dans nos forêts wallonnes.³

La scierie choisie est la Scierie Poncelet à Jéhonville qui se procure du douglas dans la région de Bertix.

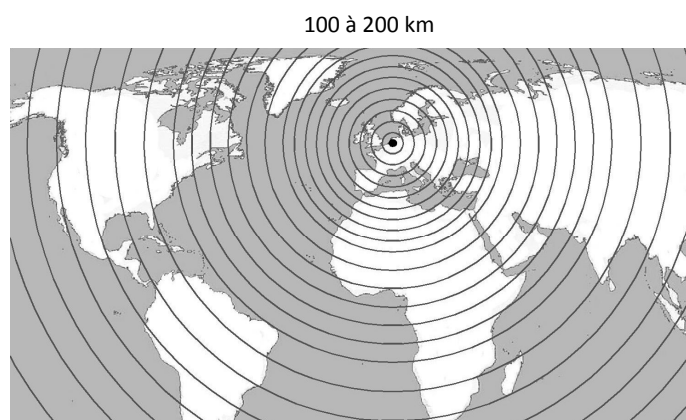


Figure 8

¹ Site internet du Belgian Woodforum : <http://www.woodforum.be/fr/essences/western-red-cedar>

² Revendeur chez Déco-Bois à Namur.

³ « Valorisation du douglas en bois de structure et bardages : impact de la vitesse de croissance des arbres », dans *forêt wallonne*, janvier / février 2009, n° 98.



Figure 9 : Photographie crèche

Architecte : Benoît Fasbender

Adresse : Crèche pour 68 enfants 5500 Dinant

Année de construction : 2007

Couleur : rose saumon à orange foncé. La partie exposée au sud a tendance à s'assombrir.

Masse volumique moyenne : 550 kg/m³ à une humidité de 15%

Stabilité dimensionnelle : Stable

Classe de durabilité selon la NBN - EN 350-2 (3) : 3 (durée de vie de 30 ans à l'air libre)

Traitement

Le douglas doit normalement être traité avec un insecticide, un fongicide et un anti-bleu (comme la plupart des conifères).¹ Si l'aubier est bien éliminé, aucune préservation ni finition n'est exigée. Toutefois, s'il en reste une part importante, un traitement C1 (imprégnation insecticide, fongicide et anti-bleu) est nécessaire.² Si un séchage rigoureux (jusqu'à 12% d'humidité) a été respecté, le douglas peut être utilisé sans traitement, comme le fait la firme luxembourgeoise Ligno Trend.

Séchage et taux d'humidité

Le douglas « se sèche facilement et le bois se déforme peu. Il est toutefois conseillé de laisser sécher le bois plus lentement que les autres résineux pour éviter les fentes. Un séchage à une température de l'air de 70°C permet d'éviter les exsudations de résines ultérieures. Les petites sections peuvent être séchées à l'air ou artificiellement. »³

Usinage : Facile

Mise en œuvre :

Le préforage est nécessaire. Il est conseillé d'utiliser des fixations en acier inoxydable.

Dimensions

Il n'y a pas de précaution particulière concernant l'épaisseur des lames à utiliser. Une épaisseur standard de 22 mm est donc adaptée.

Prix

Le prix d'un bardage en douglas tourne aux alentours de 30 €/m² sans la pose.⁴ Avec la pose, cela grimpe aux alentours de 100€/m².

¹ Entretien téléphonique avec la scierie Poncelet, 19-09-2011.

² Belgian Woodforum, *Oregon Pine / Douglas d'Europe*, s.d. [en ligne, 17-05-2011]
<http://www.woodforum.be/fr/essences/oregon-pine-douglas-d%E2%80%99Europe>

³ Idem

⁴ Selon Mme Isabelle Boulanger de la menuiserie Boulanger à Polleur, e-mail du 12-01-2012.

2.2. Bardage en feuillu belge : le chêne

Provenance du bois et moyen d'acheminement vers la Belgique

La plupart du temps, le chêne provient de France. On en trouve toutefois de bonne qualité également en Belgique dans la région de Florennes et Chimay. On trouve également du chêne depuis Dinant jusqu'à Bastogne et Arlon. Le bois de l'habitation présentée ici provient de la région de Bastogne. La scierie se trouve à Floreffe, à 7 km de l'habitation. Le bois est transporté en camions.¹

Labellisation

Le chêne employé est un bois belge de la région, non-labellisé. Mal informés sur les labels, les propriétaires ont supposé, que toutes les forêts belges étaient gérées durablement.

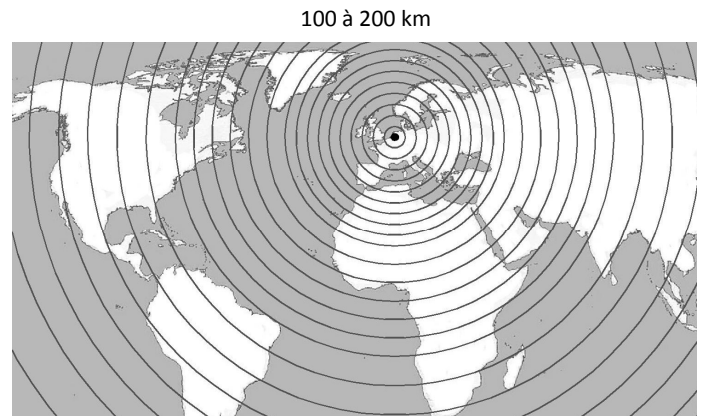


Figure 10



Figure 11 : Photographie maison Rolin

Propriétaires : M. et Mme Rolin

Adresse : 72, Fond de Malonne 5020 Malonne

Année de mise en œuvre du bardage : Mars 2011

Couleur du bois : Teinte claire de jaune à jaune-brun pâle

Masse volumique : 700kg/m³ à une humidité de 15%. Elle peut toutefois varier de 500 kg/m³ à 850 kg/m³.

Stabilité dimensionnelle : Moyennement stable

Classe de durabilité selon la NBN - EN 350-2 : 2 (durée de vie de 40 ans à l'air libre)

Traitement

Lorsqu'il n'est pas possible d'éviter une faible proportion d'aubier, un traitement C1 (imprégnation fongicide, anti-bleu et insecticide) est impérativement requis.² Ici, aucun traitement fongicide ni insecticide n'a été employé. Un traitement anti-bleu est également inutile car le bleu ne s'attaque qu'aux conifères.

¹ Selon M. Warnier de la scierie Warnier à Floreffe, entretiens téléphoniques, août 2011.

² Conseil scientifique du Belgian WOODFORUM, « Espèces de bois pour usages extérieurs », (...), p. 12.

En ce qui concerne le traitement de finition, une huile végétale biologique pour parquet a été employée. Selon M. Albert Delescaille, le menuisier, cette huile est naturelle et de meilleure qualité que les huiles pour bardage. Comme le bardage est ici exposé plein sud, il se dessèche vite, après même pas un an, une nouvelle couche semble déjà nécessaire.

Séchage et taux d'humidité

Il est conseillé d'effectuer le séchage en deux étapes. Après le sciage, le bois est soumis à un premier triage de qualité. Le bois est ensuite séché à l'air libre pendant près de 6 mois, jusqu'à obtenir un taux d'humidité de 35 à 40 %. Il importe de veiller à ne pas mettre le bois en plein soleil et à le protéger contre le vent trop sec ou trop fort. Le bois est ensuite séché en séchoir jusqu'à l'obtention du taux d'humidité requis.

Usinage

M. Warnier¹ fait attention aux chênes qu'il choisit. Il est précautionneux dans le sciage et le machinage mais, si l'on veut effectuer un travail plus rapide, le chêne se fend rapidement. Le chêne d'Europe se prête particulièrement au cintrage à la vapeur chaude.²

Mise en œuvre

Le préforage est conseillé pour éviter les fissures. Il faut également de préférence utiliser des fixations en acier inoxydable.³

Dimensions

Pour du chêne ou du mélèze, il est bon de travailler avec du 22-23 mm à cause des fortes variations d'hygrométrie en Belgique. Nous allons évaluer les impacts environnementaux d'un bardage de 22 mm d'épaisseur.

Prix

Le prix du chêne belge tourne autour de 60 €/m². Les bardages en chêne ne sont que très peu disponibles dans la grande distribution, on en trouve, par contre, plutôt dans des petites scieries locales.⁴

¹ Gérant de la scierie Warnier à Floreffe.

² Belgian Woodforum, *Chêne d'Europe et d'Amérique*, s.d. [en ligne, 17-05-2011]

<http://www.woodforum.be/fr/essences/ch%C3%AAned%E2%80%99europetd%E2%80%99am%C3%A9rique>

³ Idem

⁴ Selon M. François-Xavier Warnier, gérant de la scierie Warnier à Floreffe, entretien du 21-08-2011.

2.3. Bardage en mélèze finlandais, résineux européen

Provenance du bois et moyen d'acheminement vers la Belgique

Le mélèze provient très souvent des pays du nord (Finlande, Suède ou Sibérie). Suivant les données de la scierie Poncelet ainsi que des conseils de M. Michel Lory, documentaliste au port d'Anvers¹, nous considérons que le bois pour cette habitation provient de Finlande.

Selon Lintunen Kai, communications manager à la Finnish Forest Association, les forêts de mélèze se situent principalement vers la frontière sud-est (avec la Russie). La plupart des scieries et entreprises de la filière bois se situent également dans cette région². Bien que, grâce aux vents favorables, les forêts s'étendent jusque bien au nord du cercle polaire arctique³.

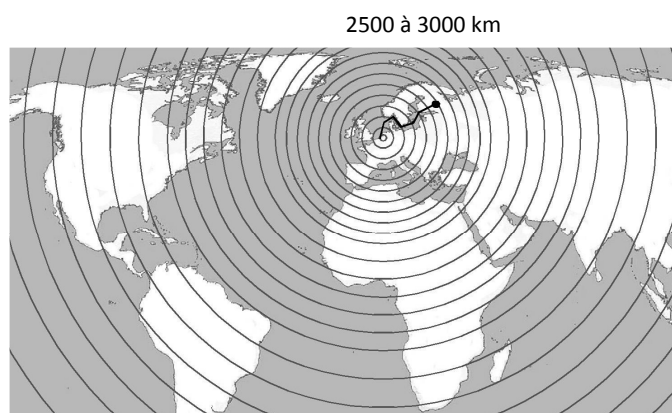


Figure 12

Selon M. Riche⁴ 75% des mélèzes finlandais sont acheminés par bateaux et 25% par camions. Nous allons donc tester les 2 hypothèses. Quand le bois est acheminé par bateau, il transite par le port de Hamina (en Finlande) avant d'arriver au port d'Anvers. De là, il est transporté en camion jusqu'aux scieries et ensuite jusqu'aux chantiers. Dans ce cas précis, la scierie se trouve à Mariembourg et le chantier à Fleurus.

Labellisation

Le mélèze étant un bois européen, M. Surleraux estime qu'il n'est pas nécessaire d'exiger un label. De plus, il considère que ce n'est pas une vraie garantie de la bonne gestion forestière.



Figure 13 : Photographie maison Surleraux

Propriétaire : M. Jean-Pierre Surleraux, architecte

Adresse : 5, Route de Mellet 6220 Fleurus

Année de mise en œuvre : 2004

Couleur : Le duramen du mélèze est brun-rouge. Le bois a tendance à s'éclaircir du côté le plus exposé aux UV.

¹ Autorité portuaire d'Anvers, *Annuaire statistique 2010*, Anvers, Belgique, 2010.

et

The Antwerp Departure and Arrival List, 31-10-2011 [en ligne, 31-10-2011] <http://www.beaer.com/arrival-list-light.php>

² Selon LINTUNEN Kai, communications manager à la Finnish Forest Association, la plupart des forêts de mélèze se situent en dessous de la ligne formée par les villes de Pori, Jyväskylä et Joensuu.

³ *Finland Forest and Forestry*, 21-04-2002 [en ligne, 09-12-2011]

http://bolt.lakeheadu.ca/~borfor/world/world_finland.htm

⁴ Gérant de la menuiserie Stabilame (Mariembourg)

Masse volumique moyenne : 600 kg/m³ à une humidité de 15%. La masse volumique du mélèze d'altitude, plus élevée peut atteindre 750 kg/m³.

Stabilité dimensionnelle : moyennement stable

Classe de durabilité selon la NBN - EN 350-2 : 3 (durée de vie de 30 ans à l'air libre)

Taux d'humidité

Compte tenu de la nervosité du mélèze, le taux d'humidité recommandé à la pose est de 15 % plutôt que 17 % pour les autres essences.

Séchage et usinage

En raison de la densité et nervosité du mélèze, son séchage doit être assez lent. Durant cette opération, les nœuds de ce dernier ont tendance à s'enlever. Il convient de finir le séchage à des températures de minimum 70°C pour cuire la résine et éviter les écoulements lors de l'usage.¹

Le mélèze est relativement facile à usiner. Toutefois, les nœuds qui s'enlèvent peuvent endommager les outils. De plus, l'outil de coupe est rapidement encrassé vu la haute teneur en résine du bois.

Traitement

Dans le cas de l'habitation de M. Surleraux, un trempage insecticide, fongicide et anti-bleu a été imposé.² Selon M. Riche de l'entreprise Stabilame, cette étape est incontournable pour le mélèze. Il faut toutefois savoir que certaines firmes, comme Ligno Trend ne traitent pas le mélèze. Ce sont les années qui nous diront peut-être quelle est la meilleure solution. Nous considérons toutefois actuellement que le mélèze doit être traité.

En ce qui concerne cette habitation, le bois ne devait initialement pas être traité mais, après un an, la maison a dû être entièrement nettoyée à l'eau claire pour des raisons esthétiques. Un traitement à l'huile de tournesol a ensuite été appliqué. Cette protection incolore nourrit et pénètre le bois, et est à renouveler tous les 2 à 3 ans. Le mélèze supporte assez bien toutes les finitions sauf les finitions filmogènes. Il faut "dégraisser" les bois riches en résine avant l'application de la finition.

Mise en œuvre

« La fissilité du mélèze rend le clouage et le vissage délicats, particulièrement en bout de pièces minces comme celles d'un bardage. Un préforage permettra d'éviter les risques de fentes. »³ De plus, le défaut du mélèze est sa nervosité, il a donc tendance à se cintrer rapidement.

Dimensions

Le mélèze étant assez nerveux, il est préconisé d'utiliser des lames de bardage d'épaisseur assez importante. Pour « un profil à rainures et languettes, la largeur de la languette

¹ DEFAYS Manu, Belgian Woodforum, « Le mélèze », (...), p. 11.

² Conseil scientifique du Belgian Woodforum, « Espèces de bois pour usages extérieurs », (...), p. 14.

³ DEFAYS Manu, Belgian Woodforum, « Le mélèze », (...), p. 11.

sera de 15 mm au moins pour éviter le désemboîtement. »¹ Nous considérons dans nos calculs que les lames de bardage font 25 mm d'épaisseur pour pouvoir utiliser un profil à rainures et languettes. Il est possible également d'utiliser une épaisseur de 22 mm ou encore de 19 mm mais alors avec un autre mode d'assemblage.

Prix

Le mélèze revient à environ 45 €/m². Ce bois est relativement bon marché vu sa nervosité.

¹ DEFAYS Manu, Belgian Woodforum, « Le mélèze », (...), p. 11.

2.4. Bardage en feuillu canadien : le western red cedar (cèdre)

Provenance du bois et moyen d'acheminement vers la Belgique

Sur le marché belge, le cèdre provient essentiellement du nord-ouest des USA, du sud-ouest du Canada et de l'Oregon.¹ Les grands arbres multi-centenaires de ces régions ont été coupés au début de son exploitation. Maintenant que cette "réserve" est épuisée, il faut attendre que les nouveaux arbres généralement plus petits, de moins bonne qualité et de couleur plus claire grandissent.

Selon les données statistiques fournies par M. Michel Lory, documentaliste au port d'Anvers, le mélèze provient essentiellement de deux ports de la côte ouest du Canada (Squamish et Kitimat)². Les bateaux passent ensuite par le canal de Panama avant de rejoindre le port d'Anvers. M. Christophe John, l'importateur chargé de ce projet confirme plus ou moins cette information. Son bois provient du port de Vancouver. Ces 3 ports se situant sur la côte ouest du Canada, nous considérons une distance moyenne entre ceux-ci dans nos calculs.

18 300 km

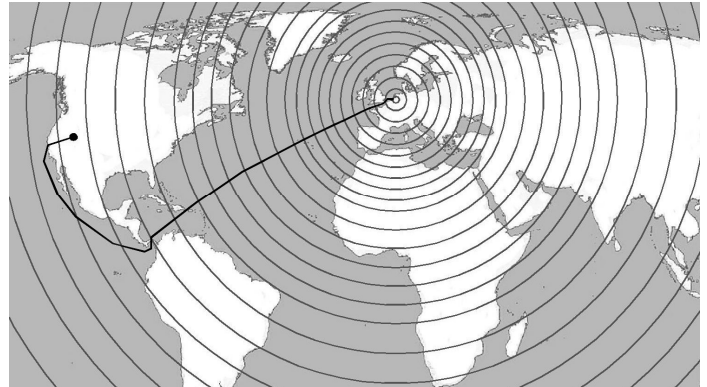


Figure 14

Labellisation :

Le propriétaire a voulu se procurer du bois labellisé FSC mais, face aux difficultés d'en obtenir, il a renoncé. Il suppose toutefois que les forêts canadiennes sont gérées intelligemment.



Figure 15 : Photographie maison Lequeux

Propriétaire : M. Michel Lequeux,
architecte

Localisation : 131, rue Petit Babin 5020
Malonne

Année de mise en œuvre : 2006

Couleur du bois : Brun avec une possibilité de grandes variations de teintes. Ce bois a plutôt tendance à s'éclaircir du côté le plus exposé aux UV.

Masse volumique moyenne: 370kg/m³ à une humidité de 15% (très léger)

Résistance mécanique : Faible dureté superficielle (risque de poinçonnement).

Stabilité dimensionnelle : stable

¹ Selon M. H. Frère de HoutInfoBois et M. F. Deneufbourg de la Fédération Belge du Commerce d'Importation de Bois.

² Autorité portuaire d'Anvers, *Annuaire statistique 2010*, Anvers, Belgique, 2010. et

The Antwerp Departure and Arrival List, 31-10-2011 [en ligne, 31-10-2011] <http://www.beaer.com/arrival-list-light.php>

Classe de durabilité selon la NBN - EN 350-2 : 2 (40 ans de durée de vie à l'air libre)

Séchage et usinage

« Le western red cedar sèche facilement, surtout pour les petites sections et présente peu de risques de déformations. Il est conseillé d'empiler du bois de 30 mm pendant deux mois à l'air libre avant de le sécher artificiellement. Pour éviter les risques de collapse et de fissures internes, il est indiqué d'empiler le bois plus longtemps et de le sécher ensuite naturellement. »¹

Le cèdre est également « très facile à usiner, tant machinalement que manuellement. La poussière qui s'en dégage est parfois irritante. »² Un bon système d'aspiration est donc préconisé.

Traitement

Lorsqu'il n'est pas possible d'éviter une faible proportion d'aubier, un traitement C1 (imprégnation fongicide, insecticide et anti-bleu) est impérativement requis.³ Toutefois, cette protection est souvent inutile car les fibres du cèdre laissent naturellement s'écouler l'eau et sont donc très peu sensibles aux champignons. De plus, selon M. Michel Riche⁴, le cèdre est le seul conifère qui résiste naturellement au bleu (grâce à son odeur répulsive pour les insectes).

« S'il a été correctement séché, le cèdre se laisse (...) traiter au moyen de peintures »⁵, lasures, produits transparents... Selon M. de Broux⁶, le cèdre est toutefois plus difficile à traiter qu'un autre bois. Il est donc couramment utilisé sans finition.

Dans le cas de cette habitation, aucun traitement insecticide ni fongicide n'est employé. En outre, pour une raison esthétique, une huile végétale contenant un pigment a été appliquée pour éviter le grisaillement. Appliquer un traitement au bois, c'est accepter les contraintes de l'entretien. Une première couche a été appliquée en 2006, l'année de construction ; une seconde, 4 ans plus tard ; la troisième et normalement dernière couche devra être appliquée en 2015.

Mise en œuvre

« Le western red cedar se fend facilement. Il est néanmoins facile à clouer. Les contenus cellulaires du bois peuvent réagir avec les métaux comme le fer et le laiton et provoquer de la corrosion et des stries peu esthétiques. Il est dès lors conseillé d'utiliser des matériaux en acier inoxydable. »⁷

Dimensions

Le cèdre peut généralement être utilisé avec des épaisseurs un peu moindres que les autres essences. Ici, une épaisseur de 18 mm est utilisée. 19 mm est également une dimension assez courante.

Prix

Selon M. Gilis⁸, du magasin Carlier Bois, le cèdre revient à environ 55€/m².

¹ Belgian Woodforum, *Western Red Cedar*, s.d. [en ligne, 17-05-2011] <http://www.woodforum.be/fr/essences/western-red-cedar>

² Idem

³ Conseil scientifique du Belgian Woodforum, « Espèces de bois pour usages extérieurs », (...), p. 14.

⁴ Gérant de la menuiserie Stabilame (Mariembourg).

⁵ Belgian Woodforum, *Western Red Cedar*, s.d. [en ligne, 17-05-2011] <http://www.woodforum.be/fr/essences/western-red-cedar>

⁶ M. de Broux, gérant du magasin Déco Bois à Namur.

⁷ Idem

⁸ M. Philippe Gilis, responsable des bardages au négoce Carlier Bois à Namur.

2.5. Bardage en bois tropical : l'afzélia Bipipendis

Provenance du bois et moyen d'acheminement vers la Belgique

Selon le Belgian Woodforum, la Belgique commercialise cinq espèces botaniques d'afzélias, réparties entre doussiés et non doussiés. Ils proviennent selon l'espèce, du Cameroun, du Gabon, du Nigéria, du Sénégal, du nord du Congo, de Côte d'Ivoire, du Ghana et du Mozambique.

Selon M. Philippe Gilis¹, l'afzélia importé en Belgique provient le plus souvent du Cameroun. Nous nous basons dès lors sur cette provenance. Selon l'ambassade du Cameroun en Belgique, les afzélias proviennent le plus souvent du sud du pays d'où ils sont transportés en grumiers jusqu'au port de Douala. Ils embarquent ensuite sur des navires de haute mer qui les conduisent jusqu'au port d'Anvers.

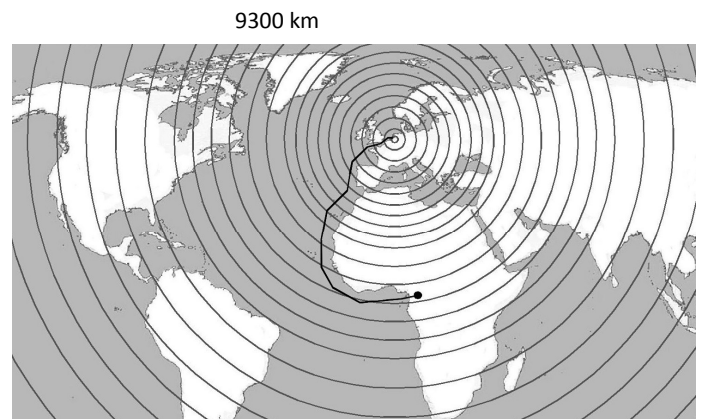


Figure 16

Labellisation :

Aucun certificat n'a été demandé mais le responsable de la scierie (scierie Boulanger à Polleur) assure qu'il n'utilise pas de bois issus de la déforestation...



Figure 17 : Photographie Maison Dullier

Propriétaire : M. Olivier Dullier, architecte

Localisation : 70, Rue de Crupet 5330 Maillen

Année du permis de bâtir : 2004

Occupation : 2006

Couleur du bois: Variations possibles de l'ocre clair au rouge-brun au sein d'une même grume.

Masse volumique moyenne: 800kg/m³ à une humidité de 15% du bois

Stabilité dimensionnelle : très stable

Classe de durabilité selon la NBN - EN 350-2 : 1 (50 ans de durée de vie à l'air libre)

¹ Selon M. Philippe Gilis, responsable des bardages au négoce Carlier Bois à Namur.

Séchage

« *L'afzelia doussié* est stable et n'exige pas de séchage particulier pour un usage en extérieur. (...) *L'afzelia apa, bella, chanfuta, lingue* et *pachyloba* exigent un taux d'humidité de maximum 18 % pour éviter que le retrait ne forme des irrégularités lors de la finition. »¹

Usinage

La plupart des afzélias sont faciles à usiner mais provoquent toutefois beaucoup de poussière.² Pour l'habitation de M. Dullier, le choix de ce bois dur a permis des découpes en biais pour des profils d'arrêts invisibles.

Traitement

Contrairement à d'autres essences, l'afzélie nécessite très peu d'entretien. Il ne perd que très peu son tanin au cours du temps. Aucune préservation n'est réellement nécessaire. Toutefois, si l'on choisit d'appliquer une finition pour éviter que le bois ne grisaille, il convient alors de dégraisser les surfaces avant son application.

Pour un usage en extérieur, l'afzélie exige tout de même un prétraitement car la pluie lessive le contenu cellulaire et peut provoquer des coulures et des taches sur les maçonneries et seuils en pierre. On peut employer par exemple, une solution aqueuse à 5% d'ammoniaque qui élimine les contenus cellulaires de surface.

Dans le cas de l'habitation de M. Dullier, un premier traitement avec une huile d'imprégnation Glasurit non filmogène a été appliquée la première année. Une deuxième couche commence à être nécessaire après 5 ans. Pour l'entretenir, il suffit de brosser le bois puis de remettre directement de l'huile ou éventuellement de laver les parties abimées en profondeur grâce à de la vapeur d'eau très chaude

Mise en œuvre

Grâce à sa dureté exceptionnelle, l'afzélie est très facile à mettre en œuvre. Il est préférable d'utiliser de l'acier inoxydable pour la fixation.

Dimensions

Il convient d'utiliser une épaisseur de bois moyenne de 22 mm pour un profil à rainures et languettes.

Prix

Un bardage en afzélie coûte aux alentours de 70€/m² sans la pose.

¹ Belgian Woodforum, *Afzélie*, 19-03-2011, [en ligne, 19-03-2011] <http://www.woodforum.be/fr/essences/afzelia>

² Idem

2.6 Tableau récapitulatif des types de bardages

Voici le tableau récapitulatif des informations utiles à l'évaluation environnementale concernant chaque bardage.

Type de bardage	Origine	Distance et mode de transport	Classe de durabilité	Masse volumique à 15% d'humidité	Stabilité dimensionnelle	Ép. min. des lames de bardage	Séchage/ Usinage ¹	Traitement exigé et traitement employé dans le cas étudié	Prix au m ² sans la pose
Douglas (résineux)	Belgique (région de Bertix, Paliseul...)	-8 km en camion de Bertrix à Jéhonville -133 km en camion de Jéhonville à La Louvière TOTAL : 141 km	3 Durée de vie : 30 ans	550 kg/m ³	Stable	22 mm	-Séchage lent (70 °C) en cellule -Usinage facile	-Aucun traitement exigé -Aucun traitement employé	30 €
Chêne (feuillu)	Belgique (région de Bastogne)	-107 km en camion de Bastogne à Floreffe -8 km en camion Floreffe à Malonne TOTAL : 115 km	2 Durée de vie : 40 ans	700 kg/m ³	Moyennement stable	22-23 mm	-Séchage : 6 mois à l'air libre puis en cellule -Usinage facile	-Aucun traitement exigé -Aucun insecticide ni fongicide employé -Traitement à l'huile pour parquet Biofa employé	60 €
Mélèze (résineux)	Finlande	- <u>Hypothèse 1</u> : Trajet uniquement en camion (25% des bois) TOTAL : 2590 km - <u>Hypothèse 2</u> : Trajet en train jusqu'au port de Hamina puis en bateau jusqu'au port d'Anvers (75% des bois) TOTAL : 2981 km	3 Durée de vie : 30 ans	600 kg/m ³	Moyennement stable	25 mm	-Séchage lent (70 °C) en cellule -Usinage facile mais chute des nœuds et encrassement des machines	-Aucun traitement exigé -Traitement insecticide, fongicide et anti-bleu employé -Traitement à l'huile de tournesol Woca tous les 2 ans	45 €
Wester Red Cedar (résineux)	Sud-ouest du Canada	-Trajet en camion jusqu'au port de Kitimat, Squamish ou Vancouver. -Trajet en navire de haute mer par le canal de Panama. -Débarquement au port d'Anvers. -Trajet en camion jusqu'au chantier. TOTAL : 18 277 km	2 Durée de vie : 40 ans	370 kg/m ³	Stable	18 mm	-Séchage facile : 2 mois à l'air libre puis en cellule -Usinage facile mais beaucoup de poussière	-Aucun traitement exigé -Aucun insecticide ni fongicide employé -Huile TripTrap appliquée tous les 4 à 5 ans	55 €
Afzélia (feuillu)	Cameroun	-625 km en grumier de Lomié jusqu'au port de Douala -8500 km en navire de haute mer -117 km en camion d'Anvers à Maillen TOTAL : 9363 km	1 Durée de vie : 50 ans	800 kg/m ³	Très stable	22 mm	-Pas de séchage particulier -Séché à l'air libre -Usinage facile mais beaucoup de poussière	-Prétraitement pour vider les contenus cellulaires -Aucune préservation exigée -Huile Glasurit appliquée uniquement tous les 5 ans	70 €
PVC Bardage Deceuninck type Belface	Usine de transformation en Belgique (à Hooglede-Gits)	-En partie fabriqué en Belgique -Transport des matières premières jusqu'à l'usine compris dans le fichier KBOB	Durée de vie : 50 ans ²	En moyenne : 1395 kg/m ³	/	6 mm	/	Aucun traitement nécessaire	60 €

¹ Selon les fiches du Belgian Woodforum, <http://www.woodforum.be/fr>

² Selon Laetitia Delem, chercheuse au laboratoire Développement Durable du CSTC

Conclusion

Nous avons dans cette deuxième partie, déterminé les éléments et hypothèses de base qui vont nous permettre de réaliser les calculs comparatifs avec le fichier KBOB.

Une première hypothèse est que nous nous basons sur une gestion durable des forêts malgré les remarques que l'on peut faire à ce propos (limites de la traçabilité, véracité douteuse des labels...).

Nous avons également relevé les éléments techniques qui nous sont nécessaires (masse volumique des bois, classes de durabilité, classes d'emploi...). Les valeurs de ces éléments sont déterminées en fonction des 5 essences de bois et des 5 bâtiments sélectionnés. Nous rappelons que nous avons choisi le douglas comme résineux belge, le chêne comme feuillu belge, le mélèze comme bois européen, le cèdre du Canada et enfin l'afzélia comme bois tropical.

Une synthèse des informations indispensables pour réaliser les calculs comparatifs est présentée dans le tableau récapitulatif ci-dessus.

Maintenant que ces éléments sont rassemblés, nous pouvons passer à la dernière partie de cette étude. Celle-ci va présenter les résultats des calculs sous forme de graphiques ainsi que les conclusions à tirer de ceux-ci.

Partie 3

Analyse des résultats de l'étude comparative

Introduction

Il est à noter que l'étude de l'impact environnemental des matériaux de construction est en pleine évolution. Elle est basée sur les connaissances actuelles mais qui ne cessent d'évoluer. D'autre part, les fabricants tentent également d'améliorer sans cesse leurs matériaux en termes de performances techniques mais aussi en termes d'impacts environnementaux. Un matériau déconseillé aujourd'hui pourrait donc bien devenir recommandé dans quelques années ou inversement... Les chiffres et évaluations qui sont donnés ici sont donc à prendre avec une certaine précaution.

En outre, il semble de plus en plus évident que l'analyse de l'impact environnemental d'un produit doit prendre en compte un nombre le plus large possible de critères ; or, les ACV actuelles « sont principalement réalisées sur base de critères relatifs à l'énergie et aux émissions (gaz à effet de serre, gaz acidifiants...). Peu d'informations chiffrées sont données en termes de consommation de ressources (quantité et type de ressource), de recyclage, de traitement en fin de vie... »¹ Dès lors, il est nécessaire quand on aborde des résultats chiffrés de garder en tête ce qui est compris ou non dans ces chiffres.

Les résultats chiffrés auxquels nous avons abouti sont présentés dans les chapitres suivants. Ils sont exposés sous forme de graphiques reprenant les indices du fichier KBOB. Ces graphiques nous permettent dès lors de comparer les 5 essences de bois que nous étudions. Ceux-ci sont interprétés sous la forme de questions/réponses pour mettre en exergue les avantages et inconvénients des différentes alternatives.

Finalement, dans le dernier chapitre, nous introduisons une comparaison avec un bardage en PVC. Le but est de relativiser les chiffres en mentionnant un autre ordre de grandeur. Nous présentons également brièvement les mêmes 4 impacts environnementaux pour 2 types de parois complètes. Ces comparaisons additionnelles permettent de remettre le bardage dans son contexte.

Limites du calcul

La plupart des données recueillies ici sont tirées de la base de données suisse ecoinvent. Il n'y a, en effet, encore aucune base de données propre à la Belgique. Les valeurs sont donc approximatives puisque certains paramètres diffèrent d'un pays à l'autre. Par exemple, la Suisse se base sur une production électrique où la biomasse et l'hydraulique prennent une place importante, ce qui n'est pas le cas en Belgique (cfr annexe 6).² Nous basons nos résultats principalement sur les valeurs d'une seule banque de données. En effet, de l'une à l'autre, les valeurs peuvent varier puisque les limites du calcul sont rarement les mêmes. La comparaison de données provenant de différentes bases est donc très délicate et vite incorrecte.

Nous présentons ici brièvement les limites que comportent nos calculs. Ces derniers sont expliqués en détails dans les annexes de 7 à 14.

¹ TRACHTE S. et DE HERDE A., *Élaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons (...)*, p. 346.

² ADEME, *Guide des facteurs d'émissions. Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées*, 01-2007, version 5.0, p. 195.

1.1. La matière première

Les différentes essences n'étant distinguées que entre feuillus et résineux dans le fichier KBOB, nous n'avons pas de chiffres distinguant réellement les 5 essences. Nous intégrons toutefois les différences entre essences en tenant compte du type de séchage nécessaire (en cellule ou à l'air libre), de la masse volumique du bois, de l'épaisseur nécessaire...

Nous ne tenons pas compte du support du bardage.

1.2. Le transport

Certaines provenances ou étapes que suivent les cargaisons de bois sont des hypothèses choisies pour être des plus plausibles possible. Les distances de transport sont calculées approximativement grâce au logiciel Google Earth.

Quand les cargaisons sont transportées par camion, selon le conseil de l'ambassade du Cameroun en Belgique, nous posons comme hypothèse que les bois sous forme de grumes sont transportés en camion de plus de 28 tonnes et que les bois déjà transformés sont transportés en camions de 20 à 28 tonnes.

1.3. Le traitement du bois

Nous ne possédons malheureusement pas encore les valeurs d'émission de G.E.S. ni les écopoints pour les produits de traitement employés ici. Dans un futur proche, des données vont sans doute être mises à disposition mais sont toujours à l'étude notamment par l'INIES. Des valeurs concernant l'énergie grise non renouvelable et l'énergie primaire globale sont déjà disponibles dans certaines FDES. Nous nous basons donc sur une FDES française pour intégrer un minimum de données concernant le traitement.

Nous n'avons actuellement pas de valeurs disponibles dans la base de données ecoinvent ni dans les FDES pour le trempage insecticide, fongicide et anti-bleu des bois. Nous pouvons toutefois considérer que ce traitement est valable de la même façon pour tous les bois de bardage considérés ici. Le fait de négliger cette valeur ne change donc pas l'ordre de grandeur entre les différentes essences. Par contre, cela fausse les comparaisons que l'on peut faire entre le bois et un autre matériau (le PVC par exemple).

1.4. La durée de vie

En ce qui concerne la durée de vie du bardage, nous nous basons sur une durée de référence de 50 ans. Celle-ci est couramment employée dans les ACV concernant les matériaux de construction notamment dans l'étude de Sophie Trachte et André De Herde ¹.

1.5. La fin de vie du matériau

Le fichier KBOB tient compte d'une part de recyclage valable pour la Suisse. Ne connaissant pas les valeurs pour la Belgique, nous laissons les chiffres tels quels et ne calculons pas nous-même la part de recyclage.

¹ TRACHTE Sophie et DE HERDE André, Élaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons à très basse consommation d'énergie. Choix des matériaux. Ecobilan de parois, Architecture et climat, UCL, 2010.

Chapitre 1

Résultats par types d'impacts

Introduction

Nous expliquons dans cette partie les résultats obtenus sur base des données du fichier KBOB pour les 5 bardages décrits précédemment. Les calculs détaillés permettant d'obtenir les résultats chiffrés sont en annexe 7 à 14. Nous présentons dans ce chapitre les résultats sous la forme de graphiques. Chacun d'eux reprend un indice du fichier KBOB : émissions de gaz à effet de serre, consommation d'énergie primaire globale et d'énergie grise non renouvelable et enfin écopoints (UBP). Nous analysons ensuite les graphiques sous forme de questions/réponses.

1.1. Les émissions de gaz à effet de serre

Emissions de gaz à effet de serre
(kg)

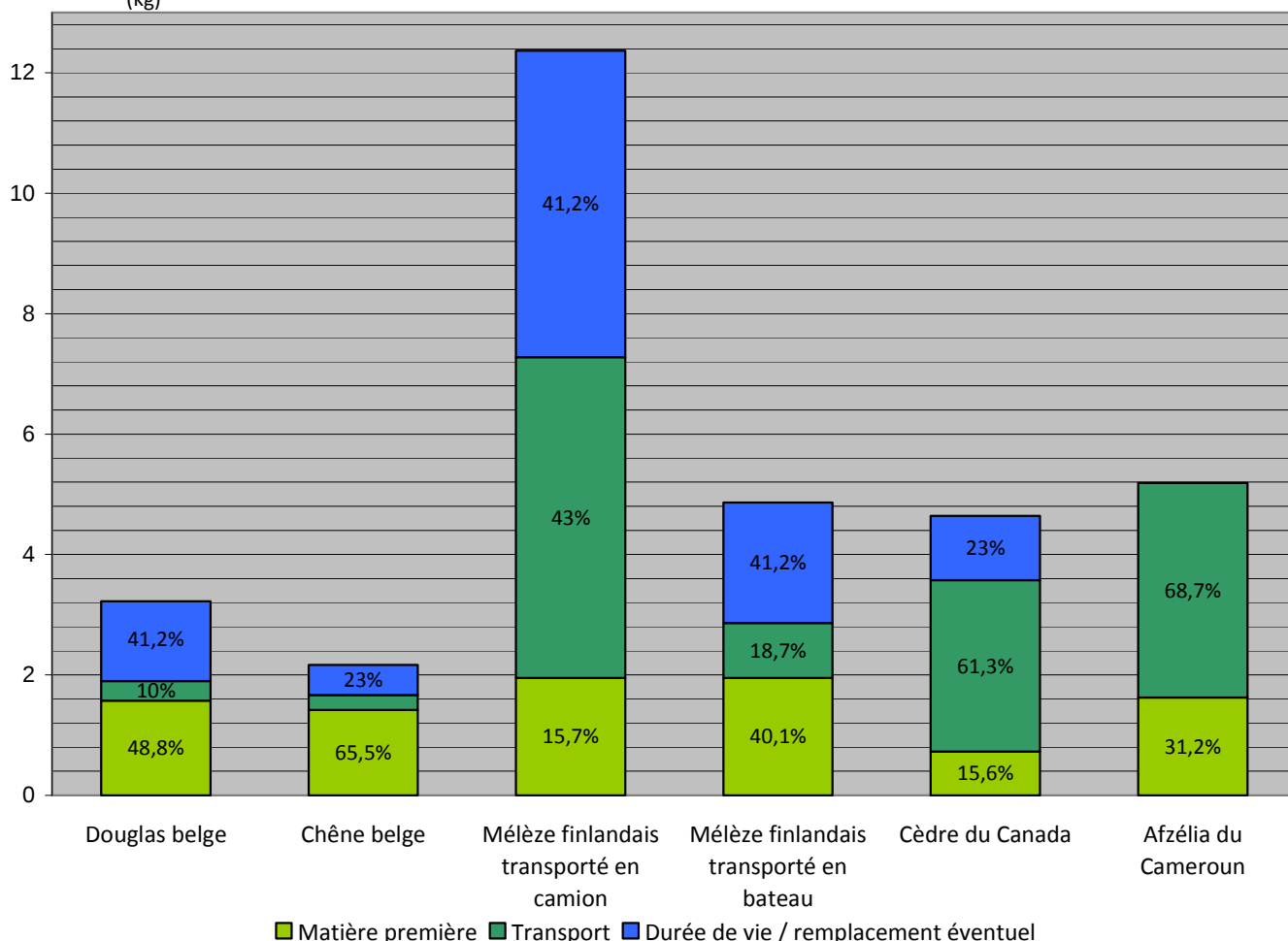


Figure 18 : Comparaison des différents bardages au niveau des émissions de gaz à effet de serre.

1.1.2. Signification de l'indicateur "émission de gaz à effet de serre"

« Cet indicateur sert à évaluer la contribution du produit à l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en gaz à effet de serre. (...) Il est exprimé en kg équivalent CO₂ (...) et regroupe toutes les émissions de gaz à effet de serre. Tous les gaz n'ont pas le même effet. Ainsi, un kilogramme de méthane (CH₄) contribue 21 fois plus à l'effet de serre qu'un kilogramme de CO₂, et un kilogramme de protoxyde d'azote (N₂O) 310 fois plus. »¹

1.1.2.1. Les GES concernant le bois

« L'arbre, en poussant absorbe du CO₂ et libère de l'oxygène. »² L'arbre utilise le CO₂ atmosphérique pour créer la cellulose et la lignine qui le composent. « En zone tropicale, en mourant, il subit une dégradation biologique par les insectes, bactéries et champignons qui utilisent de l'oxygène et libèrent une quantité égale de CO₂ à celle absorbée par l'arbre durant sa croissance. Le bilan est alors dit "neutre". (...). En zone tempérée, l'humus forestier (si la forêt n'est pas détruite ou surexploitée) ou bien certaines tourbes accumulent une partie de ce carbone (puits de carbone). »³ En outre, dans les deux cas, si on coupe l'arbre à maturité pour l'utiliser dans la construction, on l'empêche de se dégrader et le CO₂ reste stocké. Par conséquent, il y a moins de gaz carbonique dans l'atmosphère et on réduit l'effet de serre.⁴

Si le bois est bien issu de forêts gérées durablement comme nous en émettons l'hypothèse ici, l'incinération du bois en fin de vie n'a normalement pas d'impact au niveau de l'émission de CO₂. Pendant l'utilisation du bois en bardage, un nouvel arbre a eu le temps de grandir et de remplacer le précédent dans la forêt. L'impact de la matière première pourrait donc dans le graphique être égal à zéro, ce qui n'est pas le cas. En effet, il ne faut pas oublier les émissions dues au séchage du bois, aux étapes de transformation...

1.1.2.2. Comparaison avec d'autres émissions

Selon nos calculs, lors de son cycle de vie, 1m² de bardage en chêne aura émis 2,16 kg d'équivalent CO₂ dans l'atmosphère et un bardage en mélèze transporté uniquement en camion en aura émis 12,37 kg. En comparaison, une voiture qui roule pendant 100 km émet plus ou moins 14 kg d'équivalent CO₂.⁵

Une habitation avec 200 m² de bardage en cèdre représente 228,3 kg d'équivalent CO₂. À titre comparatif, un voyage en avion de 6500 km (valeur moyenne des vols long courrier), quand l'avion est plein, représente 330 kg d'équivalent carbone par personne.⁶

¹ Comité technique de la base INIES, *Mieux comprendre la partie environnementale des déclarations environnementales et sanitaires des produits de construction selon la norme NF P01-010*, Document CTIB n°10, Version 1, Juillet 2005.

² Bois (matériau de construction), encyclopédie Techno-Science.net, 22-04-2011 [en ligne, 22-04-2011]

<http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=4741>

³ Idem

⁴ Idem

⁵ LAUER Stéphane, « L'automobile réduit ses émissions de CO₂ mais elle doit encore progresser », dans *Le Monde*, 04-04-2004.

⁶ JANCOVICI Jean-Marc, *Faut-il souhaiter la croissance du trafic aérien ?*, novembre 2004 [en ligne, 13-01-2012]

<http://www.manicore.com/documentation/aeroport.html>

1.2. L'énergie grise non renouvelable

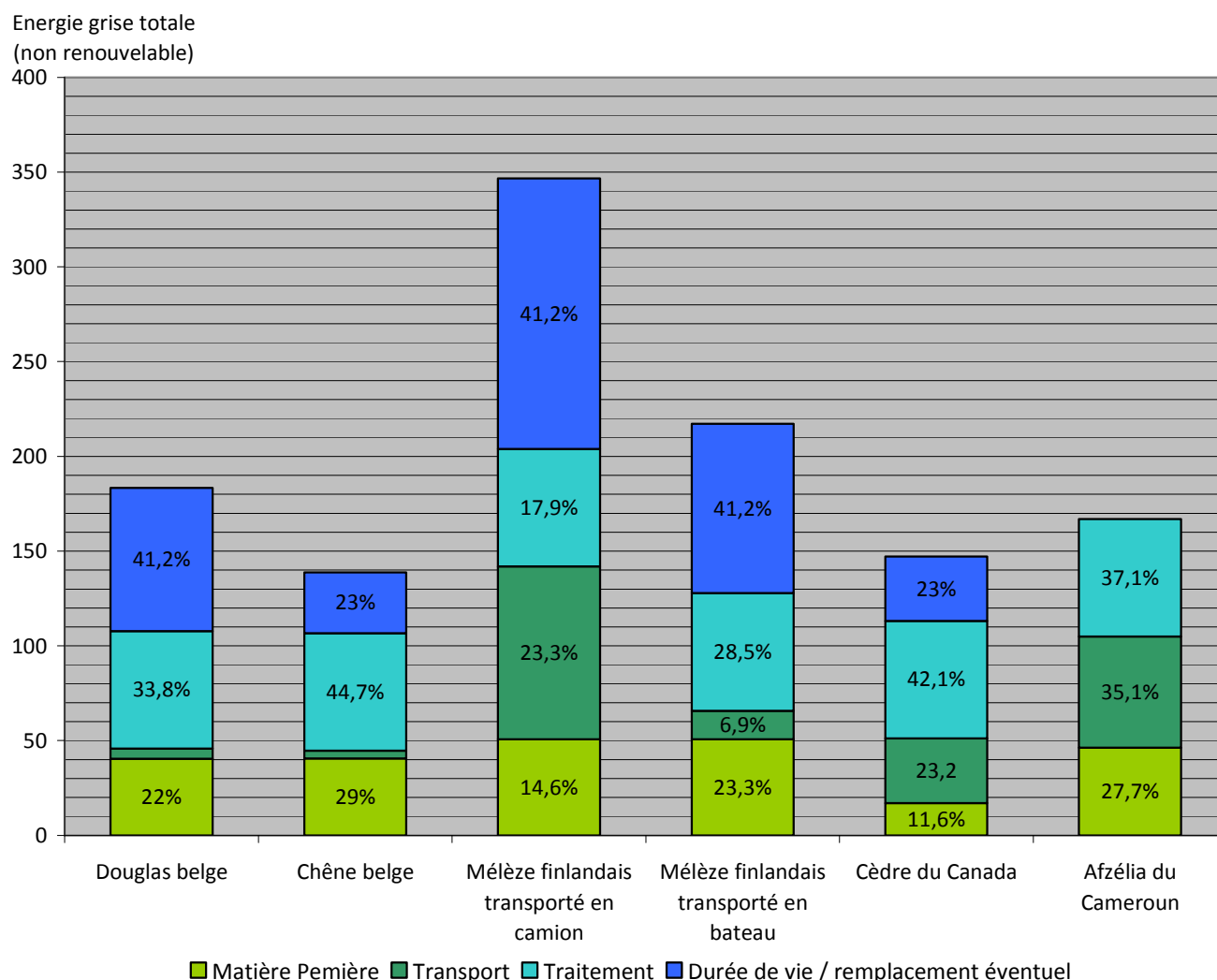


Figure 19 : Comparaison des différents bardages au niveau de l'énergie grise non renouvelable.

1.2.1. Signification de l'indicateur "énergie grise non renouvelable"

L'énergie grise non renouvelable est le cumul de l'énergie issue des combustibles fossiles, de l'énergie nucléaire ainsi que le bois issu du déboisement des forêts primaires. Quand le bois est issu de forêts gérées durablement comme c'est normalement le cas dans nos calculs, il n'y a alors pas de dépense d'énergie non renouvelable à ce niveau. De l'énergie non renouvelable est toutefois utilisée pour l'abattage des arbres, la transformation du bois... Ces dépenses énergétiques sont comprises dans la part "matière première".

1.3. L'énergie primaire globale

Energie primaire globale

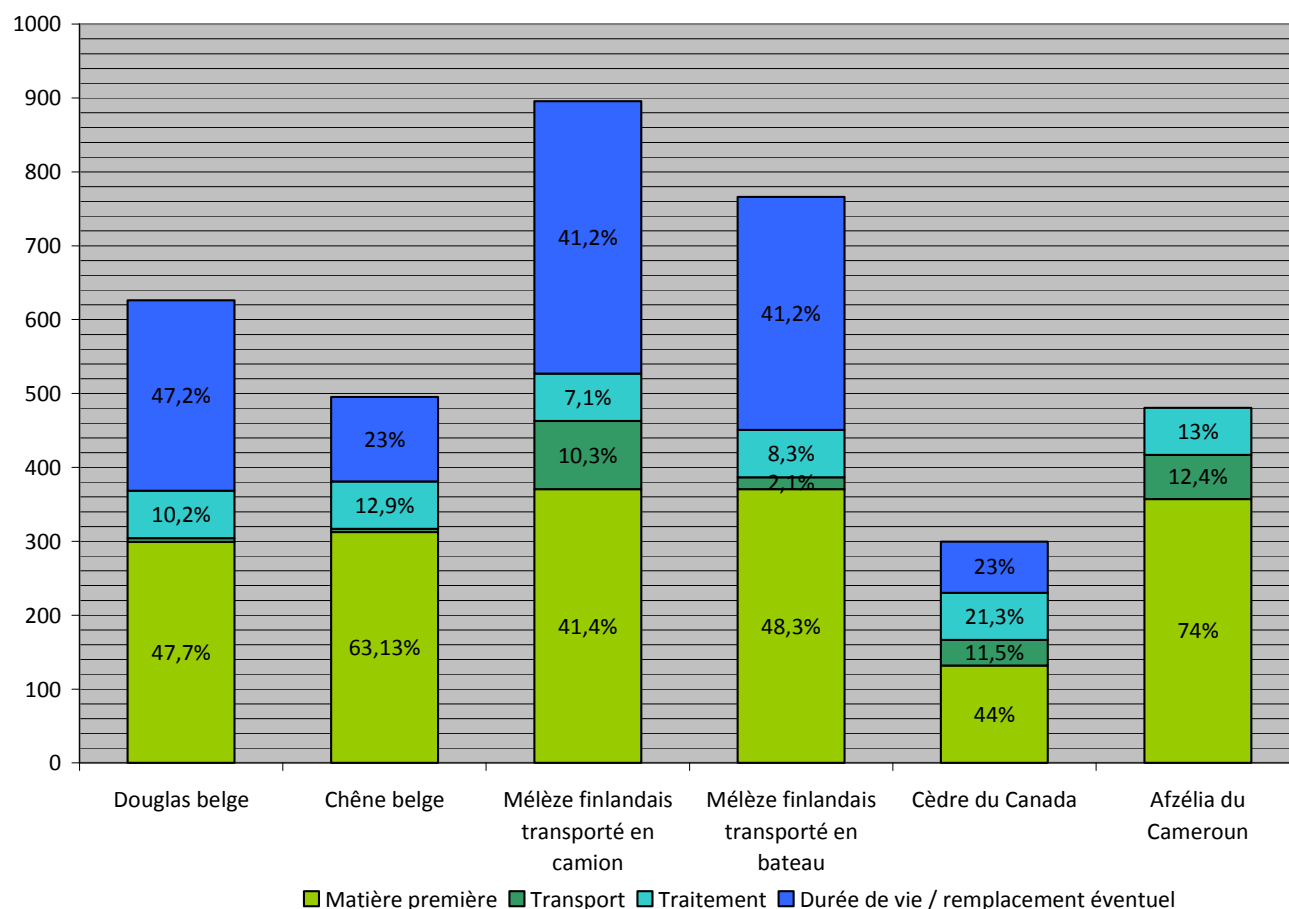


Figure 20 : Comparaison des différents bardages au niveau de l'énergie primaire globale.

1.3.1. Signification de l'indicateur "énergie primaire globale"

L'énergie primaire globale est la somme de l'énergie primaire renouvelable et de l'énergie primaire non renouvelable. « Les sources d'énergie renouvelable comprennent la force hydraulique, le bois/la biomasse (sans déboisement de forêts primaires), l'énergie solaire, éolienne, géothermique et environnementale. »¹ Cet indice reprend donc l'indice précédent et lui ajoute les sources d'énergie renouvelable. Dans notre cas, l'impact de la matière première semble donc augmenter considérablement par rapport à l'indice précédent (énergie grise non renouvelable) car la matière première bois est considérée comme une source d'énergie et aucune distinction n'est plus faite sur le caractère renouvelable ou non de la ressource.

¹ Recommandation. Construction durable. (...), KBOB, Ecobau, IPE, mars 2010, p. 6.

1.4. Les écopoints - UBP

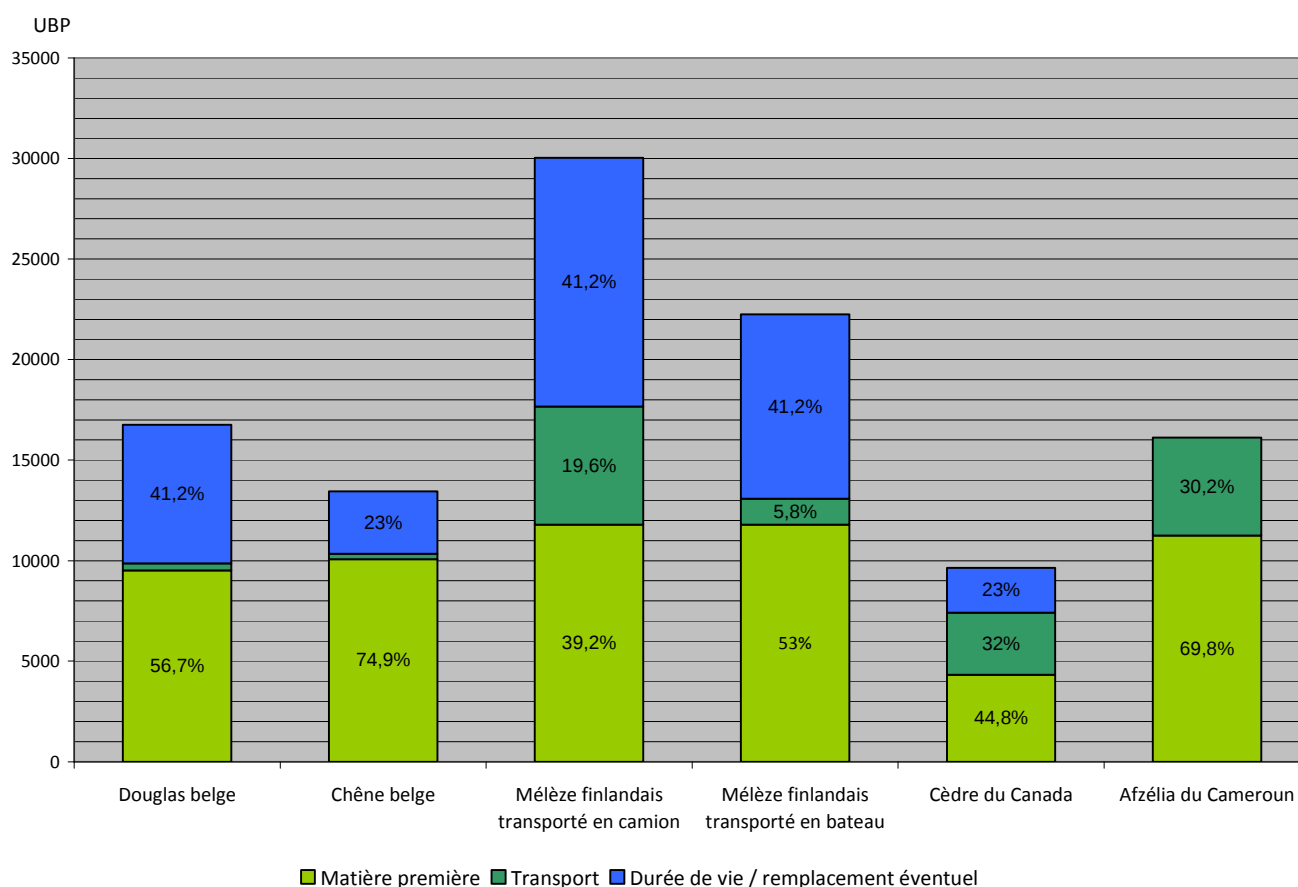


Figure 21 : Comparaison des différents bardages au niveau de l'énergie grise non renouvelable.

1.1.2. Signification de l'indicateur "UBP"

Comme expliqué précédemment¹, cet indice est un indicateur global qui reprend les 3 indices précédents, de la fabrication à l'élimination du matériau. Il intègre, en plus, d'autres données comme, par exemple, le facteur de raréfaction des ressources. Les résultats sont exprimés en écopoints (c'est-à-dire en indices de charge polluante).² En principe, cet indice est le plus représentatif de l'impact environnemental des matériaux puisqu'il est le plus complet. Il comporte, en outre, une pondération des différents paramètres.

Dans l'ordre croissant, les différents bardages ont obtenu 9637 écopoints pour le cèdre du Canada, 13 449 pour le chêne belge, 16 124 pour l'afzélia du Cameroun, 16 764 pour le douglas belge, 22 247 pour le mélèze de Finlande transporté en train puis en bateau et enfin 30 033 pour le mélèze transporté uniquement en camion.

¹ Le lecteur peut se référer au point 1.4.1.1. de la page 10 qui traite de la feuille "matériaux" du fichier KBOB.

² *Recommandation. Construction durable*. (...), KBOB, Ecobau, IPE, mars 2010, p. 1-6.

1.5. Graphique récapitulatif

Ce graphique reprend les 4 indices présentés précédemment pour les 5 essences de bois.

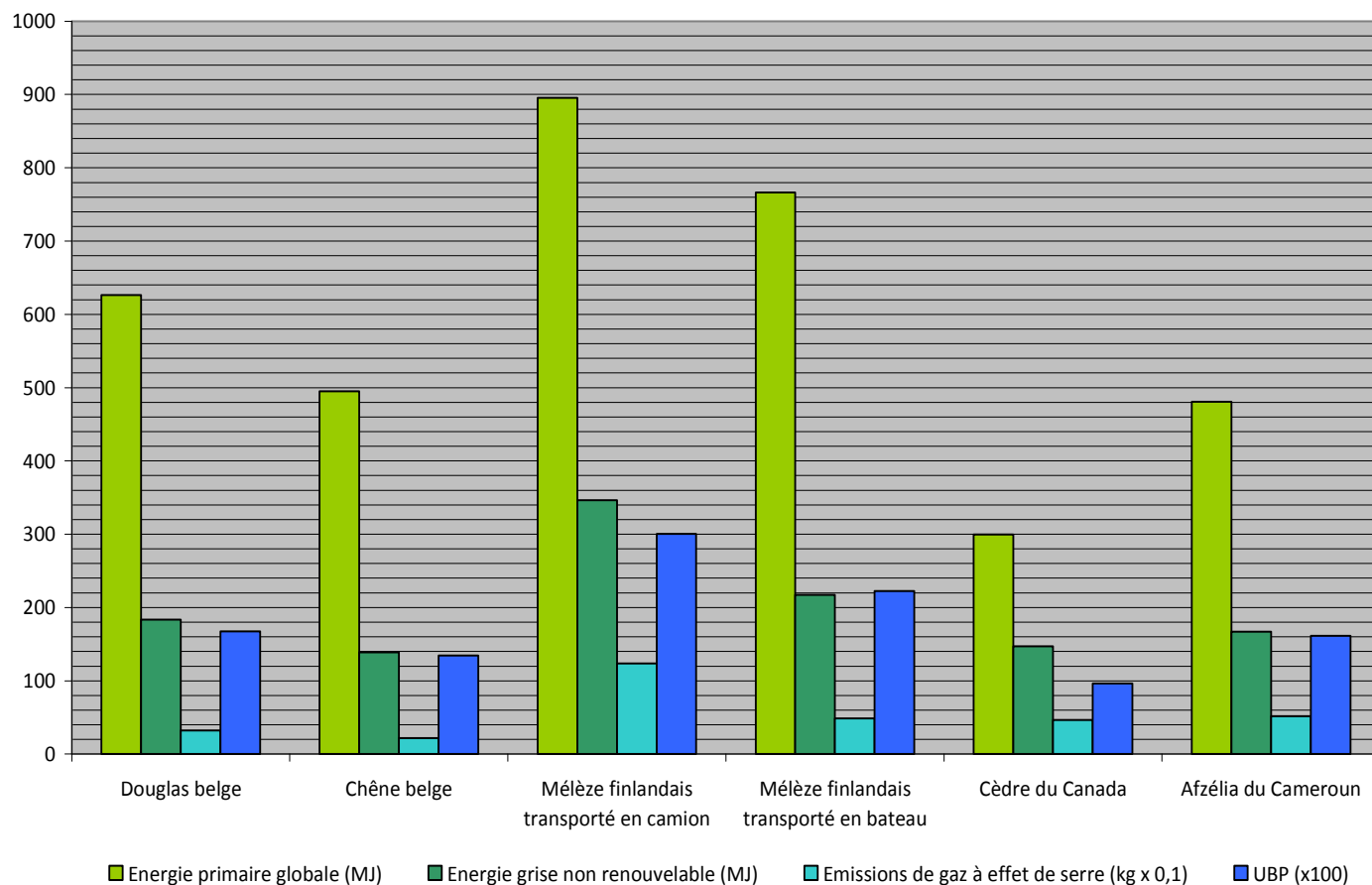


Figure 22 : Graphique récapitulatif des comparatifs des 5 essences de bardages

1.6. Questions/ réponses

Nous analysons dans cette nouvelle section les graphiques présentés sous la forme de questions/réponses. Les réponses à chaque question peuvent être lues séparément. Le nombre de questions à se poser pourrait être illimité. Une sélection a donc été opérée.

L'analyse des choix que nous proposons ici tente de prendre en compte un maximum de critères. Contrairement à « la recherche opérationnelle classique qui se réduit (...) le plus souvent à un problème monocritère. (...), les méthodes d'analyse multicritère recherchent une solution réalisant la meilleure combinaison possible de critères multiples. »¹ Toutefois, le nombre de critères semble pouvoir s'étendre à l'infini ; il faut donc toujours poser des limites en ne prenant pas certains aspects en compte. De plus, certains paramètres sont difficilement quantifiables comme, par exemple, l'impact sur la santé, l'esthétique...

1.6.1. Pourquoi l'impact de la matière première varie-t-il d'une essence à une autre ?

Le fichier KBOB distingue les résineux et les feuillus. Il ne fait pas d'autre différence entre les essences. En ce qui concerne les UBP, par exemple, les feuillus (séchés en cellules et rabotés) obtiennent 830 écopoints par kg de matière contre 786 pour les résineux (séchés en cellule et rabotés).

Deuxièmement, il est possible dans fichier KBOB de choisir le type de séchage du bois. Certaines essences peuvent être séchées à l'air libre alors que d'autres nécessitent des températures plus élevées et doivent donc être séchées en cellules. Cette donnée crée également une différence d'impact puisque le séchage en cellules dépense une certaine quantité d'énergie, émet des G.E.S. ...

Finalement, il faut également tenir compte de la masse volumique du bois et de l'épaisseur nécessaire du bardage. Le fichier KBOB présente, en effet, un impact par kilogramme de matière, toutefois, 1 m² de bardage en cèdre, par exemple, ne pèse pas la même chose qu'1m² de bardage en afzélia. Pour 1m² de bardage en cèdre (masse volumique : 370 kg/m³ - épaisseur du bardage : 18 mm), il faut 6,66 kg de matière alors qu'1m² de bardage en afzélia (masse volumique : 800 kg/m³ - épaisseur du bardage : 22 mm) pèse 17,6 kg.² Cette quantité de matière supplémentaire fait varier considérablement les impacts globaux d'une essence.

Voilà plusieurs raisons qui expliquent pourquoi tous les bardages n'ont pas, au niveau de leur matière première, les mêmes impacts environnementaux. Dès lors, il convient d'éviter de "mettre toutes les essences dans le même panier". En outre, d'autres paramètres pourraient certainement être également pris en compte. Dès lors, il serait peut-être intéressant de préciser encore plus les données du fichier KBOB par essence de bois.

¹ LEMAIRE Sabrina, Aide au choix des produits de construction sur la base de leurs performances environnementales et sanitaires, Institut National des Sciences Appliquées, Lyon, janvier 2006, p. 50-51.

² Les développements de calculs se trouvent en annexe 10 pour le cèdre et annexe 11 pour l'afzélia

1.6.2. Pourquoi les indices présentent-ils une si grande différence entre le mélèze transporté en camion et le mélèze transporté en bateau ?

Le fait de choisir un bois européen peut paraître pour beaucoup, un acte en faveur de l'environnement. Pourtant sous la dénomination "européenne", beaucoup de provenances mais surtout de moyens de transport peuvent se cacher. Cela n'est pas sans conséquences sur les impacts environnementaux.

Au niveau de la provenance, un bois qui est transporté de Finlande en Belgique doit effectuer près de 3000 km ; ce qui n'est déjà pas négligeable. Toutefois, ce n'est pas la distance qui a le plus d'impact mais bien le moyen de transport ! En effet, comme nous le montre le graphique ci-dessous, un mélèze finlandais transporté en camion multiplie plus ou moins par 5 ou 6 les impacts du transport par rapport à un transport en bateau. À titre de comparaison, cela équivaut à faire venir le bois d'Antarctique par bateau. Ce graphique ne présente que l'impact du transport (pas de la matière première, ni du traitement, ni du remplacement). Les détails des calculs et la manière dont le transport est calculé se trouvent dans les annexes de 7 à 14.

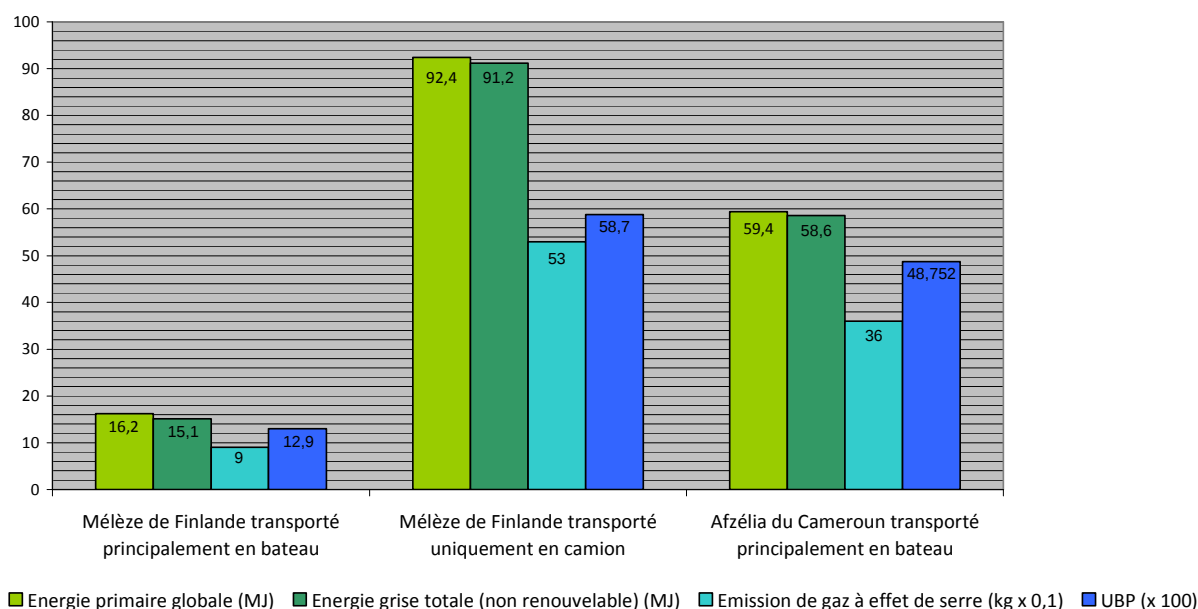


Figure 23 : Graphique comparatif de l'impact du transport entre mélèze transporté en bateau et en camion et afzélia transporté en bateau.

Ce n'est donc pas sur la provenance que nous devrions le plus nous renseigner mais bien sur le mode de transport employé. C'est pour cette raison qu'il y a une si grande différence d'impact entre un mélèze transporté en bateau et un mélèze transporté en camion. De plus, l'impact du transport se répercute dans l'impact du remplacement du bardage puisque le nouveau bardage que l'on va placer a, lui aussi, dû être transporté.

1.6.3. Quel est l'impact du transport ?

Comme nous venons de l'expliquer, le remplacement du bardage comporte, lui aussi, une part de transport puisque "le nouveau bardage que l'on va placer a, lui aussi, dû être transporté". Quel est alors le réel impact du transport ? Grâce à de nouveaux calculs, nous avons établi le graphique ci-dessous qui tente d'évaluer cet impact.

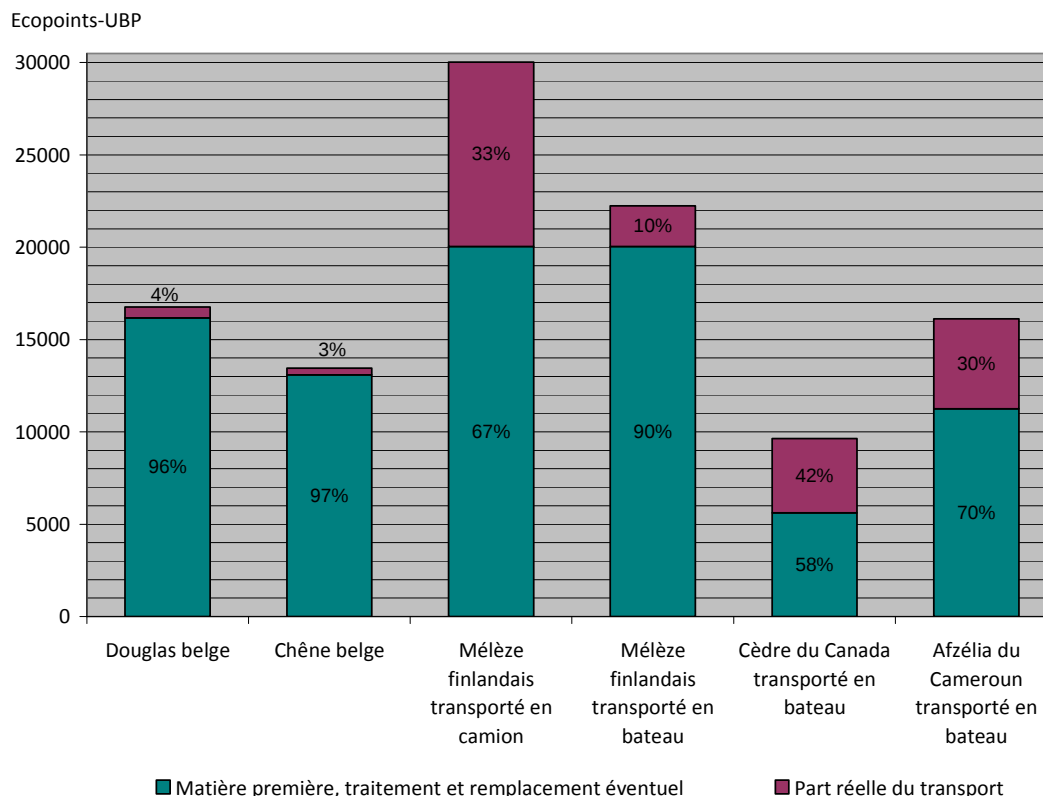


Figure 24 : Graphique de la part de transport pour les UBP.

Assez logiquement, les bois belges présentent une part de transport très faible de 3 et 4 % respectivement pour le chêne et le douglas. Ces bardages ont, en effet, dû être transportés sur de très courtes distances (aux alentours de 100 à 150 km). Les bardages transportés en bateau présentent ensuite un impact correspondant à la distance sur laquelle ils ont été transportés. Le cèdre a dû être transporté sur 18 300 km, l'impact du transport est de 42% du bilan environnemental global. L'afzélia du Cameroun a dû être transporté sur 9300 km ce qui représente 30% du bilan. En ce qui concerne le mélèze finlandais, la distance de transport est de 2600 à 3000 km. S'il est transporté en bateau, l'impact du transport n'est que de 10% contre 33% s'il est transporté en camion.

1.6.4. Que comprend l'impact du traitement ?

Nous remarquons dans les graphiques que le produit de traitement a souvent un impact important sur le bilan global. Malheureusement, comme nous l'avons déjà expliqué dans la section "limites du calcul", les données concernant le traitement sont incomplètes. C'est pour cette raison que l'impact du traitement n'apparaît ni dans le graphique de l'émission de G.E.S. ni dans celui des UBP. De plus, les données que nous avons à notre disposition ne tiennent pas compte des traitements insecticides, fongicides et anti-bleu. Les comparaisons et conclusions que nous pouvons tirer à propos des produits de traitement sont donc malheureusement très limitées.

Il existe actuellement une grande variété de techniques de traitement. Celles-ci sont présentées page 24. Il convient de savoir que, selon le traitement employé, les impacts environnementaux sont fort différents. La réтификаction a, par exemple, un profil écologique bien meilleur que les peintures à base de solvants organiques. En outre, les 5 essences que nous présentons dans ce travail possèdent une classe de durabilité suffisante pour être utilisées comme bardage sans aucun traitement. La part de traitement ajoutée est donc facultative. L'IBGE nous conseille, en outre, de choisir un traitement adapté à l'usage qu'on veut faire du bois. (cfr annexe 15)

Les données présentées concernant le traitement ne tiennent pas non plus compte de l'aspect lié à la santé. Il faut pourtant garder à l'esprit que ce type de produits peut avoir un effet négatif sur la santé des occupants.¹

1.6.5. Quels sont les impacts sur la santé des produits de traitement ?

Nous ouvrons ici une parenthèse concernant l'impact sur la santé des produits de traitement. Ce critère est souvent mis à l'écart dans les études actuelles par manque d'information sur le sujet. Celui-ci est, en effet, très difficile à chiffrer et nos connaissances en la matière sont assez limitées. Il convient donc de rester prudent quant à l'utilisation des produits de traitement.

« Les traitements de prévention sont basés sur une action chimique. Potentiellement, aucun traitement mettant en œuvre des biocides ne peut être considéré comme anodin. Les traitements fongicides et insecticides classiques sont à base de sels de cuivre, de chrome, de fluor ou d'arsenic, d'esters organiques ou d'hydrocarbures. A part le sel de bore, tous ces produits sont susceptibles d'attaquer le système nerveux. »²

En ce qui concerne les produits de préservation et de finition, « parmi les techniques basées sur une action biocide, on privilégiera les produits en phase aqueuse ou du type “high solid”, qui limitent la quantité de solvants organiques »³ et sont donc moins nocifs. Il convient pour les traitements de finition de « s'orienter vers les peintures en phase aqueuse, aux résines naturelles et les peintures minérales à la chaux ou aux silicates de potassium. »⁴

Grâce aux traitements modernes, la nocivité des substances utilisées semble avoir diminué. Les organismes nuisibles sont mieux ciblés et limités. Il faut savoir également que les substances injectées dans le bois préalablement au chantier sont considérées comme moins dangereuses pour les habitants que les substances appliquées sur le chantier. De plus, l'application en bardages bois présente nettement moins de risques pour les habitants que la présence de produits de traitement à l'intérieur même de leur habitation. Dans tous les cas, un bon séchage et une bonne ventilation de la pièce de bois sont essentiels.⁵

Finalement, la solution optimale quant aux produits de traitement semble toutefois de ne pas en utiliser pour se prémunir contre tous les risques sanitaires connus et inconnus. Pour cela, il faut tout d'abord se poser la question de savoir si ce produit est nécessaire ou non (tenir compte de la classe de durabilité du bois, évaluer les conséquences d'une ruine...).

¹ Se référer également au point 1.2.2. page 24 qui traite des différents types de traitements.

²IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 10.

³IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 2.

⁴ Idem

⁵IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 10.

1.6.6. Est-ce que le produit de traitement a un impact sur la durée de vie du bardage ?

L'utilisation ou non d'un produit de traitement a très certainement une influence sur la durée de vie du bardage. Cette donnée n'est malheureusement pas comprise dans nos calculs car nous avons été dans l'impossibilité de trouver des données précises à ce sujet. Il serait pourtant très intéressant de savoir de combien d'années on peut espérer prolonger la vie de son bardage en appliquant un traitement. Cette donnée permettrait de calculer si, économiquement et écologiquement, il est intéressant ou non d'appliquer un traitement de finition et/ou de préservation.

1.6.7. Comment est calculé l'impact de la durée de vie du bardage ?

Il convient lors des évaluations de comparer les bardages au niveau de leur durée de vie. L'intégration de ce critère est importante car, comme nous le disent S. Trachte et A. De Herde, la durée de vie permet de relativiser les impacts des matériaux. Il faut, selon eux prendre en compte, dans ce critère, l'intervalle d'entretien, -si celui-ci est requis,- et l'intervalle de renouvellement, si la durée de vie est inférieure à la durée d'évaluation.¹ La durée d'évaluation que nous fixons dans cette étude est de 50 ans (comme expliqué dans les limites du calcul).

Si l'on se réfère aux classes de durabilité, la durée de vie attribuée à un bois indigène tel que le douglas est de 30 ans. Celle du chêne qui est un des bois indigènes les plus durables est de 40 ans. Si l'on considère qu'une habitation est rénovée, réaménagée ou transformée au bout de 50 ans, il faudra donc au moins un remplacement du bardage sur cette période. Cette donnée sur la durée de vie des matériaux peut donc multiplier la valeur d'énergie grise du bardage par 2 à cause de son remplacement total. En outre, la durée de vie estimée d'un bardage en afzélia est de 50 ans et celle d'un bardage en tôle de zinc est de plus de 50 ans². On peut donc espérer que pour ces 2 types de bardage aucun remplacement ne sera nécessaire.

Les 4 graphiques des impacts environnementaux présentent une valeur correspondant à la durée de vie. Cette valeur n'exprime pas comme on pourrait l'imaginer, le nombre de renouvellements. Elle exprime l'impact d'un éventuel renouvellement du bardage. Prenons l'exemple d'un bardage en chêne qui a une durée de vie de 40 ans. Au cours de la durée d'évaluation de 50 ans, il devra être remplacé 1,25 fois. Pour plus d'exactitude, nous arrondissons ce chiffre vers le haut, soit un facteur de 1,3 sur 50 ans. Pour obtenir l'impact du renouvellement du bardage sur une durée de 50 ans, nous multiplions donc la valeur de l'indice (ex : émission de G.E.S., énergie primaire globale...) par 1,3. Plus l'impact de la matière première, du transport et du traitement seront grands, plus l'impact du renouvellement du bardage sera important.

Pour l'évaluation des durées de vie, nous nous basons sur les classes de durabilité des bois. Nous tenons toutefois à préciser que la réelle durée de vie d'un bardage dépend surtout de la subjectivité du propriétaire. En effet, celui-ci choisira ou non de le remplacer en fonction de l'évolution de son aspect esthétique. Cette décision varie donc d'une personne à une autre.

¹ TRACHTE Sophie et DE HERDE André, *Élaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons (...)*, p. 26.

² TRACHTE Sophie et DE HERDE André, *Élaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons (...)*, Annexe 2, p. 2.

1.6.8. Pourquoi l'afzélia n'a pas d'impact concernant sa durée de vie ?

Comme nous venons de l'expliquer, la durée de vie d'un bardage en afzélia est de 50 ans, ce qui correspond à notre durée d'évaluation. Il ne faudra donc pas remplacer le bardage en afzélia sur cette période contrairement aux 4 autres essences qui ont des durées de vie inférieures.

1.6.9. Quel est l'impact de la mise en œuvre sur la durée de vie du bardage ?

Nous ouvrons ici une parenthèse sur la mise en œuvre du bardage. L'architecture d'une construction peut, en effet, avoir de larges influences sur le vieillissement du bois. Ludwig Steiger nous explique qu'une protection contre l'altération aux UV et contre l'humidification du bois (avancées de toitures, retraits de façades, larmiers, soubassements), un bon écoulement de l'eau (légère inclinaison des surfaces horizontales) et une ventilation des éléments exposés à l'humidité (lame d'air...) peuvent éviter que le bois ne soit détrempé en permanence et augmenter largement la longévité du bardage.¹ En effet, aucune attaque d'insecte ou de champignon (excepté la mērule) n'est risquée lorsque le bois est sec.² Vu la remontée des termites vers nos régions, il n'est pas inutile d'empêcher leur accès aux parties en bois du bâtiment par la mise en œuvre de "casse-gouttes".³

Il est également conseillé de veiller à ce que le taux d'humidité soit assez bas lors de la mise en œuvre du bardage, de n'utiliser que le duramen⁴, de privilégier les lames d'une largeur inférieure à 140 mm (les lames plus larges comportant des nœuds plus gros et ayant une propension supérieure à la dilatation, au retrait, à la fissuration et à la déformation). De même, le bon dimensionnement de la sous-construction et l'utilisation de moyens de fixation adéquats (protégés contre la corrosion, permettant la dilatation du bois...) sont essentiels.⁵

Nous ne nous étendrons pas plus sur les détails de bonne mise en œuvre d'un bardage mais renvoyons le lecteur aux nombreux documents publiés sur le sujet, entre autres à la note d'information technique 243 du CSTC de décembre 2011.

Malgré toutes ces mesures, il ne faut pas écarter l'éventualité du remplacement du bardage. Il n'est dès lors pas inutile d'imaginer des systèmes qui permettent de le remplacer plus facilement. Un bardage ajouré permet, par exemple, de remplacer uniquement les lames les plus abîmées.

Il apparaît naturellement que la mise en œuvre du bois peut avoir une large influence sur la durée de vie du bardage. Cette donnée n'est pourtant pas reprise dans nos calculs et n'apparaît donc pas dans les graphiques. En effet, nous n'avons actuellement trouvé aucune documentation avec des données chiffrées sur le sujet. Pouvoir évaluer l'impact d'une bonne mise en œuvre par rapport à une autre sur la durée de vie du bardage serait toutefois intéressant.

¹ STEIGER Ludwig, *Construire en bois*, Birkhäuser Basel, Bâle, 2007.

² IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, (...), p. 8.

³ Idem

⁴ Idem

⁵ Association Suisse des Raboteries et Holzbau Schweiz, *Fiche technique No 4-2-07/F. Montage de façades en bois*, 08-2007.

1.6.10. Les résultats signifient-ils qu'on peut utiliser des bois tropicaux sans conséquences majeures sur l'environnement ?

En ce qui concerne les 4 indices environnementaux présentés dans cette étude, l'afzélia n'arrive pas en mauvaise position. Il semble, par exemple, plus intéressant que le mélèze. Il est toutefois très important de rappeler que les bois étudiés ici sont considérés comme issus de forêts gérées durablement, - ce qui n'est pas souvent le cas pour les bois tropicaux !

De plus, lors d'une telle comparaison entre bois tropicaux et indigènes, un nombre très limité de paramètres sont pris en compte. Il ne faut en aucun cas oublier la relativité des chiffres en gardant à l'esprit d'autres paramètres parfois moins connus ou plus difficilement chiffrables. Pour engager la réflexion, nous ouvrons ici une parenthèse pour aborder une liste non exhaustive de paramètres plus subjectifs liés à l'exploitation des afzélias (et autres bois tropicaux).

La diminution de la biodiversité

Les forêts tropicales sont celles qui contiennent la plus grande diversité d'essences de bois. Malheureusement, comme nous l'avons déjà dit, l'exploitation actuelle est ciblée sur quelques essences particulières (ex : l'oukoumé du Gabon, l'ayous et le sapelli du Cameroun, l'oukoumé et le sapelli du Congo). Ce genre d'exploitation ciblée peut parfois conduire à la disparition totale d'une essence. Pourtant, la communauté scientifique s'accorde de plus en plus à dire que la biodiversité est une propriété fondamentale du monde vivant qui lui permet d'évoluer et de s'adapter aux variations de l'environnement. La disparition d'une essence est parfois irréversible et peut entraîner en cascade la disparition d'autres êtres vivants qui en dépendent. Au contraire, la disparition d'une essence peut également entraîner la prolifération d'une autre et créer des déséquilibres néfastes.¹

Nous n'abordons pas ici le genre animal qui ne subit toutefois pas moins les conséquences des mauvaises gestions forestières. Les zones d'habitat des grands mammifères sont parfois déplacées par la déforestation, la création de pistes pour aller couper les arbres permet l'accès plus aisé aux braconniers...

L'épuisement des ressources

Quantifier l'épuisement des ressources lié à l'exploitation d'une essence et à la mise en œuvre d'un bardage bois est quasiment impossible. Nous savons toutefois que « la consommation de ressources naturelles (matières, eau, énergies) pour et par les activités humaines entraîne peu à peu l'appauvrissement, voire l'épuisement de certaines d'entre elles. »² L'épuisement des ressources est, en partie, pris en compte dans l'indice UBP mais cette évaluation reste relative.

La pollution de l'eau, de l'air et du sol

L'activité humaine (industries, transport, sylviculture...) entraîne des pollutions physiques, chimiques et biologiques du milieu qui peuvent avoir des répercussions néfastes. Il est difficile de quantifier les répercussions d'une pollution, tant des réactions en chaîne peuvent se produire ou non.³

¹LEMAIRE Sabrina, *Aide au choix des produits de construction sur la base de leurs performances environnementales et sanitaires*, Institut National des Sciences Appliquées, Lyon, janvier 2006, p. 19.

²Idem

³LEMAIRE Sabrina, *Aide au choix des produits de construction (...)*, p. 19-21.

L'écoulement des eaux

L'exploitation forestière peut également avoir un impact sur l'écoulement des eaux et sur l'approvisionnement en eau de qualité. En effet, l'arbre intercepte les précipitations et assure une pénétration en profondeur dans les sols. S'il est coupé, tout le système peut s'écrouler.¹ Les programmes de gestion durable des forêts essaient parfois d'intégrer ce paramètre (ne pas boucher les rivières lors des terrassements, laisser de la végétation lors de la construction des ponts...)².

Les impacts sur l'économie locale

Il est très complexe de bien comprendre les enjeux présents pour les populations locales. Les populations autochtones ont longtemps vécu grâce à la forêt, elles l'ont parfois endommagée pour leurs propres besoins. Aujourd'hui, sans les exportations de bois, de nombreuses personnes se retrouveraient sans revenus. Pourtant, la déforestation ne fournit pas une solution à long terme pour parer aux problèmes économiques de ces pays... Mais stopper les importations de bois tropicaux revient à condamner les populations locales ou à les inciter à déboiser pour remplacer les forêts par autre chose (comme des monocultures) plus rentables économiquement...³

Sans parler des conditions de travail inacceptables des populations lorsqu'elles doivent travailler dans l'illégalité pour pouvoir survivre...

Les impacts sur la population locale

Les populations locales ont souvent besoin de la forêt pour l'alimentation, la médecine, la construction, l'artisanat, le commerce local... Elle a aussi parfois une fonction socioculturelle par l'existence d'arbres sacrés, par exemple...⁴ Elle est liée au cadre de vie des populations locales. La déforestation au profit des grandes multinationales prive les peuples autochtones de leur propre bien et d'une partie de leur patrimoine culturel.⁵

Selon Sylvain Angerand⁶, l'appropriation par les multinationales de grands espaces de forêts oblige aussi parfois les populations locales à exploiter illégalement la forêt pour pouvoir survivre. Les conditions de travail peuvent alors être intolérables : travail la nuit, avec du matériel défectueux...

La production de déchets

Les déchets produits lors de l'exploitation des forêts sont souvent laissés sur place. Les programmes de gestion durable prévoient normalement le traitement des hydrocarbures, des batteries usagées, des déchets industriels et ménagers...⁷

¹ Association Technique Internationale des Bois Tropicaux (ATIBT), *Etude sur le plan pratique d'Aménagement des Forêts Naturelles de Production Tropicales Africaines. Application au cas de l'Afrique Centrale. Volet 1 « Production Forestière »*, Paris, 04-2007.

² ATIBT, *Etude sur le plan pratique d'Aménagement des Forêts Naturelles (...)*, Paris, 04-2007, p. 96.

³ Faculté agro bio tech de Gembloux, exposition « Africasylves », Gembloux, octobre 2010.

⁴ ATIBT, *Etude sur le plan pratique d'Aménagement des Forêts Naturelles (...)*, Paris, 04-2007.

⁵ BAUZA Marta Alvarez et LEGER Frédéric, *Les Peuples Autochtones face au changement climatique*, Master en Gestion du Développement Durable et du Changement Climatique, Toulouse, 2010.

⁶ ANGERAND Sylvain invité par STEGASSY Ruth, *Certification Bois*, Emission Terre à Terre, France culture, 09-10-2010.

⁷ ATIBT, *Etude sur le plan pratique d'Aménagement des Forêts Naturelles(...)*, Paris, 04-2007, p. 96-97.

La déforestation, désertification, modification et destruction du paysage

Ce sujet a déjà été abordé à partir de la page 19 de ce travail. Nous ne répéterons pas ce qui a déjà été dit. Nous tenons toutefois à rappeler que la présence de forêts empêche les sols de dégringoler les pentes, maintient la biodiversité, lutte contre la désertification de certaines régions, nous approvisionne en oxygène et en eau de qualité, représente un puits de carbone nécessaire à la lutte contre le réchauffement climatique... La présence et le maintien de la forêt est indispensable. On ne peut donc pas encourager l'achat de bois tropicaux sans qu'ils soient issus de forêts gérées durablement ; encore faut-il pouvoir être sûr que la gestion est vraiment durable...

Conclusion

L'exploitation forestière crée une série d'impacts sur les écosystèmes forestiers et sur les populations locales que nous avons du mal à évaluer. La liste que nous présentons ici n'est évidemment pas exhaustive et il est fort probable que nous ne connaissions même pas tous les impacts que nous engendrons. Il faut donc rester prudent. Les labels de gestion durable des forêts intègrent de plus en plus des critères multiples de protection des populations locales, de protection de la biodiversité, de gestion économique durable... Il ne faut toutefois pas avoir une confiance aveugle en ces labels mais inciter à la traçabilité, aux audits externes...

1.6.11. Est-ce que la déforestation ne concerne que les pays tropicaux ?

Une parenthèse doit ici être ouverte sur le phénomène de déforestation. La question a déjà été abordée en ce qui concerne la Wallonie à la page 21. Pour limiter la question, nous n'abordons donc ici que la problématique au Canada et en Finlande, provenances respectives du cèdre et du mélèze.

Dans l'esprit de la plupart des gens, le problème de déforestation est associé aux régions tropicales. De ce fait, ils pensent souvent faire un geste plus responsable en achetant un bois européen ou d'Amérique du Nord. Pourtant, la Suède et la Finlande sont montrées du doigt car ils « déboisent des surfaces immenses de forêt primaire pour replanter des résineux »¹, plus rentables. Le même constat peut être tiré pour le Canada où le déboisement a des conséquences sur le paysage, la biodiversité et les écosystèmes.² Selon Greenpeace, « moins de 15% de la forêt boréale canadienne reste intacte »³. Ces surfaces de forêts primaires déboisées sont là également souvent remplacées par des arbres plus jeunes à croissance rapide.

Néanmoins, ce phénomène est généralement considéré comme moins "grave" que la déforestation dans les régions tropicales...

¹ SIDOROFF Serge, *Eurobois 2001 – FIBRA & CNDB. Place du bois dans la Haute Qualité Environnementale*, version 02, 02-2001, p. 1.

² TRACHTE Sophie et DE HERDE André, *Élaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons (...)*, p. 14.

³ L'EXPRESS.fr, *Canada. Déforestation: Greenpeace épingle Hachette Livre USA*, 27-08-2007 [en ligne 16-01-2012] http://www.lexpress.fr/actualite/sciences/deforestation-greenpeace-epingle-hachette-livre-usa_466240.html

1.6.12. Pourquoi le mélèze provoque-t-il tant d'impacts environnementaux ? Peut-on essayer de les réduire par une autre mise en œuvre ?

L'importance de l'impact environnemental d'1m² de mélèze ne relève pas d'une seule raison mais bien d'une série de causes qui s'accumulent. Premièrement, le mélèze ne peut pas être séché à l'air libre. Il doit être séché en cellule, ce qui augmente déjà son impact environnemental.

Ensuite, sa masse volumique assez élevée a un impact sur la masse de matière première nécessaire et sur les dépenses et émissions effectuées lors du transport.

Vu la nervosité du mélèze, l'épaisseur d'un bardage rainuré-langueté doit atteindre 25 mm contre en moyenne 22 mm pour les autres essences. Cette raison semble être celle qui différencie le plus les impacts du mélèze de ceux des autres bois. Cette épaisseur supplémentaire nécessite, en effet, un apport de matière additionnel qui accroît également l'impact du transport.

La distance de transport du mélèze (près de 3000 km) prend également une part non négligeable dans les impacts. Cette distance est cependant moins importante que celle de l'afzélia (9000 km) ou du cèdre (18 000 km). Toutefois, comme expliqué précédemment, ce n'est pas la distance qui est prépondérante dans les impacts globaux. C'est surtout le moyen de locomotion ainsi que le poids d'1m² de bardage et qui font augmenter l'impact du transport.

La durée de vie d'un bardage en mélèze, qui n'est que de 30 ans, est encore un élément qui s'additionne aux autres pour désavantager le mélèze au niveau de ses impacts environnementaux. Cet élément amplifie les impacts car, lors du remplacement d'un bardage, les autres étapes (traitement, transport et matière première) sont comptabilisées à nouveau.

Cette addition de désavantages liés aux impacts environnementaux du mélèze le font arriver en dernière position dans nos calculs ; surtout si comme nous l'avons déjà expliqué, il est transporté en camion. Comme nous tenons à le répéter, il ne faut toutefois pas oublier de prendre en compte dans le choix d'une essence d'autres critères que le critère d'impact environnemental. Le mélèze peut, par exemple, être choisi pour son aspect esthétique, pour son prix relativement bas...

Il est également possible d'essayer de limiter l'impact d'un bardage au maximum en modifiant sa mise en œuvre. Prenons le bardage en mélèze. Nous réalisons les calculs pour un bardage légèrement ajouré (4 mm entre les lames, donc non rainuré-langueté) et nous réduisons l'épaisseur des lames (minimum 18 mm d'épaisseur). La quantité de matière première est donc diminuée. Nous obtenons les résultats suivants :

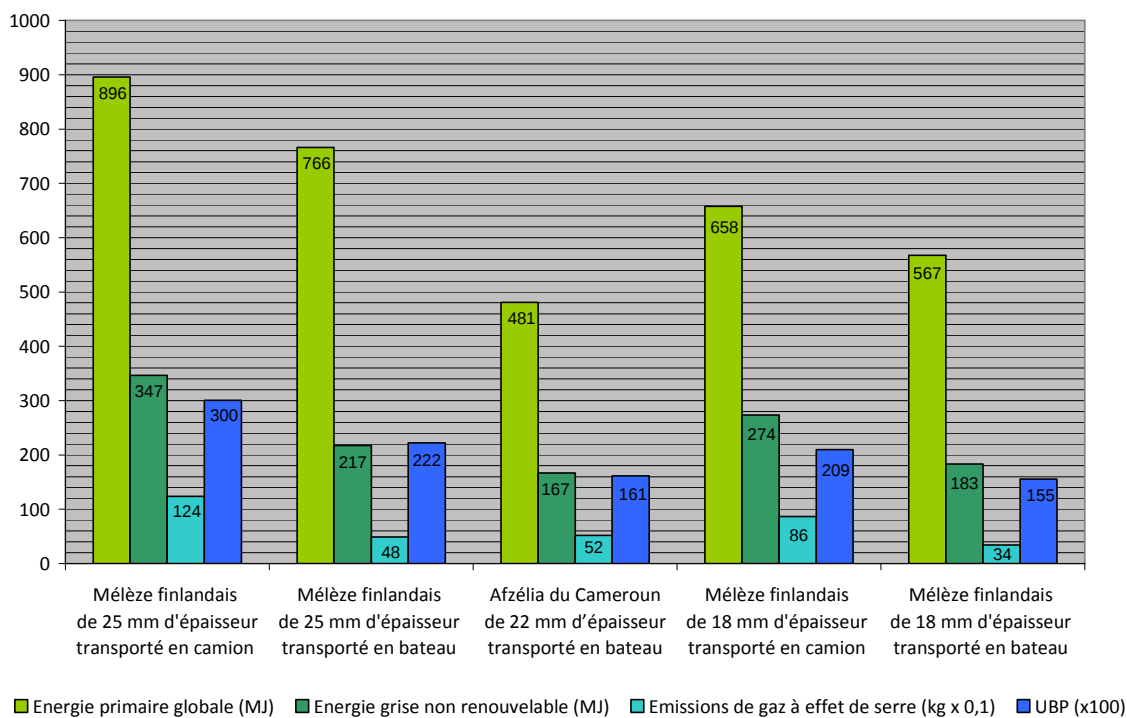


Figure 25 : Graphique comparatif de différentes mises en œuvre.

Les impacts environnementaux du mélèze finlandais de 18 mm d'épaisseur transporté en bateau sont alors fort comparables à ceux de l'afzélia de 22 mm. Les détails des calculs se trouvent en annexe 12. Evidemment, si nous avons également modifié la mise en œuvre de l'afzélia, celui-ci aurait obtenu des valeurs encore plus favorables.

1.6.13. Pourquoi le cèdre paraît-il si avantageux ?

Importer du cèdre du Canada pourrait, à première vue, sembler très consommateur d'énergie. En effet, la distance de transport est environ de 18 000 km contre 9000 km pour l'afzélia du Cameroun et 3000 km pour le mélèze de Finlande.

Ce qui avantage toutefois le cèdre est premièrement son poids. La masse volumique du cèdre est de 370 kg/m³ contre 800 pour l'afzélia et 600 pour le mélèze. Un poids si réduit permet de diminuer l'impact du transport. Il est évident qu'on consomme moins quand la charge à transporter est moins élevée.

Deuxièmement, l'épaisseur d'un bardage en cèdre est environ de 18 mm alors que, pour les autres essences, l'épaisseur tourne aux alentours de 22 mm. L'épaisseur du mélèze monte même souvent à 25 mm, vu sa nervosité. Cette faible épaisseur du cèdre diminue encore l'impact du transport et diminue également l'impact de la matière première puisque moins de matière est nécessaire.

Enfin, le cèdre n'a pas besoin d'être séché en cellule, un séchage à l'air libre suffit. Ce qui réduit à nouveau l'impact environnemental attribué à la matière première.

Le fait de réduire l'impact de la matière première et du transport se répercute également dans l'impact du remplacement du bardage.

Le cèdre obtient donc finalement des valeurs d'impacts très comparables à celles du chêne belge¹ alors que 18 000 km doivent être parcourus. Il n'est donc pas toujours justifié de penser que, plus le matériau vient de loin, moins il est "écologique". Toutefois, il ne faut pas oublier de prendre en compte d'autres paramètres. En effet, selon Serge Sidoroff, le Canada est réputé pour abattre ses forêts séculaires de chênes et de cèdres et, même s'il replante il faut peut-être se demander si cette essence ne pourrait pas provenir de lieux plus variés ou même de nos propres forêts.²

1.6.14. Pourquoi le douglas belge obtient-il un score si différent du chêne belge alors qu'ils ont la même provenance?

L'impact de la matière première, du transport et du traitement sont, selon nos calculs, très similaires entre le douglas et le chêne. La principale différence se marque dans la durée de vie du bardage. Un bardage en chêne doit (si l'on s'en réfère aux classes de durabilités) être remplacé après 40 ans alors qu'un bardage en douglas doit être remplacé après 30 ans. Sur une durée de vie de référence de 50 ans, il faudra donc remplacer le chêne 1,25 fois (arrondi à 1,3 fois). Les impacts sont donc multipliés par 1,3. Le douglas, par contre, devra être remplacé 1,7 fois. La durée de vie du bardage a donc, elle aussi, une influence non négligeable sur les résultats.

1.6.15. Quelle est la différence entre un résineux et un feuillu ?

Nous avons choisi dans les essences à comparer des feuillus et des résineux pour vérifier s'il existe une différence ou non dans l'impact environnemental de ces deux types de bois.

Aspects anatomiques

La structure anatomique et la composition chimique de ces 2 catégories de bois sont différentes et possèdent des propriétés différentes. « Chez les conifères (...), contrairement à ce qui se passe chez les feuillus, la largeur du bois final est assez constante, quelle que soit la largeur du cerne. En d'autres termes, plus un conifère grossit vite, moins son bois sera dense. »³ La masse volumique des conifères est également moins importante que celle des feuillus. Ils sont donc généralement moins résistants mais aussi plus faciles à transporter et à mettre en œuvre.

Aspect économique

Au-delà de l'aspect proprement anatomique du bois, les résineux ont tendance à pousser plus rapidement que les feuillus. De ce fait, un bardage en douglas belge (environ 30 €/m²) sera nettement moins cher qu'un bardage en chêne belge (environ 60€/m²). Toutefois la qualité du bois est également souvent moins bonne et le bardage doit être remplacé plus rapidement. Il faut donc effectuer le calcul entre le prix à l'achat et les dépenses lors de l'entretien et du remplacement.

¹ Se référer aux résultats chiffrés des calculs de l'annexe 7 à l'annexe 14.

² SIDOROFF Serge, *Eurobois 2001 – FIBRA & CNDB. Place du bois dans la Haute Qualité Environnementale*, version 02, 02-2001, p. 1.

³ DEFAYS Manu, Belgian Woodforum, « Le mélèze », (...), p. 10.

Comme nous l'avons déjà évoqué, le fait que les résineux poussent plus vite que les feuillus incite les exploitants forestiers à couper les forêts primaires de feuillus pour les remplacer par des forêts de résineux, plus rentables.

Durées de vie

Les classes de durabilité des résineux sont souvent inférieures aux classes de durabilité des feuillus. Le douglas, par exemple, est de classe 3 (durée de vie de 30 ans en bardage) alors que le chêne est de classe 2 (durée de vie de 40 ans en bardage). Le cèdre représente toutefois une exception ; c'est un des rares résineux à être de classe 2. Un bardage en résineux devra donc généralement (avec la même mise en œuvre et le même traitement) être remplacé plus rapidement qu'un bardage en feuillus.

Fin de vie du bois

En ce qui concerne la valorisation en énergie, « pour les feuillus le pouvoir calorifique inférieur anhydre se situe entre 18 et 19 MJ/kg (4 800 à 5 300 kWh/tonne) ; pour les conifères, il est légèrement plus élevé, compte tenu de la présence de résine. »¹ Cette différence n'est toutefois pas significative.

Impacts environnementaux

Si l'on compare le douglas belge au chêne belge, l'impact global, comme nous l'avons déjà expliqué, est plus important pour le douglas principalement à cause de sa durée de vie moins longue. Il est toutefois difficile de généraliser car toutes les essences n'ont évidemment pas les mêmes propriétés. Notre étude ne se base pas sur assez d'essences différentes pour tirer de réelles conclusions à ce niveau.

Finalement, entre feuillus et résineux, la balance ne semble pas pencher plus d'un côté que de l'autre. Le choix doit surtout être raisonné en intégrant un maximum de critères et en n'oubliant pas qu'une essence n'est pas l'autre...

1.6.16. Finalement, vaut-il mieux utiliser un bois indigène ou non ?

La réponse à cette question ne peut se réduire à la simple interprétation des résultats des graphiques. Ceux-ci ne prennent en compte qu'un nombre limité de paramètres chiffrés alors qu'une infinité de paramètres entrent en jeu. Toutefois, nous pouvons essayer d'interpréter les données et éventuellement de les extrapoler tout en sachant que les chiffres sont relatifs.

Nous n'analysons ici que le graphique des écopoints (UBP). En effet, cet indice est celui qui prend le plus de paramètres en compte. Il reprend normalement les 3 autres indices ainsi que d'autres paramètres supplémentaires (comme l'épuisement des ressources...).

Les résultats nous montrent que le bois qui semble le plus intéressant est le cèdre, suivi du chêne, de l'afzélia puis du douglas et enfin du mélèze. Les désavantages du mélèze ainsi que les avantages du cèdre ont déjà été expliqués. Mis à part l'avantage manifeste du cèdre, les bois indigènes et surtout le chêne arrivent en bonne position. L'avantage du chêne est sa provenance qui diminue les distances de transport et sa durée de vie relativement longue (40 ans). L'avantage

¹ LE NET Elisabeth, *Référentiel combustible bois énergie*, (...), p. 13.

de l'afzélia par rapport au douglas est sa durée de vie (50 ans pour l'azélia contre 30 ans pour le douglas). Si l'on se risque à extrapoler les résultats entre ces 3 bois, il vaut mieux alors d'abord choisir un feuillu belge puis un bois tropical et finalement un résineux belge. Les comparaisons réalisées ici ne prennent toutefois pas en compte assez d'essences différentes pour pouvoir tirer de réelles conclusions à ce niveau.

Nous devons également rappeler que la durée de vie d'un bardage ne dépend pas uniquement de l'essence mais d'autres paramètres comme une bonne mise en œuvre, l'application ou non d'un produit de traitement...

Le choix doit se faire en âme et conscience en intégrant aussi des paramètres beaucoup plus larges comme le fait de participer ou non à l'économie de son pays, des critères de disponibilité du bois, de prix... sans oublier les critères d'ordre esthétique et technique qui doivent correspondre au projet... Il convient surtout aussi de se renseigner sur la gestion durable des ressources sylvicoles...

Conclusion

Pour résumer les graphiques, nous pouvons dire que, selon nos 4 indices, ce sont les bardages en cèdre canadien puis en chêne belge qui semblent les plus intéressants au niveau du bilan environnemental. L'afzélia et le douglas arrivent ensuite avec un bilan similaire. En dernier lieu, nous retrouvons le mélèze (surtout si celui-ci est transporté en camion). Toutefois, les impacts sont très variables en fonction du moyen de transport utilisé, de la distance de transport, du type de séchage du bois, du traitement appliqué, de la mise en œuvre du bardage, de sa durée de vie... Les impacts diffèrent donc fortement d'un bâtiment à un autre.

Par exemple, la masse volumique du bardage varie d'un bois à un autre y compris au sein d'une même essence ; cela a donc une influence sur la quantité de matière. Certains types de traitement ont un profil écologique plus intéressant que d'autres... Une bonne mise en œuvre peut également améliorer considérablement les impacts d'un bardage. Comme nous l'avons démontré, les impacts d'un bardage en mélèze peuvent être rendus comparables à ceux d'un bardage en afzélia en variant sa mise en œuvre.

Chaque maître de l'ouvrage ou architecte peut donc faire varier lui-même (délibérément ou non) les impacts environnementaux !

Il ne faut pas non plus oublier que beaucoup d'autres aspects peuvent être pris en compte. La comparaison que nous présentons ici a ses limites. Un aspect que nous n'avons, par exemple, pas considéré est la disponibilité du bois. Selon L. Delem, la quantité de bois indigène présente en Belgique ne suffit, de toute façon, pas à couvrir nos besoins. Nous ne pouvons donc pas nous permettre de n'utiliser que des bois indigènes.¹ Rappelons à nouveau qu'il ne faut pas négliger des paramètres comme la gestion durable des forêts, les impacts sur l'économie, les impacts sur les populations locales, le prix, l'esthétique du bois...

¹ Laetitia Delem, chercheuse au CSTC, e-mail du 04-03-2011.

Chapitre 2

Nouveaux éléments de comparaison

Introduction

Après avoir analysé les différences qu'il peut y avoir entre les 5 essences de bois sélectionnées, nous souhaitons, en ajoutant ce chapitre, remettre dans un contexte plus large nos réflexions. En effet, la réduction des impacts environnementaux ne peut porter ses fruits que si elle est appliquée de la même manière à tous les éléments d'une construction. Il faut donc adopter une démarche globale avant une démarche plus particulière comme celle relative aux bardages en bois.

Premièrement, pour avoir un autre ordre de grandeur, nous comparons les résultats du bois avec ceux d'un bardage en PVC. Avant de donner les résultats de cette comparaison, nous présentons le bardage en PVC sur lequel nous nous sommes basés et les grandes caractéristiques de ce matériau.

Ensuite, nous présentons l'impact du bardage par rapport à celui d'une paroi complète. Deux types de parois de structures différentes ont été choisies. La première est une structure bois et la seconde, une paroi massive en béton cellulaire.

2.1. Comparaison avec un bardage en PVC

2.1.1. Informations générales



Figure 26 : Photographie bardage en PVC

Localisation : Nieuwpoort

Marque et modèle de bardage :
Bardage Deceuninck type Belface

Masse volumique moyenne du PVC :
de 1380 à 1410 kg/m³

Stabilité dimensionnelle : Très stable

Durabilité : Très durable

Humidité : Etanche

Fabrication :

F. Klatte met au point en 1912 les principes du procédé industriel de production du PVC (chlorure de polyvinyle ou polychlorure de vinyle):

- Le chlore (en grande quantité dans le PVC) est libéré par l'électrolyse du sel.
- Le raffinage du pétrole ainsi que le craquage du naphte permettent d'obtenir l'éthylène.
- Le monomère sous forme gazeuse est obtenu par synthèse chimique des éléments précédents.
- La polymérisation de ce monomère donne le PVC sous forme de poudre inerte.

-L'ajout d'adjuvants permet de donner au PVC (toujours sous forme de poudre ou de granulés) des propriétés très différentes.¹ Ces additifs peuvent rendre le PVC ignifuge², « stable aux UV et aux intempéries par ajout d'agents stabilisants. Pur, le PVC est dur et relativement fragile ; il devient souple par l'ajout de plastifiants (jusqu'à 50 %). »³

Produits de traitement et entretien :

Un bardage en PVC ne nécessite lors de sa durée de vie aucun traitement ni entretien, à part éventuellement un lavage à l'eau ou au détergent doux. Il ne change normalement pas d'aspect au cours du temps. C'est l'un de ses avantages par rapport au bois traité qui doit être régulièrement entretenu. Il n'y a, en effet, aucun risque de moisissures. Les bardages en PVC sont également repeignables. Toutefois, lors de la fabrication des bardages en PVC, de nombreux produits chimiques sont utilisés.

Mise en œuvre

Il est préférable de fixer les bardages en PVC mécaniquement.⁴ Un peu comme les bardages en bois, les lattes de PVC peuvent être emboîtées par rainures et languettes et fixées à l'aide d'attaches sur un lattis.

Provenance

Bien que les matières premières soient importées, le produit fini est ici souvent de production belge. Une firme très connue en Belgique est Deceuninck. L'usine où sont fabriqués leurs bardages en PVC se trouve à Hooglede-Gits en Flandre-Occidentale. Une grande partie des matières premières (comme le plastique, par exemple) qu'ils emploient sont fabriquées par la firme Solvay.

Dimensions

De très grandes dimensions peuvent être atteintes facilement (en général 6m de long) contrairement aux bardages en bois où la dimension des arbres limite la longueur des lames. En ce qui concerne l'épaisseur, du bardage en PVC, il fait en moyenne 6 mm.

Santé

Le PVC est un matériau cancérogène d'autant plus s'il est de mauvaise qualité. « Si le PVC est autant décrié, c'est parce qu'il est soupçonné de contribuer aux pluies acides, au rejet de dioxines et aux cancers. Le PVC permet cependant l'utilisation du chlore rejeté lors de la fabrication de produits tels le savon, la lessive. C'est aujourd'hui une des solutions pour éviter des stockages importants et dangereux de chlore.»⁵

Prix

Le prix, quasiment identique à celui d'un bardage en bois, varie de 10 à 80€/m².

¹ PVC, s.d. [en ligne, 16-12-2011] <http://www.deceuninck.be/Corporate/BE/pages/FR/architect/pvc.aspx>

² Leitfaden. guide des matériaux de construction. Chlorure de polyvinyle / Polychlorure de vinyle (PVC), 2008 v 2.0 [en ligne, 02-08-2011] <http://www.crtib.lu/Leitfaden/content/FR/116/C517/>

³ PVC, s.d. [en ligne, 16-12-2011] <http://www.deceuninck.be/Corporate/BE/pages/FR/architect/pvc.aspx>

⁴ Idem

⁵ Wikipedia, polychlorure de vinyle, 26-07-2011 [en ligne, 02-08-2011], http://fr.wikipedia.org/wiki/Polychlorure_de_vinyle

2.1.2. Graphique comparatif

Nous avons, dans ce graphique, supprimé l'indice "énergie primaire globale" car il ne nous semble pas cohérent de comparer du bois et du PVC sur base de cet indice. En effet, l'énergie renouvelable et l'énergie non renouvelable y sont additionnées sur un même pied d'égalité sans distinction. Cela défavorise considérablement le bois par rapport au PVC. En effet, s'il est issu de forêts gérées durablement, le bois n'est quasiment entièrement qu'une matière renouvelable,- ce qui n'est pas le cas du PVC.

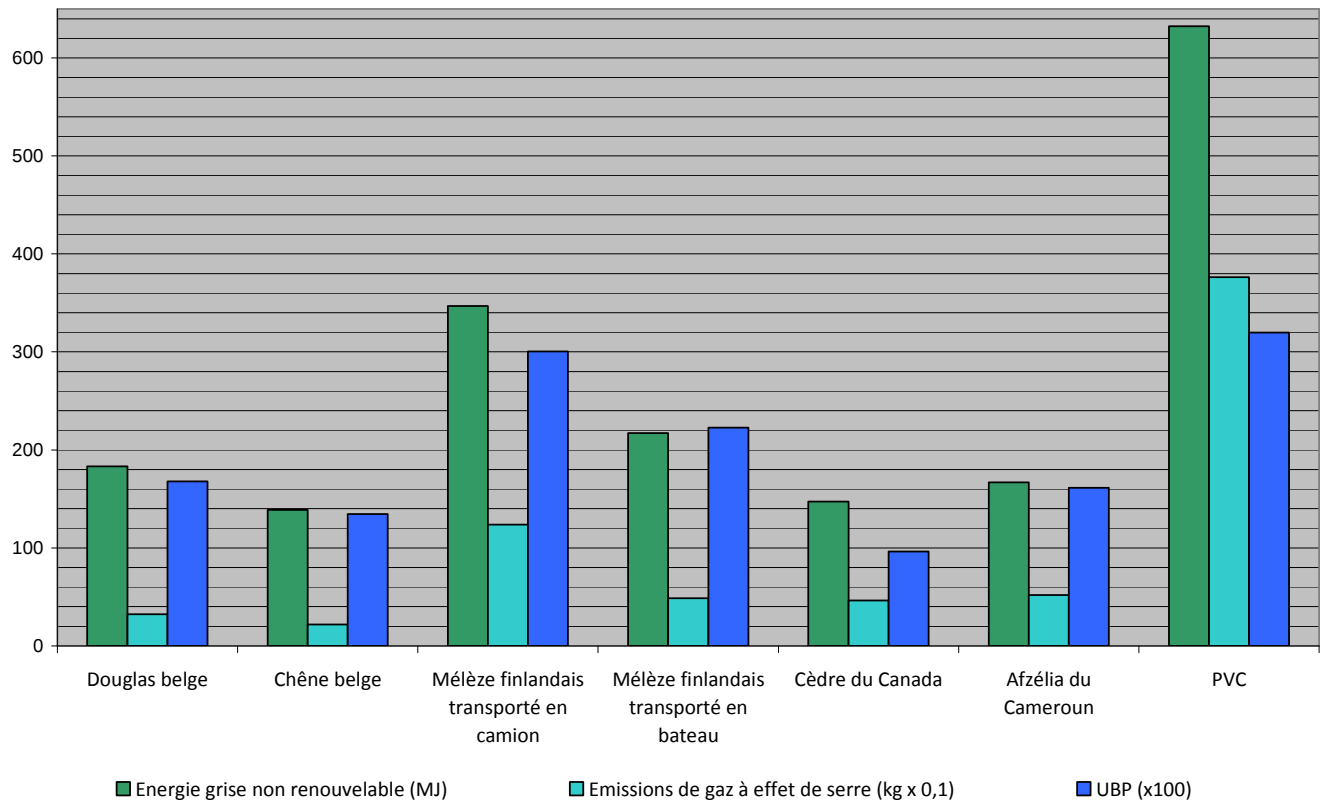


Figure 27 : Graphique récapitulatif des comparatifs des 5 essences de bardages et du PVC.

2.1.3. Conclusion

Nous pouvons remarquer que, suivant ces 3 indices, le PVC est largement moins intéressant que le bois. Cette comparaison permet de remettre les choses dans leur contexte. Les différences entre les 5 essences de bois sont maintenant à relativiser. Un bardage en bois aura, en effet, toujours moins d'impacts sur l'environnement qu'un bardage en PVC. Il convient donc d'abord de choisir le bon type de matériaux avant d'aller plus dans les détails concernant la provenance, le traitement... Les calculs concernant le PVC se trouvent en annexe 13. L'annexe 16 comporte, quant à elle, les problématiques liées au recyclage du PVC que nous n'aborderons pas ici.

2.2. Comparaison avec une paroi en structure bois

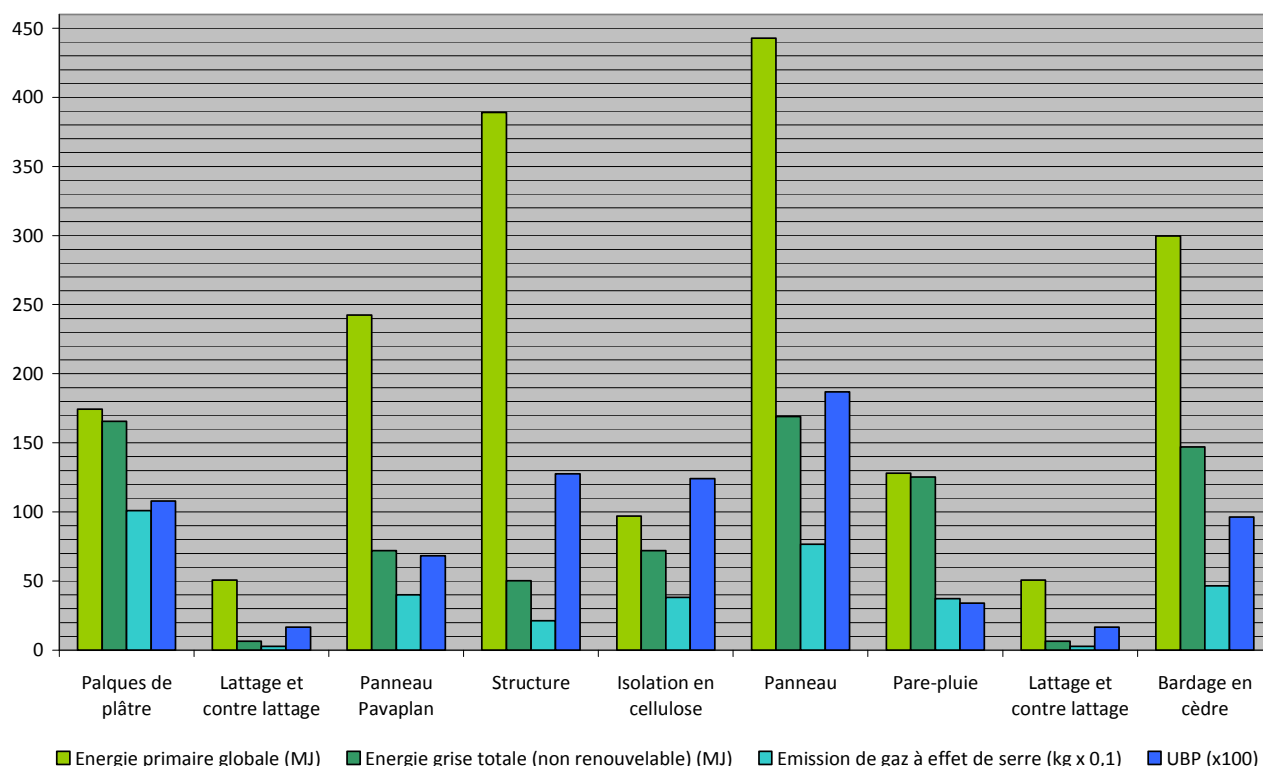


Figure 28 : Impact global d'une paroi en structure bois

Les calculs effectués pour la réalisation de ce graphique se trouvent en annexe 18. On peut remarquer que l'impact du bardage représente 16% de l'énergie primaire globale, 18% de l'énergie grise totale non renouvelable, 12,6% des émissions de gaz à effet de serre et 12% des UBP de l'ensemble de la paroi. Ce sont étonnamment les panneaux de particules qui représentent l'impact le plus important. A eux seuls, ils représentent de 20 à 25 % des impacts. Dans une même optique que la diminution des impacts du bardage, il serait donc également intéressant d'essayer de limiter l'impact de ces plaques.

2.3. Comparaison avec une paroi massive

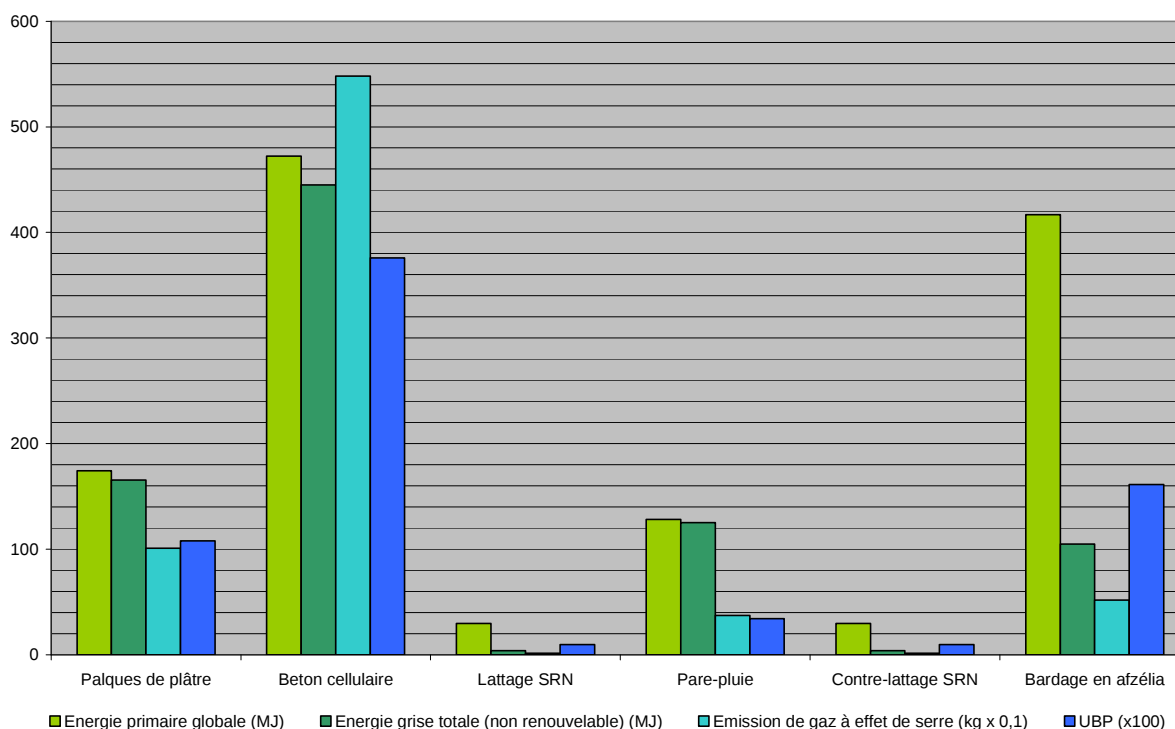


Figure 29 : Impact global d'une paroi en blocs de béton cellulaire.

Les calculs effectués pour la réalisation de ce graphique se trouvent en annexe 19. On peut remarquer que l'impact du bardage représente 33% de l'énergie primaire globale, 12% de l'énergie grise totale non renouvelable, 6% des émissions de gaz à effet de serre et 23% des UBP de toute la paroi. L'impact du bardage n'est pas négligeable mais il serait intéressant d'essayer de limiter également l'impact du béton cellulaire. Celui-ci représente, à lui seul, 37% de l'énergie primaire globale, 52% de l'énergie grise non renouvelable, 74% des émissions de gaz à effet de serre et 54% des UBP.

On peut également remarquer que les plaques de plâtre ont un impact plus ou moins de même importance que celui du bardage extérieur. On pourrait peut-être penser à remplacer le plâtre par un autre matériau (ex : des enduits à la terre, au chanvre...).

Conclusion

Ces 3 dernières comparaisons nous permettent de relativiser les impacts d'un bardage en bois. En effet, le bois n'aura normalement jamais plus d'impacts environnementaux qu'un bardage en PVC, quels que soient sa provenance, son essence, son mode de transport... C'est le choix du matériau qui est donc, avant tout, essentiel.

Ensuite, grâce à la mise en relation du bardage avec les deux types de parois, nous pouvons remarquer que ce serait un non-sens de s'attarder à réduire uniquement les impacts environnementaux du bardage. Il convient de faire attention aux autres matériaux qui composent la paroi et même qui composent l'ensemble de la construction.

Une démarche semblable à celle présentée ici pour le bardage en bois pourrait donc être appliquée à l'entièreté des matériaux de construction.

Conclusions générales

Un concept répandu pour juger des impacts environnementaux d'un matériau de construction est celui d' "énergie grise". A côté de ce concept, existent aussi d'autres évaluations (émissions d'équivalent CO₂, énergie grise non renouvelable, écopoints...). Les éléments pris en compte varient d'un indice à un autre mais aussi, encore actuellement, d'un auteur à un autre. Ceux-ci posent eux-mêmes les limites imposées aux calculs d'analyse de cycles de vie. Nous allons toutefois vers une harmonisation de ces calculs grâce, entre autres, aux futures normes européennes.

Les paramètres à prendre en compte dans la comparaison de nos 5 essences de bois de bardage sont nombreux. Le choix de ces paramètres par l'architecte ou le maître de l'ouvrage peut faire considérablement varier les impacts environnementaux. Par exemple, le choix du mode de transport a une influence sur les émissions de CO₂. La masse volumique du bois influence le coût énergétique du transport et donc la quantité de gaz à effet de serre émise. Le traitement, la mise en œuvre du bois et le choix de l'essence influencent la durée de vie du bardage... Face à ces nombreuses options possibles, nous avons choisi 5 bâtiments existants qui correspondaient à nos 5 essences de bois.

Nous basons nos réflexions sur l'hypothèse que les bois sont issus de forêts gérées durablement. En effet, si les forêts ne le sont pas, les impacts environnementaux sont beaucoup plus grands. Nous avons toutefois démontré la relativité des labels (type FSC, PEFC...) ainsi que la difficulté de retrouver la provenance des bois et les étapes par lesquelles ils ont transité. Il serait peut-être intéressant de solutionner ce problème en reconstruisant les liens passés entre producteur et consommateur. Il faudrait pourvoir faire en sorte que le producteur et le consommateur s'identifient.

À l'issue des calculs comparatifs réalisés entre nos 5 essences de bois, un grand nombre de conclusions peuvent être tirées. Nous ne les reprenons pas toutes ici. Elles sont reprises dans le chapitre questions/réponses. Nous pouvons toutefois citer, par exemple, que l'impact du moyen de transport semble prépondérant par rapport à celui de la distance de transport, mais également que le type de mise en œuvre du bois peut faire varier considérablement les impacts environnementaux...

Notons toutefois qu'il est impératif de garder une certaine distance par rapport aux chiffres exposés dans cette étude. Finalement, comment alors choisir un matériau de construction ? Et plus particulièrement comment alors déterminer une essence de bois ?

Tout d'abord, le choix d'un matériau de construction doit impérativement se baser sur une analyse multicritères. Ces critères sont, en partie, objectifs et chiffrables et, en partie, subjectifs et laissés à l'appréciation de chacun. C'est aux architectes et aux maîtres de l'ouvrage de se poser le maximum de questions par rapport à la situation précise à laquelle ils sont confrontés. Leur ouvrir des pistes de réflexion par rapport à l'ensemble des matériaux de construction et leur fournir les outils adaptés sont, en outre, indispensables pour guider leurs décisions. Ils devront prendre en considération le plus possible l'ensemble de la construction en allant du choix des matériaux aux contraintes liées aux performances énergétiques des bâtiments.

Deuxièmement, il convient de lier le choix de l'essence à l'usage qu'on veut en faire. Chaque cas est différent (bardages, châssis, escaliers de dimensions et dans des environnements différents...). Stephan Justin, coordinateur de projet au FSC-Belgium nous conseille de favoriser

l'essence la plus adaptée selon l'application visée (par exemple, de ne pas privilégier une essence avec une classe de durabilité excessive si la façade est peu exposée). Certains nous diront par exemple que l'afzélia est un bois extraordinaire de par ses propriétés. Ainsi, il permet de résister aux contraintes mécaniques liées à la réalisation de cadres de fenêtre de dimensions importantes. L'utilisation en bardage de ce type d'essence représente donc, en quelque sorte, un gaspillage.

Finalement, on peut certainement retenir qu'en utilisant des essences appropriées en fonction de l'usage, on participe à la diversification des types d'exploitation du bois. Ce choix contribue à l'équilibre biologique mais aussi à la diversification des filières économiques.

Bibliographie

Energie grise

Agence Régionale de l'Energie Réunion, *Qu'est-ce que l'énergie grise ?*, s.d. [en ligne, 10-09-2010] <http://www.temoignages.re/qu-est-ce-que-l-energie-grise,30321.html>

BOVET Philippe, « Energie Grise. Réhabilitation de l'usine Velag à Bregenz », dans *EcologiK*, 2010, n°16, p54-61.

Commission Internationale pour la Protection des Alpes, *Teneur en énergie grise des matériaux de construction*, s.d. [en ligne, 15-12-2004] http://www.cipra.org/fr/climalp/construction-renovation/protection-du-climat/lenergie-grise-dans-la-construction/lenergie-grise-dans-la-construction/graue_energie_f.pdf

FRANCOIS Julie, *Energie grises : Prise en compte et étude critique*, Institut Supérieur d'Architecture Intercommunal Lambert Lombard, Liège, 2007/2008.

Ecoconso, *L'énergie grise et le sac à dos écologique*, fiche n°153, septembre 2010 [en ligne, juin 2008] <http://www.ecoconso.be/spip.php?article484>

MARECHAL Luc (dir.), « L'énergie grise ou l'empreinte énergétique des produits », dans *Réactif*, 2009, n°59, p1-16.

MEEP Sterly, *La chasse à l'Energie grise*, 22-01-2004 [en ligne, 10-09-2010] <http://solar-club.web.cern.ch/solar-club/controverses/chassegrise.html>

NIEMANN Erik, *L'énergie grise dans la filière bâtiment et travaux publics*, 31-01-2007 [en ligne, 01-10-2010] <http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/dri/RMGC06-002.pdf>

Société suisse des ingénieurs et des architectes, *norme SIA 2032. L'énergie grise des bâtiments*, Zurich, édition 2010.

Critères multiples qui guident le choix de matériaux

L'analyse multi-critères, 31-08-10 [en ligne, 31-11-10] <http://www.faq-logistique.com/Multicriteres.htm>

EVARD Caroline, *Techniques et matériaux adaptés à la construction durable*, I.S.A. Saint-Luc de Wallonie, Liège, 1999/2000.

Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement de l'ouest division urbaine Groupe Construction, *Les Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires (FDES). Développement durable dans les constructions publiques*, Nantes, s.d.

COUASNET Yves, *Propriétés et caractéristiques des matériaux de construction. Energie grise des matériaux écologiques*, édition Le Moniteur, s.l., s.d.

Guide de la construction et de la rénovation durables, Centre de Ressources des Technologies pour l'Environnement (CRTE), 21-01-2011 [en ligne, 02-01-09]
<http://www.crtib.lu/Leitfaden/index.jsp?section=FR>

KUR Friedrich, *Bauen und Wohnen mit Naturbaustoffen*, Mens, France, Edition Terre Vivante, 1998/1999/2000.

HAAS Michiel (dir.), *NIBE's Basiswerk. Milieuclassificaties. Bouwproducten. Deel 2. Gevels en daken*, Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie, Bussum, 2007-2008.

LEMAIRE Sabrina, *Aide au choix des produits de construction sur la base de leurs performances environnementales et sanitaires*, Institut National des Sciences Appliquées, Lyon, janvier 2006.

SAFFRE Anne, *L'habitat écologique*, I.S.A. Saint-Luc de Wallonie, Liège, 1992/1993.

TRACHTE Sophie et DE HERDE André, *Élaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons à très basse consommation d'énergie. Choix des matériaux. Ecobilan de parois*, Architecture et climat, UCL, 2010.

VANDEBROUCK Eric, *L'Architecture, l'Homme et la Nature*, I.S.A. Saint-Luc de Wallonie, Liège, 1989/1990.

Réalisation d'une ACV

ADEME, *Bilan Carbone. Entreprises et Collectivités. Guide des facteurs d'émission. Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées*, janvier 2007, version 5.0
<http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=15730>

Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois cecobois, *Le bois et l'environnement. Le matériau bois et l'analyse du cycle de vie*, s.d. [en ligne, 17-05-2011]
http://www.cecobois.com/index.php?option=com_content&view=article&id=91&Itemid=100

CORNILLIER Claire et VIAL Estelle, *L'Analyse de cycle de vie (ACV) appliquée aux produits bois : bilan énergétique et prise en compte du carbone biomasse*, s.l., 2008.

CRETIAZ Pierre et JOLLIET Olivier, *Analyse environnementale du cycle de vie. De la critique à la réalisation d'un écobilan*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, Version 3, 06-02-2001.

LE TIRILLY Alain, « Cycle de vie des fenêtres bois : une étude pour progresser », dans *Le Bois International*, 01-09-2007, p. 14-17.

RABLE Ari, BENOIST Anthony, DRON Dominique, PEUPORTIER Brunon, SPADARO Joseph V., ZOUGHAID Assaad, *International LCA Journal*, 2007.

Logiciels et outils

Comité technique de la base INIES, *Mieux comprendre la partie environnementale des déclarations environnementales et sanitaires des produits de construction selon la norme NF P01-010*, Document CTIB n°10, Version 1, Juillet 2005.

Etablie par le CSTB à partir des informations de la société Blanchon, *Fiche de déclaration environnementale et sanitaire. Peinture bois très longue durée*. Environnement, Janvier 2009.

Eco-bau, *Données des écobilans*, juillet 2011 [en ligne, 25-12-2011] <http://www.eco-bau.ch/index.cfm?Nav=20#CustomDetails90>

ESU-services, fair consulting in sustainability, *La base de données ecoinvent*, s.d. [en ligne, 25-12-2011] <http://www.esu-services.ch/fr/banque-de-donnees/ecoinvent/>

NGUYEN Raphaël, *Outils d'aide pour le choix de matériaux. Synthèse des outils d'aide au choix des matériaux écologiques*, Artbuild, Eco. Team, Bruxelles, 12-10-2010.

OFCL, conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics [en ligne, 25-12-2011] <http://www.bbl.admin.ch/kbob/index.html?lang=fr>

Recommandation. Construction durable. Donnée des écobilans dans la construction 2009/1, KBOB / Ecobau / IPE, mars 2010.

La gestion durable des forêts

ANGERAND Sylvain invité par STEGASSY Ruth, *Certification Bois*, Emission Terre à Terre, France culture, 09-10-2010.

Application des réglementations forestières, gouvernance et échange commerciaux. Qu'est-ce que FLEGT?, Note d'Information 01, mars 2007.

Association Technique Internationale des Bois Tropicaux (ATIBT), *Etude sur le plan pratique d'Aménagement des Forêts Naturelles de Production Tropicales Africaines. Application au cas de l'Afrique Centrale. Volet 1 « Production Forestière »*, Paris, 04-2007.

BAUZA Marta Alvarez et LEGER Frédéric, *Les Peuples Autochtones face au changement climatique*, Master en Gestion du Développement Durable et du Changement Climatique, Toulouse, 2010.

DEBECKER Maarten, GOYENS Geertrui, HOLVOET Bart, JUSTIN Stéphan, *Manuel construire avec du bois FSC. De la conception à la réalisation*, FSC-Belgique, Belgique, 2009.

DI STACIO Lucia, *Aspects socio-économiques et environnementaux de l'utilisation de bois indigènes dans la construction ; alternative aux bois tropicaux importés*, Université libre de Bruxelles, Faculté des Sciences, Bruxelles, 2009/2010.

Etude sur le plan pratique d'Aménagement des Forêts Naturelles de Production Tropicales Africaines. Application au cas de l'Afrique Centrale. Volet 1 « Production Forestière », Association Technique Internationale des Bois Tropicaux (ATIBT), Paris, avril 2007.

FERNHOLZ Kathryn, *Forest Certification : A Statut Report*, Dovetail Partner Inc., Minneapolis, 23-03-2010.

FSC, *Global FSC certificates: type and distribution*, Allemagne, janvier 2010 [en ligne 10-01-2012] [http://www.fsc.org/fileadmin/web-data/public/document center/powerpoints graphs/facts figures/Global-FSC-Certificates-2010-01-15-EN.pdf](http://www.fsc.org/fileadmin/web-data/public/document%20center/powerpoints%20graphs/facts%20figures/Global-FSC-Certificates-2010-01-15-EN.pdf)

La forêt wallonne se porte bien. Merci !, Service public de Wallonie, Direction générale de l'agriculture, des ressources naturelles et de l'environnement, Jambes, s.d.

LAMOTTE Philippe, « Main basse sur les forêts tropicales », dans *le Vif l'Express*, 04-04-2008, p 36-39.

Le nouveau code forestier. Edition spéciale propriétaires privés, service public de Wallonie, Direction générale de l'Agriculture, des ressources naturelles et de l'Environnement, Jambes, s.d.

LEXPRESS.fr, *Canada. Déforestation: Greenpeace épingle Hachette Livre USA*, 27-08-2007 [en ligne 16-01-2012] http://www.lexpress.fr/actualite/sciences/deforestation-greenpeace-epingle-hachette-livre-usa_466240.html

MATHIEU Clémence, « Bois exotiques FSC. La traçabilité émerge en Afrique », dans *EcologiK*, avril-mai 2009, n°08, p16-17.

PEFC International, *PEFC Global Certification: Forest Management & Chain of Custody*, Genève, 10-2011 [en ligne, 27-12-2011] <http://pefc.org/index.php/about-pefc/who-we-are/facts-a-figures>

SIDOROFF Serge, *Eurobois 2001 – FIBRA & CNDB. Place du bois dans la Haute Qualité Environnementale*, version 02, 02-2001.

Aspect techniques du bois

Association Suisse des Raboteries et Holzbau Schweiz, *Fiche technique No 4-2-07/F. Montage de façades en bois*, 08-2007.

BERTRAND Etienne (dir.), *Made in Wood. Architecture & Design*, Allemagne, 1998.

Bois (matériau de construction), encyclopédie Techno-Science.net, 22-04-2011 [en ligne, 22-04-2011] <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=4741>

CHARRON S. et al., *NIT 243. Les revêtements de façade en bois et en panneaux à base de bois*, CSTC, Bruxelles, décembre 2011.

Conseil scientifique du Belgian WOODFORUM, « Espèces de bois pour usages extérieurs », dans *le courrier du bois*, janvier-mars 2009, n°164, p. 12-14.

CTBA, *Parquets, lambris, bardages et revêtements de sol. Rapport de situation de la normalisation*, janvier 2006.

DEFAYS Manu, DE MESEL Koen, MERLIN Henri, *Pratique du bois. 35 espèces et une réponse à toutes vos questions bois*, Edition du Centre Interfédéral d'Information sur le bois, Editeur responsable DE MESEL Koen, s.d.

DEFAYS Manu, Belgian WOODFORUM, « Le chêne d'Europe », dans *Le courrier du bois*, janvier-mars 2010, n°168, p. 14-15.

DEFAYS Manu, Belgian WOODFORUM, « Le mélèze », dans *Le courrier du bois*, avril-juin 2010, n°169, p. 10-12.

Développement durable dans la construction : AFNOR/P01E, janvier 2012 [en ligne, 13-01-2012] http://www2.afnor.org/espace_normalisation/structure.aspx?commid=1240

FAYS Richard, *Des forêts... des bois...*, Imprimeau, Ste Ode, Belgique, 2009.

NBN Standards for .be, 31-02-2012 [en ligne, s.d.] <http://shop.nbn.be>

STEIGER Ludwig, *Construire en bois*, Birkhäuser Basel, Bâle, 2007.

« Valorisation du douglas en bois de structure et bardages : impact de la vitesse de croissance des arbres », dans *Forêt wallonne*, janvier / février 2009, n° 98, p. 29-38.

Western Red Cedar Lumber Association, *Still Creek Forest Products*, 2006 [en ligne 19-11-2011] http://www.wrcla.org/about_us/certifieddistributors/canadiandistributors/stillcreek.asp

Traitement du bois

BOMACO, *Menuiserie extérieure : préservation et finition*, 09-07-2005 [en ligne, 26-12-2011] http://www.bomaco.be/techfiches_fr/expl-fr/expl-f-6.html

IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments. Infos fiches-éco-construction. Traitement du bois : tenir compte de leur impact sur la santé et l'environnement*, Bruxelles, 02-2007.

TRIBOULOT Marie-Christine et GERARDIN Philippe, *Les bois traités*, Université Henri Poincaré, Nancy, s.d., p. 1.

Transport du bois

American Association of Port Authorities, *Canadian Port Rankings*, 2008 [en ligne, 12-10-2011] <http://www.aapa-ports.org/Industry/content.cfm?ItemNumber=900>

Autorité portuaire d'Anvers, *Annuaire statistique 2010*, Anvers, Belgique, 2010.

Finland Forest and Forestry, 21-04-2002 [en ligne, 09-12-2011] http://bolt.lakeheadu.ca/~borfor/world/world_finland.htm

RAILEUROPE, *Rail Map of Finland*, [en ligne, 09-12-2011] <http://www.raileurope.ca/fr/europe-travel-guide/finland/map.html>

The Antwerp Departure and Arrival List, 31-10-2011 [en ligne, 31-10-2011] <http://www.beaer.com/arrival-list-light.php>

The Sawmill Database, 2007-2008 [en ligne, 09-12-2011] <http://www.sawmilldatabase.com/sawmills.php?countryid=2>

Transport : des grumiers plus longs pour moins de carbone ?, s.d. [en ligne, 19-03-2011] <http://www.boisinternational.com/news000103e7.asp>

Recyclage des matériaux de construction

COURARD Luc, *Le cycle de vie des matières : les matériaux de construction et de démolition*, Université de Liège, juin 2006.

FRISCHNECHT Rolf, *Données des écobilans dans la construction. Données de base sur l'énergie grise*, ESU-services GmbH, Uster, 04-02-2010.

LE NET Elisabeth, *Référentiel combustible bois énergie : Les produits en fin de vie. Définition et exigences*, Etude réalisée pour le compte de l'ADEME par FCBA, Paris, 25-04-2008.

Mc DONOUGH William et BRAUNGART Michael, *Cradle to Cradle. Remaking the way we make things*, North Point Press, New York, 2002.

PVC

DECEUNINCK, <http://www.deceuninck.be/Corporate/BE/pages/FR/architect/references.aspx>

Leitfaden. guide des matériaux de construction. Chlorure de polyvinyle / Polychlorure de vinyle (PVC), 2008 v 2.0 [en ligne, 02-08-2011] <http://www.crtib.lu/Leitfaden/content/FR/116/C517/>

PVC, s.d. [en ligne, 16-12-2011]

<http://www.deceuninck.be/Corporate/BE/pages/FR/architect/pvc.aspx>

RECOVINYL, *Recyclage du PVC rigide et PVC souple*, Bruxelles, 2008.

Vynil Plus, *European PVC industry launches VinylPlus*, 2010 [en ligne, 02-08-2011] <http://www.vinyl2010.org/>

Wikipedia, *polychlorure de vinyle*, 26-07-2011 [en ligne, 02-08-2011], http://fr.wikipedia.org/wiki/Polychlorure_de_vinyle

Autres

ADEME, *Guide des facteurs d'émissions. Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées*, 01-2007, version 5.0.

Appliquer la réglementation wallonne PEB, Portail de l'énergie en Wallonie, 22-04-2011 [en ligne, 22-05-2011] <http://energie.wallonie.be/fr/appliquer-la-reglementation-wallonne-peb.html?IDC=6148>

de VIGNAN Jean, *Le Petit Dicobat*, 4^{ème} édition, Paris, Editions Arcature, 2008.

DEVOLDERE Stefan, « éditio 214 », dans *A+*, octobre-novembre 2008, n°214, p. 3.

JANCOVICI Jean-Marc, *Faut-il souhaiter la croissance du trafic aérien ?*, novembre 2004 [en ligne, 13-01-2012] <http://www.manicore.com/documentation/aeroport.html>

LAUER Stéphane, « L'automobile réduit ses émissions de CO₂ mais elle doit encore progresser », dans *Le Monde*, 04-04-2004.

PAVATEX, *Pavaplan. Panneau de contreventement*, octobre 2011 [en ligne, 24-12-2011]
http://www.pavatex.fr/d%C3%A9tail_du_produit.aspx?PROID=59825

PRELASTI, *EPDM. Caractéristiques techniques*, 2007 [en ligne 24-12-2011]
<http://www.prelasti.com/fr/epdm.php?&ref=epdm&page=KWsaMvgzJTPvfje0JPwzKfQz&lang=fr&detail=78mTa9nLadlM.tnTetoGidoTa9mRK8mTmtmLmtk>

REES William et WACKERNAGEL Mathis, *Notre empreinte écologique. Comment réduire les conséquences de l'activité humaine sur la terre*, éditions écosociété, Montréal, 1996.

Exposition et conférence

FRERE Hugues, DEFAYS Manu, *Quelles essences en bois de bardage ?*, conférence Bois et Habitat, 26-03-2011.

Faculté agro bio tech de Gembloux, exposition « Africasylves », Gembloux, octobre 2010.

Table des illustrations

Figure 1 –	CORNILLIER Claire et VIAL Estelle, <i>L'Analyse de cycle de vie (ACV) appliquée aux produits bois : bilan énergétique et prise en compte du carbone biomasse</i> , s.l., 2008, p.3.	- 6
Figure 2 –	<i>Recommandation. Construction durable. Donnée des écobilans dans la construction 2009/1</i> , KBOB / Ecobau / IPE, mars 2010, feuille matériaux.	- 10
Figure 3 –	<i>Recommandation. Construction durable. Donnée des écobilans dans la construction 2009/1</i> , KBOB / Ecobau / IPE, mars 2010, feuille transport.	- 12
Figure 4 –	MAROT Amélie, <i>Limites de la base de données ecoinvent et du fichier KBOB pour les matériaux bois</i> , 26-12-2011.	- 13
Figure 5 –	FRERE Hugues, DEFAYS Manu, <i>Quelles essences en bois de bardage ?</i> , conférence Bois et Habitat, 26-03-2011.	- 23
Figure 6 –	FRERE Hugues, DEFAYS Manu, <i>Quelles essences en bois de bardage ?</i> , conférence Bois et Habitat, 26-03-2011.	- 24
Figure 7 –	Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois, <i>Le bois et l'environnement Le matériau bois et l'analyse du cycle de vie</i> , s.d. [en ligne, 17-05-2011] http://www.cecobois.com/index.php?option=com_content&view=article&id=91&Itemid=100	- 29
Figures 8, 10, 12, 14, 16 –	ELLIOTT Tom, <i>Carte muette du monde</i> , Ancient World Mapping Center, University of North Carolina at Chapel Hill, 2004, [en ligne 21-12-2011] http://www.vmapas.com/Carte_Monde_Muette.jpg/maps-fr.html?map_viewMap=1 Cartes modifiées par MAROT Amélie	- 34, 36, 38, 41, 43
Figure 9 –	FASBENDER Benoît, <i>Photographie crèche en douglas</i> , Dinant, s.d.	- 35
Figure 11 –	MAROT Amélie, <i>Photographie maison Rolin</i> , Malonne, 17-08-2011.	- 36
Figure 13 –	MAROT Amélie, <i>Photographie maison Surleraux</i> , Fleurus, 08-08-2011.	- 38
Figure 15 –	MAROT Amélie, <i>Photographie maison Lequeux</i> , Malonne, 10-08-2011.	- 41
Figure 17 –	DULLIER Olivier, <i>Photographie Maison Dullier</i> , Maillen, 2010.	- 43
Figure 18 –	MAROT Amélie, <i>Comparaison des différents bardages au niveau des émissions de gaz à effet de serre</i> , 15-12-2011.	- 50
Figure 19 –	MAROT Amélie, <i>Comparaison des différents bardages au niveau de l'énergie grise non renouvelable</i> , 15-12-2011.	- 52
Figure 20 –	MAROT Amélie, <i>Comparaison des différents bardages au niveau de l'énergie primaire globale</i> , 15-12-2011.	- 53

Figure 21 –	MAROT Amélie, <i>Comparaison des différents bardages au niveau de l'énergie grise non renouvelable</i> , 15-12-2011.	-	54
Figure 22 –	MAROT Amélie, <i>Graphique récapitulatif des comparatifs des 5 essences de bardages</i> , 23-12-2011.	-	55
Figure 23 –	MAROT Amélie, <i>Graphique comparatif de l'impact du transport entre mélèze transporté en bateau et en camion et afzélia transporté en bateau</i> , 27-12-2011.	-	57
Figure 24 –	MAROT Amélie, <i>Graphique de la part de transport pour les UBP</i> , 16-01-2012.	-	58
Figure 25 –	MAROT Amélie, <i>Graphique comparatif de différentes mises en œuvre</i> , 14-01-2012.	-	66
Figure 26 –	DECEUNINCK, Photographie, <i>Belface : gris beton</i> , Nieuwpoort, 2011, [en ligne, 19-12-2011] http://www.deceuninck.be/Corporate/BE/pages/FR/architect/references.aspx	-	70
Figure 27 –	MAROT Amélie, <i>Graphique récapitulatif des comparatifs des 5 essences de bardages et du PVC</i> , 23-12-2011.	-	72
Figure 28 –	MAROT Amélie, <i>Impact global d'une paroi en structure bois</i> , 23-12-2011.	-	73
Figure 29 –	MAROT Amélie, <i>Impact global d'une paroi en blocs de béton cellulaire</i> , 23-12-2011.	-	74
Page de garde	GASIOR Andrzej, WoodEnds0031, CGTextures, s.d. [en ligne 30-01-2012] http://www.cgtextures.com/texview.php?id=12710&PHPSESSID=nm4e6c3eeodid0aej1i9b4jue4		

Table des annexes

<u>Annexe 1 : Taille des camions.....</u>	1
<u>Annexe 2 : Pays dans lesquels la FSC est active.....</u>	2
<u>Annexe 3 : Les 10 principes FSC.....</u>	2
<u>Annexe 4 : Pays dans lesquels PEFC est actif.....</u>	3
<u>Annexe 5 : Quantité de chaleur fournie (PCI)</u>	4
<u>Annexe 6 : Répartition par type d'énergie primaire de la production d'électricité en Europe en 2001.....</u>	5
<u>Annexe 7 : Calculs pour le bardage en douglas belge.....</u>	6
<u>Annexe 8 : Calculs pour le bardage en chêne belge.....</u>	9
<u>Annexe 9 : Calculs pour le bardage en mélèze de Finlande.....</u>	12
<u>Annexe 10 : Calculs pour le bardage en cèdre du Canada.....</u>	15
<u>Annexe 11 : Calculs pour le bardage en afzélia du Cameroun.....</u>	18
<u>Annexe 12 : Calculs pour le bardage en mélèze ajouré de 18 mm d'épaisseur.....</u>	21
<u>Annexe 13 : Calculs pour le bardage en PVC.....</u>	24
<u>Annexe 14 : Tableau récapitulatif.....</u>	25
<u>Annexe 15 : Illustration de la démarche de protection du bois.....</u>	26
<u>Annexe 16 : Différences entre le recyclage du PVC et celui du bois.....</u>	27
<u>Annexe 17 : Critères de choix d'un bardage.....</u>	28
<u>Annexe 18 : Calculs pour une paroi en ossature en bois.....</u>	29
<u>Annexe 19 : Calculs pour une construction massive en béton cellulaire.....</u>	32
<u>Annexe 20 : Limites de la base de données ecoinvent et du fichier KBOB pour les matériaux bois.....</u>	34

Annexes

Annexe 1 : Taille des camions

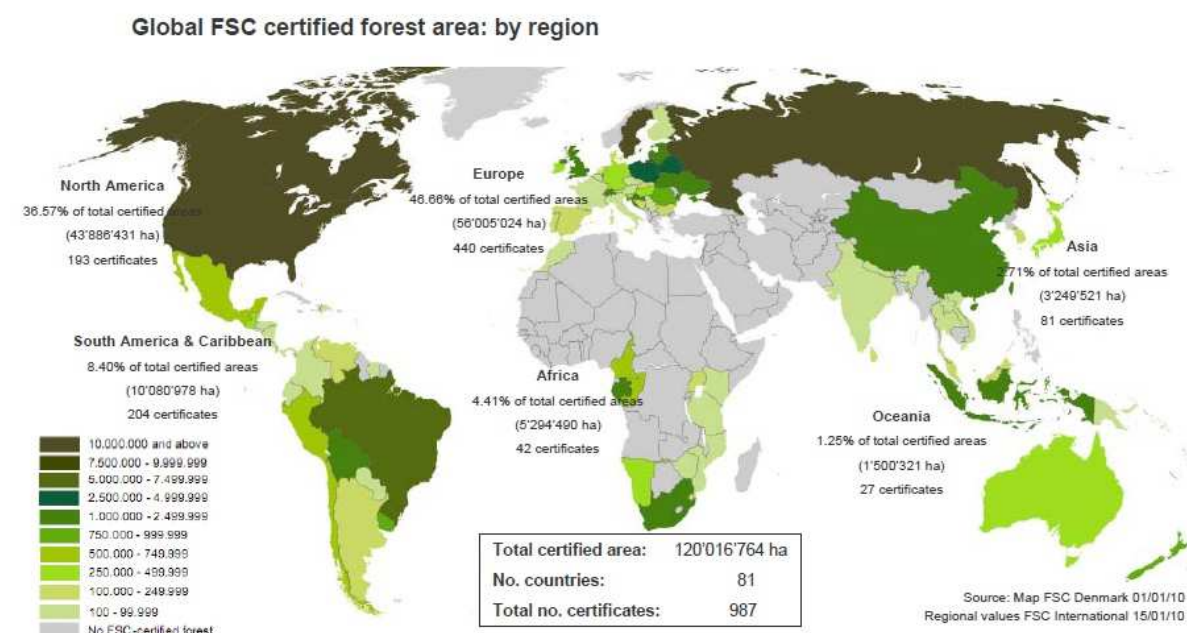
Actuellement, dans l'UE, les camions utilisés pour transporter les grumes (ou grumiers) mesurent au maximum 18,75 mètres de long, à l'exception de la Finlande et de la Suède où ils peuvent mesurer jusqu'à 24 mètres. La taille des camions détermine, dans une certaine mesure l'impact environnemental du transport. Voici un tableau issu de la base de données KBOB reprenant l'impact environnemental d'un camion de 20 à 28 tonnes et d'un autre de plus de 28 tonnes.

tkm	tkm	tkm	Unité	UBP				Energie primaire				Emissions de gaz à effet de serre				Référence	TRANSPORTS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
								globale								Energie grise (non renouvelable)				Dimension																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
				Total -	Exploitation -	Véhicule -	Infrastructure -	Total MJ	Exploitation MJ	Véhicule MJ	Infrastructure MJ	Total MJ	Exploitation MJ	Véhicule MJ	Infrastructure MJ	Total kg		Exploitation kg	Véhicule kg			Infrastructure kg																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
150	315	215		2,36	4,64	3,26		1,58	3,43	2,34		0,257	0,428	0,298		0,520	0,776	0,625		2,33	4,57	3,22		1,58	3,42	2,33		0,247	0,411	0,287		0,504	0,739	0,603		0,136	0,277	0,193		0,108	0,235	0,160		0,0113	0,0193	0,0135		0,0164	0,0224	0,0192		Rend.du transp.	Camion 20-28 t																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
104	246	160		16,5	27,0	19,6		29,0	41,7	34,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

De manière générale, on peut vite se rendre compte que l'impact environnemental d'un camion de plus de 28 tonnes est moindre que celui d'un camion de 20 tonnes. C'est dans cette optique que le programme " One more pile " lancé par Volvo Trucks en Suède, présente un camion de 30 m de long qui peut transporter jusqu'à 65 tonnes de bois et qui présente une diminution des émissions de CO₂ de 20%.¹

¹ Transport : des grumiers plus longs pour moins de carbone ?, 19-03-2011 [en ligne, 19-03-2011]
<http://www.boisinternational.com/news000103e7.asp>

Annexe 2 : Pays dans lesquels la FSC est active



Source: FSC, *Global FSC certificates: type and distribution*, Allemagne, Janvier 2010 [en ligne 10-01-2012]
http://www.fsc.org/fileadmin/web-data/public/document_center/powerpoints_graphs/facts_figures/Global-FSC-Certificates-2010-01-15-EN.pdf

Annexe 3 : Les 10 principes FSC

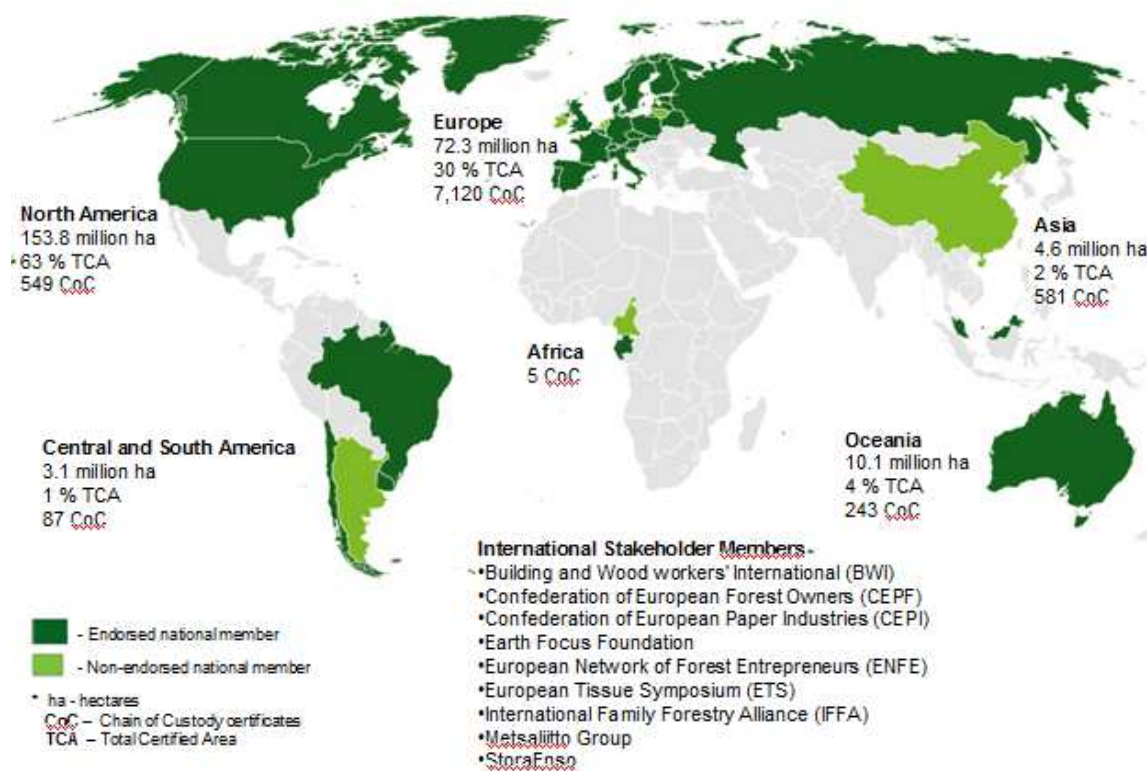
Voici les 10 principes sur lesquels se base la FSC pour délivrer le label de gestion durable des forêts :

- « -1. L'exploitation forestière respecte les législations nationales et internationales en vigueur, les traités et les accords internationaux, de même que les critères et principes du FSC.
- 2. Les droits de propriété et d'usage par rapport au sol et aux produits forestiers sont définis de manière claire, constatés et valables d'un point de vue juridique.
- 3. Les droits formels et traditionnels des populations locales et des peuples indigènes en ce qui concerne le sol et les ressources sont reconnus et respectés.
- 4. Le bien-être social et économique des travailleurs forestiers et des communautés locales est maintenu ou amélioré à long terme grâce à l'exploitation forestière.
- 5. Les produits et services fournis par la forêt sont utilisés de manière telle que les fonctions économiques, sociales et écologiques de la forêt soient préservées à long terme.
- 6. La biodiversité, les écosystèmes uniques et les autres valeurs écologiques et paysagères du domaine forestier sont maintenus et protégés.
- 7. Un plan de gestion est rédigé et respecté. Ce plan, en permanence actualisé, définit clairement les objectifs à long terme et les moyens mis en œuvre pour y arriver.
- 8. L'état de la forêt, la récolte, les chaînes commerciales et les activités de la gestion sont régulièrement évalués, de même que les effets sociaux et écologiques de l'exploitation.
- 9. La gestion forestière dans les forêts possédant une haute valeur écologique ou culturelle est assurée avec une précaution accrue permettant de maintenir et renforcer certaines caractéristiques notoires.
- 10. Les plantations forestières doivent être également gérées en respectant les principes 1 à 9. Les plantations forestières peuvent compléter l'exploitation dans les forêts naturelles, ce qui permet de réduire l'exploitation dans ces dernières. On vise en même temps à favoriser le maintien et la restauration des forêts naturelles. » ¹

¹ DEBECKER Maarten, GOYENS Geertrui, HOLVOET Bart, JUSTIN Stéphan, *Manuel construire avec du bois FSC* (...), p. 10-11.

Annexe 4 : Pays dans lesquels PEFC est actif

Members; Endorsed Systems; Distribution of Certificates



Source: PEFC International, *PEFC Global Certification: Forest Management & Chain of Custody*, Genève, 10-2011 [en ligne, 27-12-2011] <http://pefc.org/index.php/about-pefc/who-we-are/facts-a-figures>

Annexe 5 : Quantité de chaleur fournie (PCI)

« Le pouvoir calorifique correspond à la quantité d'énergie (par unité de masse ou de volume) dégagée par un corps lors de sa combustion complète. »

« - Le **pouvoir calorifique supérieur (PCS)** : valeur absolue de l'énergie spécifique de combustion (exprimée en Joules par unité de masse) d'un combustible solide brûlé en présence d'oxygène dans une bombe calorimétrique dans des conditions spécifiques. »

« - Le **pouvoir calorifique inférieur (PCI)** : valeur mesurée lorsque toute l'eau des produits de la réaction est à l'état de vapeur (0,1 Mpa). Cette valeur sert souvent de base pour les transactions commerciales des combustibles bois. »¹ Le PCI est la chaleur maximale qui pourra être dégagée dans une chaudière classique.

« Bien que les travaux européens conseillent l'emploi du Joule (...), l'usage est le plus souvent d'exprimer les résultats en kilowatt-heure (kWh) ou mégawatt-heure (MWh). »²

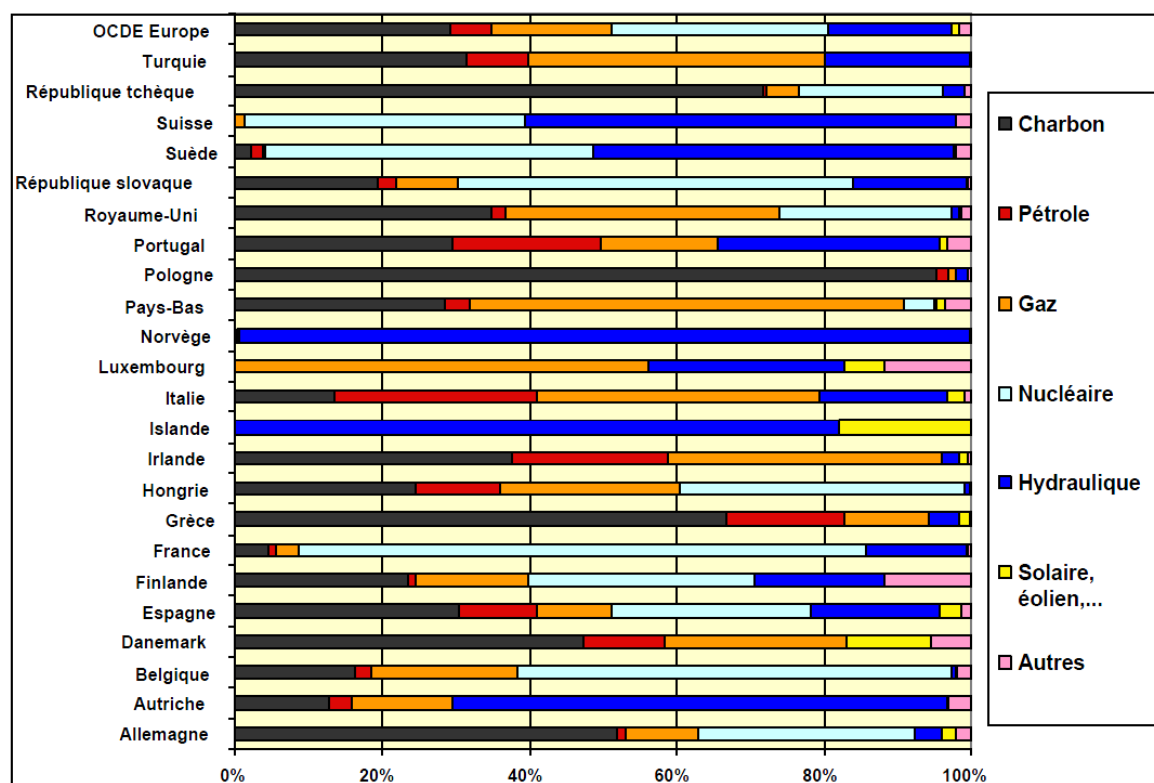
« On constate que PCS et PCI à l'état anhydre varient peu suivant les différentes essences de bois. Pour les feuillus, le pouvoir calorifique inférieur anhydre se situe 18 et 19 MJ/kg (4 800 à 5 300 kWh/tonne) ; pour les conifères, il est légèrement plus élevé, compte tenu de la présence de résine. »³

¹ LE NET Elisabeth, *Référentiel combustible bois énergie* (...), Paris, 25-04-2008, p. 13.

² Idem

³ Idem

Annexe 6 : Répartition par type d'énergie primaire de la production d'électricité en Europe en 2001 (Observatoire de l'Energie)



Source : ADEME, *Guide des facteurs d'émissions. Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées*, 01-2007, version 5.0, p. 195.

Annexe 7 : Bardage en douglas belge

1. Valeurs issues de KBOB pour 1 kg de matériau

	Résineux séché en cellule, raboté
Energie primaire globale	24,7 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,38 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0.130 kg
UBP	786

2. Pour 1m² de bardage en douglas

Sachant que la masse de bois à utiliser pour un bardage dépend de l'essence du bois utilisé (épaisseur des lames et masse volumique variables), nous effectuons le calcul pour obtenir les valeurs pour 1m² de bardage.

Masse volumique du douglas : 550 kg/m³

Epaisseur de la lame de bardage : 0,022 m

Volume d'1 m² de bardage : 0,022 m³

Masse de bois pour 1 m² de bardage : 0,022 m³ x 550 kg/m³ = 12,1 kg

Pour 1m ² de bardage	Résineux séché en cellule, raboté
Energie primaire globale	24,7 MJ x 12,1 kg = 298,87 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,38 MJ x 12,1 kg = 40,398 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0.130 kg x 12,1 kg = 1,573 kg
UBP	786 x 12,1 kg = 9510,6

3. Part de transport

Nous devons également ajouter à ces valeurs une part de transport. Les grumes font tout d'abord 8 km en camion (camion de >28 tonnes) de la sylviculture à Jéhonville jusqu'à la scierie à Bertix¹. Le chantier se trouvant à La Louvière, les lames de bardage font ensuite 133 km en camion (20 à 28t) de Jéhonville à La Louvière.

3.1. Transport en camion de Jéhonville à Bertrix (8 km)

12,1 kg pour 1m² de bardage = 0,0121 tonne

0,0121 tonne x 8 km = 0,0968 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion >28t
Energie primaire globale	2,36 MJ x 0,0968 tkm = 0,228448 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,33 MJ x 0,0968 tkm = 0,225544 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,136 kg x 0,0968 tkm = 0,01316 kg
UBP	150 x 0,0968 tkm = 14,52

3.2. Transport en camion de Bertrix à La Louvière (133km)

0,0121 tonne x 133 km = 1,6093 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion de 20 à 28t
Energie primaire globale	3,26 MJ x 1,6093 tkm = 5,2463 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,22 MJ x 1,6093 tkm = 5,1819 MJ

¹ Nous émettons l'hypothèse que le douglas provient de la scierie Poncelet S.A. à Jéhonville (<http://www.scierieponcelet.be/>).

Emission de gaz à effet de serre	0,193 kg x 1,6093 tkm = 0,31059 kg
UBP	215 x 1,6093 tkm = 345,9995

3.3. Total du transport

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	0,228448 MJ + 5,2463 MJ = 5,474748 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	0,225544 MJ + 5,1819 MJ = 5,407444 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,01316 kg + 0,31059 kg = 0,32375 kg
UBP	14,52 + 345,9995 = 350,5195

4. Part du traitement du bois

Les données relatives au traitement ne sont ici pas issues de KBOB mais d'une FDES¹. Le traitement utilisé est une peinture de marque Blanchon appliquée tous les 5 ans à raison de 10-12 m²/l. Cela correspond assez bien au produit réellement utilisé par le propriétaire de cette habitation en douglas. Les valeurs sont calculées dans la FDES pour une durée de vie de 40 ans que nous remettons ici sur 50 ans, qui notre durée de vie de référence.²

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	1,28 x 50 = 64 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	1,24 x 50 = 62 MJ
Emission de gaz à effet de serre	Donnée non disponible
UBP	Donnée non disponible

Aucune valeur globale concernant les émissions de G.E.S. n'est reprise dans la FDES. L'UBP n'est également pas calculé.

Comme expliqué dans les limites du calcul, nous n'avons actuellement pas de valeurs disponibles dans la base de données ecoinvent ni dans les FDES pour le trempage insecticide, fongicide et anti-bleu des bois de bardage. Nous négligeons donc cette étape du calcul.

5. Total

Nous réalisons ensuite la somme de la matière première, du transport et du traitement.

Pour 1m ² de bardage	Résineux séché en cellule, raboté
Energie primaire globale	298,87 MJ + 5,474748 MJ + 64 = 368,344748 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	40,398 MJ + 5,407444 MJ + 62 = 107,805444 MJ
Emission de gaz à effet de serre	1,573 kg + 0,32375 kg = 1,89675 kg (sans le traitement)
UBP	9510,6 + 350,5195 = 9861,1195 (sans le traitement)

6. Influence de la durée de vie

Nous pouvons également intégrer le facteur de la durée de vie du bardage. Si l'on considère comme base une durée de vie de 50 ans, le douglas (durée de vie de 30 ans) sera donc placé une première fois puis remplacé 0,666 fois. Pour plus d'exactitude, nous arrondissons ce chiffre vers le haut, soit un facteur de 1,7.

¹ Etablie par le CSTB à partir des informations de la société BLANCHON, *Fiche de déclaration environnementale et sanitaire. Peinture bois très longue durée. Environnement*, Janvier 2009.

² Selon GERLAND Claudine du laboratoire R/D, Groupe Blanchon, contact par mail du 03-10-2011.

Pour 1m ² de bardage	Sans traitement
Energie primaire globale	368,344748 MJ x 1,7 = 626,1860716 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	107,805444 MJ x 1,7 = 183,2692548 MJ
Emission de gaz à effet de serre	1,89675 kg x 1,7 = 3,224475 kg (sans le traitement)
UBP	9861,1195 x 1,7 = 16 763,90315 (sans le traitement)

La part de la durée de vie sera donc :

Pour 1m ² de bardage	Sans traitement
Energie primaire globale	626,1860716 MJ - 368,344748 MJ = 257,8413236 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	183,2692548 MJ - 107,805444 MJ = 75,4638108 MJ
Emission de gaz à effet de serre	3,224475 kg - 1,89675 kg = 1,327725 kg
UBP	16 763,90315 - 9861,1195 = 6902,78365

Annexe 8 : Bardage en chêne belge

1. Valeurs issues de KBOB pour 1 kg de matériau

Les valeurs données dans le tableur KBOB pour les feuillus rabotés considèrent toujours un bois séché en cellule alors que le chêne n'a pas besoin de ce type de séchage. Pour plus d'exactitude, nous corrigeons donc ces données en enlevant la part de séchage en cellule que nous obtenons approximativement en soustrayant des valeurs correspondant aux feuillus bruts séchés en cellule, les valeurs des feuillus bruts séchés à l'air.

1.1. Part du séchage en cellule :

	Part du séchage en cellule
Energie primaire globale	22,5 MJ – 18,1 MJ = 4,4 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,18 MJ – 1,43 MJ = 0,75 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,120 kg – 0,0821 kg = 0,0379 kg
UBP	749 – 617 = 132

1.2. Valeur pour 1 kg de chêne séché à l'air:

	Feuillus, séché à l'air, raboté
Energie primaire globale	24,7 MJ – 4,4 MJ = 20,3 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,38 MJ - 0,75 MJ = 2,63 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,130 kg - 0,0379 kg = 0,0921 kg
UBP	786 – 132 = 654

2. Pour 1m² de bardage en chêne

Sachant que la masse de bois à utiliser pour un bardage dépend de l'essence du bois utilisé (épaisseur des lames et masse volumique variables), nous effectuons le calcul pour obtenir les valeurs pour 1m² de bardage.

Masse volumique du chêne : 700 kg/m³

Epaisseur de la lame de bardage : 0,022 m

Volume d'1 m² de bardage : 0,022 m³

Masse de bois pour 1 m² de bardage : 0,022 m³ x 700 kg/m³ = 15,4 kg

Pour 1m ² de bardage	Chêne, séché en cellule, raboté
Energie primaire globale	20,3 MJ x 15,4 kg = 312,62 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,63 MJ x 15,4 kg = 40,502 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,0921 kg x 15,4 kg = 1,41834 kg
UBP	654 x 15,4 kg = 10 071,6

3. Part de transport

Dans ce cas-ci, les grumes ont tout d'abord fait 107 km en camion (>28t) de la sylviculture à Bastogne jusqu'à la scierie à Floreffe. Les lames de bardages ont ensuite été transportées sur 8 km jusqu'au chantier à Malonne en camion (20 à 28t).

3.1. Transport en camion de Bastogne à Floreffe (107 km)

15,4 kg pour 1m² de bardage = 0,0154 tonne

0,0154 tonne x 107 km = 1,6478 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion >28t
Energie primaire globale	2,36 MJ x 1,6478 tkm = 3,88 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,33 MJ x 1,6478 tkm = 3,8393 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,136 kg x 1,6478 tkm = 0,2241 kg
UBP	150 x 1,6478 tkm = 247,17

3.2. Transport en camion de Floreffe à Malonne (8 km)

0,0154 tonne x 8 km = 0,1232 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion de 20 à 28t
Energie primaire globale	3,26 MJ x 0,1232 tkm = 0,401632 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,22 MJ x 0,1232 tkm = 0,396704 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,193 kg x 0,1232 tkm = 0,02377 kg
UBP	215 x 0,1232 tkm = 26,488

3.3. Total du transport

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	3,88 MJ + 0,401632 MJ = 4,281632 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,8393 MJ + 0,396704 MJ = 4,236004 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,2241 kg + 0,02377 kg = 0,24787 kg
UBP	247,17 + 26,488 = 273,658

4. Part du traitement du bois

Le même traitement que pour le douglas peut être utilisé. L'impact du traitement sera donc le même.

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	1,28 x 50 = 64 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	1,24 x 50 = 62 MJ
Emission de gaz à effet de serre	Donnée non disponible
UBP	Donnée non disponible

5. Total

Nous réalisons ensuite la somme de la matière première, du transport et du traitement.

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	312,62 MJ + 4,281632 MJ + 64 MJ = 380,901632 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	40,502 MJ + 4,236004 MJ + 62 MJ = 106,738004 MJ
Emission de gaz à effet de serre	1,41834 kg + 0,24787 kg = 1,66621 kg (sans le traitement)
UBP	10 071,6 + 273,658 = 10 345,258 (sans le traitement)

6. Influence de la durée de vie

Nous pouvons également intégrer le facteur de la durée de vie du bardage. Si l'on considère comme base une durée de vie de 50 ans, le chêne (durée de vie de 40 ans) sera donc

placé une première fois puis remplacé 1,25 fois. Pour plus d'exactitude, nous arrondissons ce chiffre vers le haut, soit un facteur de 1,3.

Pour 1m ² de bardage	Sans traitement
Energie primaire globale	380,901632 MJ X 1,3 = 495,1721216 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	106,738004 MJ X 1,3 = 138,7594052 MJ
Emission de gaz à effet de serre	1,66621 kg X 1,3 = 2,166073 kg (sans le traitement)
UBP	10 345,258 X 1,3 = 13 448,8354 (sans le traitement)

La part de la durée de vie sera donc :

Pour 1m ² de bardage	Sans traitement
Energie primaire globale	495,1721216 MJ - 380,901632 MJ = 114,2704896 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	138,7594052 MJ - 106,738004 MJ = 32,0214012 MJ
Emission de gaz à effet de serre	2,166073 kg - 1,66621 kg = 0,499863 kg
UBP	13 448,8354 - 10 345,258 = 3103,5774

Annexe 9 : Bardage en mélèze de Finlande

1. Valeurs issues de KBOB pour 1 kg de matériau

	Mélèze séché en cellule, raboté
Energie primaire globale	24,7 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,38 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0.130 kg
UBP	786

2. Pour 1m² de bardage en mélèze

Sachant que la masse de bois à utiliser pour un bardage dépend de l'essence du bois utilisé (épaisseur des lames et masse volumique variables), nous effectuons le calcul pour obtenir les valeurs pour 1m² de bardage.

Masse volumique du mélèze : 600 kg/m³

Epaisseur de la lame de bardage : 25 mm = 0,025m

Volume d'1 m² de bardage : 0,025 m³

Masse de bois pour 1 m² de bardage : 0,025 m³ x 600 kg/m³ = 15 kg

Pour 1m ² de bardage	Mélèze séché en cellule, raboté
Energie primaire globale	24,7 MJ x 15 kg = 370,5 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,38 MJ x 15kg = 50,7 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0.130 kg x 15 kg = 1,95 kg
UBP	786 x 15 kg = 11 790

3. Part de transport

Nous devons également ajouter à ces valeurs une part de transport. Dans 25% des cas, le mélèze est transporté en camion (de > 28 tonnes) de Finlande jusqu'à la menuiserie à Mariembourg (Belgique). Puis, après transformation, les bois sont transportés en camion (de 20 à 28 tonnes) jusqu'au chantier. Dans les 75 autres pour cent, le bois est transporté en train jusqu'au port de Hamina, puis en bateau jusqu'au port d'Anvers, puis en camion jusqu'à la scierie et jusqu'au chantier.

3.1. Hypothèse d'un transport en camion de Finlande en Belgique (2540 km)

Le trajet effectué ici démarre du sud-est¹ de la Finlande jusqu'à la scierie de Mariembourg en Belgique.

15 kg pour 1m² de bardage= 0,015 tonne

0,015 tonne x 2540 km= 38,1 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion >28t
Energie primaire globale	2,36 MJ x 38,1 tkm = 89,916 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,33 MJ x 38,1 tkm = 88,773 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,136 kg x 38,1 tkm = 5,1816 kg
UBP	150 x 38,1 tkm = 5715

On rajoute ensuite à cela le trajet effectué de la scierie au chantier à Fleurus.

¹ Nous prenons la ville de Kesälahti en Finlande comme hypothèse de ville de départ.

3.2. Hypothèse d'un transport en train puis en bateau depuis la Finlande

3.2.1. Trajet en train de marchandises jusqu'au port de Hamina (231 km)

Lorsque l'emplacement des voies ferroviaires le permet, le transport en train est privilégié au transport en camion.

15 kg pour 1m² de bardage = 0,015 tonne
0,015 tonne x 231 km = 3,465 tkm

Pour 1m ² de bardage	Train de marchandises
Energie primaire globale	0,567 MJ x 3,465 tkm = 1,964655 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	0,299 MJ x 3,465 tkm = 1,036035 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,0143 kg x 3,465 tkm = 0,0495495 kg
UBP	30,4 x 3,465 tkm = 105,336

3.2.2. Trajet en navire de haute mer de Hamina jusqu'à Anvers (2550 km)

0,015 tonne x 2550 km = 38,25 tkm

Pour 1m ² de bardage	Navire de haute mer
Energie primaire globale	0,170 MJ x 38,25 tkm = 6,5025 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	0,167 MJ x 38,25 tkm = 6,38775 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,0107 kg x 38,25 tkm = 0,409275 kg
UBP	18,1 x 38,25 tkm = 692,325

3.2.3. Trajet en camion depuis Anvers jusqu'à la scierie de Mariembourg (150 km)

0,015 tonne x 150 km = 2,25 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion >28t
Energie primaire globale	2,36 MJ x 2,25 tkm = 5,31 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,33 MJ x 2,25 tkm = 5,2425 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,136 kg x 2,25 tkm = 0,306 kg
UBP	150 x 2,25 tkm = 337,5

3.3. Trajet en camion de Mariembourg au chantier à Fleurus (50km)

0,015 t x 50 km = 0,75 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion de 20 à 28t
Energie primaire globale	3,26 MJ x 0,75 tkm = 2,445 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,22 MJ x 0,75 tkm = 2,415 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,193 kg x 0,75 tkm = 0,14475 kg
UBP	215 x 0,75 tkm = 161,25

3.4. Total du transport

Pour 1m ² de bardage	Trajet uniquement en camion	Trajet en train, bateau puis camion
Energie primaire globale	89,916 MJ + 2,445 MJ = 92,361 MJ	1,964655 MJ + 6,5025 MJ + 5,31 MJ + 2,445 MJ = 16,222155 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	88,773 MJ + 2,415 MJ = 91,188 MJ	1,036035 MJ + 6,38775 MJ + 5,2425 MJ + 2,415 MJ = 15,081285 MJ
Emission de gaz à effet de serre	5,1816 kg + 0,14475 kg = 5,32635 kg	0,0495495 kg + 0,409275 kg + 0,306 kg + 0,14475 kg = 0,9095745 kg

UBP	$5715 + 161,25 = \mathbf{5876,25}$	$105,336 + 692,325 + 337,5 + 161,25 = \mathbf{1296,411}$
-----	------------------------------------	--

4. Part du traitement du bois

Nous pouvons utiliser le même traitement que pour le douglas ou pour le chêne. Le traitement aura donc le même impact.

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	$1,28 \times 50 = \mathbf{64 \text{ MJ}}$
Energie grise totale (non renouvelable)	$1,24 \times 50 = \mathbf{62 \text{ MJ}}$
Emission de gaz à effet de serre	Donnée non disponible
UBP	Donnée non disponible

5. Total

Nous réalisons ensuite la somme de la matière première, du transport et du traitement pour les deux cas de transport différent.

Pour 1m ² de bardage	Trajet uniquement en camion	Trajet en train, bateau puis camion
Energie primaire globale	$370,5 \text{ MJ} + 92,361 \text{ MJ} + 64 \text{ MJ} = \mathbf{526,861 \text{ MJ}}$	$370,5 \text{ MJ} + 16,222155 \text{ MJ} + 64 \text{ MJ} = \mathbf{450,722155 \text{ MJ}}$
Energie grise totale (non renouvelable)	$50,7 \text{ MJ} + 91,188 \text{ MJ} + 62 \text{ MJ} = \mathbf{203,888 \text{ MJ}}$	$50,7 \text{ MJ} + 15,081285 \text{ MJ} + 62 = \mathbf{127,781285 \text{ MJ}}$
Emission de gaz à effet de serre	$1,95 \text{ kg} + 5,32635 \text{ kg} = \mathbf{7,27635 \text{ kg}}$ (sans le traitement)	$1,95 \text{ kg} + 0,9095745 \text{ kg} = \mathbf{2,8595745 \text{ kg}}$ (sans le traitement)
UBP	$11\,790 + 5876,25 = \mathbf{17666,25}$ (sans le traitement)	$11\,790 + 1296,411 = \mathbf{13\,086,411}$ (sans le traitement)

6. Influence de la durée de vie

Nous pouvons également intégrer le facteur de la durée de vie du bardage. Si l'on considère comme base une durée de vie de 50 ans, le mélèze (durée de vie de 30 ans) sera donc placé une première fois puis remplacé 0,666 fois. Pour plus d'exactitude, nous arrondissons ce chiffre vers le haut, soit un facteur de 1,7.

Pour 1m ² de bardage	Trajet uniquement en camion	Trajet en train, bateau puis camion
Energie primaire globale	$526,861 \text{ MJ} \times 1,7 = \mathbf{895,6637 \text{ MJ}}$	$450,722155 \text{ MJ} \times 1,7 = \mathbf{766,2276635 \text{ MJ}}$
Energie grise totale (non renouvelable)	$203,888 \text{ MJ} \times 1,7 = \mathbf{346,6096 \text{ MJ}}$	$127,781285 \text{ MJ} \times 1,7 = \mathbf{217,2281845 \text{ MJ}}$
Emission de gaz à effet de serre	$7,27635 \text{ kg} \times 1,7 = \mathbf{12,369795 \text{ kg}}$ (sans le traitement)	$2,8595745 \text{ kg} \times 1,7 = \mathbf{4,86127665 \text{ kg}}$ (sans le traitement)
UBP	$17\,666,25 \times 1,7 = \mathbf{30\,032,625}$ (sans le traitement)	$13\,086,411 \times 1,7 = \mathbf{22\,246,8987}$ (sans le traitement)

La part de la durée de vie est donc de :

Pour 1m ² de bardage	Trajet uniquement en camion	Trajet en train, bateau puis camion
Energie primaire globale	$895,6637 \text{ MJ} - 526,861 \text{ MJ} = \mathbf{368,8027 \text{ MJ}}$	$766,2276635 \text{ MJ} - 450,722155 \text{ MJ} = \mathbf{315,5055085 \text{ MJ}}$
Energie grise totale (non renouvelable)	$346,6096 \text{ MJ} - 203,888 \text{ MJ} = \mathbf{142,7216 \text{ MJ}}$	$217,2281845 \text{ MJ} - 127,781285 \text{ MJ} = \mathbf{89,4468995 \text{ MJ}}$
Emission de gaz à effet de serre	$12,369795 \text{ kg} - 7,27635 \text{ kg} = \mathbf{5,093445 \text{ kg}}$	$4,86127665 \text{ kg} - 2,8595745 \text{ kg} = \mathbf{2,00170215 \text{ kg}}$
UBP	$30\,032,625 - 17\,666,25 = \mathbf{12\,366,375}$	$22\,246,8987 - 13\,086,411 = \mathbf{9160,4877}$

Annexe 10 : Bardage en cèdre du Canada

1. Valeurs issues de KBOB pour 1 kg de matériau

Tout comme le chêne, le cèdre n'a pas nécessairement besoin d'être séché en cellule.

	Résineux, séché à l'air, raboté
Energie primaire globale	19,8 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,56 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0.109 kg
UBP	649

2. Pour 1m² de bardage en cèdre

Sachant que la masse de bois à utiliser pour un bardage dépend de l'essence du bois utilisé (épaisseur des lames et masse volumique variables), nous effectuons le calcul pour obtenir les valeurs pour 1m² de bardage.

Masse volumique du cèdre : 370 kg/m³

Épaisseur de la lame de bardage : 18 mm = 0,018 m

Volume d'1 m² de bardage : 0,018 m³

Masse de bois pour 1 m² de bardage : 0,018 m³ x 370 kg/m³ = 6,66 kg

Pour 1m ² de bardage	Résineux, séché à l'air, raboté
Energie primaire globale	19,8 MJ x 6,66 kg = 131,868 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,56 MJ x 6,66 kg = 17,0496 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0.109 kg x 6,66 kg = 0,72594 kg
UBP	649 x 6,66 kg = 4322,34

3. Part de transport

Nous devons également ajouter à ces valeurs une part de transport. La plupart des scieries se trouvent dans l'ouest du Canada.^{1 2} Le bois est ensuite acheminé vers un port tel que Vancouver, Kitimat ou Squamish (côte ouest). Les bateaux passent par le canal de Panama pour rejoindre ensuite le port d'Anvers.

3.1. Trajet en camion de la scierie jusqu'au port (500 km)³

6,66 kg = 0,00666 tonne

0,00666 tonne x 500 km = 3,33 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion de 20 à 28t
Energie primaire globale	3,26 MJ x 3,33 tkm = 10,8558 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,22 MJ x 3,33 tkm = 10,7226 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,193 kg x 3,33 tkm = 0,64269 kg
UBP	215 x 3,33 tkm = 715,95

¹ Western Red Cedar Lumber Association, *Still Creek Forest Products*, 2006 [en ligne, 19-11-2011]
http://www.wrcla.org/about_us/certifieddistributors/canadiandistributors/stillcreek.asp

² Exemple de distributeur à l'ouest du Canada : 78 Golden Drive, Coquitlam, BC V3K 6B5 Canada

³ Cette valeur a été calculée en faisant la moyenne entre les différentes scieries et les différents ports.

3.2. Trajet en navire de haute mer jusqu'au port d'Anvers (17 600 km¹)

0,00666 tonne x 17 600 km = 117,216 tkm

Pour 1m ² de bardage	Navire de haute mer
Energie primaire globale	0,170 MJ x 117,216 tkm = 19,92672 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	0,167 MJ x 117,216 tkm = 19,575072 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,0107 kg x 117,216 tkm = 1,2542112 kg
UBP	18,1 x 117,216 tkm = 2121,6096

3.3. Trajet en camion depuis Anvers jusqu'à l'importateur à Ciney (134 km)

Nous déterminons comme postulat que le bois a été transformé au Canada. Le transport en Belgique ne s'effectue donc plus avec des grumiers mais bien avec des camions de 20 à 28 tonnes².

0,00666 tonne x 134 km = 0,89244 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion de 20 à 28t
Energie primaire globale	3,26 MJ x 0,89244 tkm = 2,9093544 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,22 MJ x 0,89244 tkm = 2,8736568 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,193 kg x 0,89244 tkm = 0,89244 kg
UBP	215 x 0,89244 tkm = 191,8746

3.4. Trajet en camion de Ciney au chantier à Malonne (43 km)

0,00666 tonne x 43 km = 0,28638 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion de 20 à 28t
Energie primaire globale	3,26 MJ x 0,28638 tkm = 0,9335988 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,22 MJ x 0,28638 tkm = 0,9221436 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,193 kg x 0,28638 tkm = 0,05527134 kg
UBP	215 x 0,28638 tkm = 61,5717

3.5. Total du transport

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	10,8558 MJ + 19,92672 MJ + 2,9093544 MJ + 0,9335988 MJ = 34,6254732 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	10,7226 MJ + 19,575072 MJ + 2,8736568 MJ + 0,9221436 MJ = 34,0934724 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,64269 kg + 1,2542112 kg + 0,89244 kg + 0,05527134 kg = 2,84461254 kg
UBP	715,95 + 2121,6096 + 191,8746 + 61,5717 = 3091,0059

4. Part du traitement du bois

Nous pouvons utiliser le même traitement que pour le douglas, le chêne ou le mélèze. Le traitement aura donc le même impact.

¹ Comme expliqué dans le point 1.6. de l'étude de cas, la distance est une distance moyenne entre les 3 ports de départ fréquents.

² Selon Mr Christophe John importateur chez Promaco à Ciney, la transformation se fait aussi bien au Canada qu'en Belgique.

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	1,28 x 50 = 64 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	1,24 x 50 = 62 MJ
Emission de gaz à effet de serre	Donnée non disponible
UBP	Donnée non disponible

5. Total

Nous réalisons ensuite la somme de la matière première, du transport et du traitement.

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	131,868 MJ + 34,6254732 MJ + 64 MJ = 230,4934732 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	17,0496 MJ + 34,0934724 MJ + 62 MJ = 113,1430724 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,72594 kg + 2,84461254 kg = 3,57055254 kg (sans le traitement)
UBP	4322,34 + 3091,0059 = 7413,3459 (sans le traitement)

6. Influence de la durée de vie

Nous pouvons également intégrer le facteur de la durée de vie du bardage. Si l'on considère comme base une durée de vie de 50 ans, le cèdre (durée de vie de 40 ans) sera donc placé une première fois puis remplacé 1,25 fois. Pour plus d'exactitude, nous arrondissons ce chiffre vers le haut soit un facteur de 1,3.

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	230,4934732 MJ X 1,3 = 299,64151516 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	113,1430724 MJ X 1,3 = 147,08599412 MJ
Emission de gaz à effet de serre	3,57055254 kg X 1,3 = 4,641718302 kg (sans le traitement)
UBP	7413,3459 X 1,3 = 9637,34967 (sans le traitement)

La part de la durée de vie est donc de :

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	299,64151516 MJ - 230,4934732 MJ = 69,14804196 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	147,08599412 MJ - 113,1430724 MJ = 33,94292172 MJ
Emission de gaz à effet de serre	4,641718302 kg - 3,57055254 kg = 1,071165762 kg
UBP	9637,34967 - 7413,3459 = 2224,00377

Annexe 11 : Bardage en afzélia du Cameroun

1. Valeurs issues de KBOB pour 1 kg de matériau

Tout comme pour le chêne et le cèdre, le séchage en cellule n'est pas nécessaire pour l'afzélia. Nous corrigeons donc les données de KBOB en enlevant la part de séchage en cellule.

1.1. Part du séchage en cellule :

	Part du séchage en cellule
Energie primaire globale	22,5 MJ – 18,1 MJ = 4,4 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,18 MJ – 1,43 MJ = 0,75 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,120 kg – 0,0821 kg = 0,0379 kg
UBP	749 – 617 = 132

1.2. Valeur pour 1 kg d'afzélia séché à l'air:

	Feuillus, séché à l'air, raboté
Energie primaire globale	24,7 MJ – 4,4 MJ = 20,3 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,38 MJ - 0,75 MJ = 2,63 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0.130 kg - 0,0379 kg = 0,0921 kg
UBP	786 – 132 = 654

2. Pour 1m² de bardage en afzélia

Sachant que la masse de bois à utiliser pour un bardage dépend de l'essence du bois utilisé (épaisseur des lames et masse volumique variables), nous effectuons le calcul pour obtenir les valeurs pour 1m² de bardage.

Masse volumique du mélèze : 800 kg/m³

Epaisseur de la lame de bardage : 22 mm = 0,022 m

Volume d'1 m² de bardage : 0,022 m³

Masse de bois pour 1 m² de bardage : 0,022 m³ x 800 kg/m³ = 17,6 kg

Pour 1m ² de bardage	Résineux, séché en cellule, raboté
Energie primaire globale	20,3 MJ x 17,6 kg = 357,28 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,63 MJ x 17,6 kg = 46,288 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,0921 kg x 17,6 kg = 1,62096 kg
UBP	654 x 17,6 kg = 11 248,8

3. Part de transport

Nous devons également ajouter à ces valeurs une part de transport. Le bois qui provient du Cameroun, effectue d'abord 625 km en grumier (camion de >28t) de Lomié jusqu'au port de Douala, puis effectue 8500 km en navire de haute mer jusqu'au port d'Anvers. Il est ensuite transporté sur 147 km en camion (>28t) jusqu'à la menuiserie de Boulanger à Polleur et enfin sur 91 km en camion (de 20 à 28 t) jusqu'au chantier à Maillen.

3.1. Trajet en grumier depuis Lomié jusqu'au port de Douala (625 km)

17,6 kg pour 1m² de bardage = 0,0176 tonne

0,0176 tonne x 625 km = 11 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion >28t
Energie primaire globale	2,36 MJ x 11 tkm = 25,96 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,33 MJ x 11 tkm = 25,63 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,136 kg x 11 tkm = 1,496 kg
UBP	150 x 11 tkm = 1650

3.2. Trajet en navire de haute mer (8500 km)

0,0176 tonne x 8500 km = 149,6 tkm

Pour 1m ² de bardage	Navire de haute mer
Energie primaire globale	0,170 MJ x 149,6 tkm = 25,432 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	0,167 MJ x 149,6 tkm = 24,9832 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,0107 kg x 149,6 tkm = 1,60072 kg
UBP	18,1 x 149,6 tkm = 2707,76

3.3. Trajet en camion depuis Anvers jusqu'à la menuiserie (147 km)

0,0176 tonne x 147 km = 2,5872 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion >28t
Energie primaire globale	2,36 MJ x 2,5872 tkm = 6,105792 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,33 MJ x 2,5872 tkm = 6,028176 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,136 kg x 2,5872 tkm = 0,3518592 kg
UBP	150 x 2,5872 tkm = 388,08

3.4. Trajet en camion jusqu'au chantier à Maillen (91 km)

0,0176 tonne x 91 km = 0,6016 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion de 20 à 28t
Energie primaire globale	3,26 MJ x 0,6016 tkm = 1,961216 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,22 MJ x 0,6016 tkm = 1,937152 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,193 kg x 0,6016 tkm = 0,1161088 kg
UBP	215 x 0,6016 tkm = 129,344

3.5. Total du transport

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	25,96 MJ + 25,432 MJ + 6,105792 MJ + 1,961216 MJ = 59,459008 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	25,63 MJ + 24,9832 MJ + 6,028176 MJ + 1,937152 MJ = 58,578528 MJ
Emission de gaz à effet de serre	1,496 kg + 1,60072 kg + 0,3518592 kg + 0,1161088 kg = 3,564688 kg
UBP	1650 + 2707,76 + 388,08 + 129,344 = 4875,184

4. Part du traitement du bois

Nous pouvons utiliser le même traitement que pour le douglas, le chêne ou le mélèze. Le traitement aura donc le même impact.

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	$1,28 \times 50 = \mathbf{64 \text{ MJ}}$
Energie grise totale (non renouvelable)	$1,24 \times 50 = \mathbf{62 \text{ MJ}}$
Emission de gaz à effet de serre	Donnée non disponible
UBP	Donnée non disponible

Toutefois, selon M. Olivier Dullier, architecte d'une maison en afzélia, l'afzélia est choisi la plupart du temps pour être utilisé sans traitement.

5. Total

Nous réalisons ensuite la somme de la matière première, du transport.

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	$357,28 \text{ MJ} + 59,459008 \text{ MJ} + 64 \text{ MJ} = \mathbf{480,739008 \text{ MJ}}$
Energie grise totale (non renouvelable)	$46,288 \text{ MJ} + 58,578528 \text{ MJ} + 62 \text{ MJ} = \mathbf{166,866528 \text{ MJ}}$
Emission de gaz à effet de serre	$1,62096 \text{ kg} + 3,564688 \text{ kg} = \mathbf{5,185648 \text{ kg}}$ (sans le traitement)
UBP	$11\,248,8 + 4875,184 = \mathbf{16\,123,984}$ (sans le traitement)

6. Influence de la durée de vie

Nous pouvons également intégrer le facteur de la durée de vie du bardage. Si l'on considère comme base une durée de vie de 50 ans, l'afzélia (durée de vie de 50 ans) ne devra donc pas être remplacé. Les valeurs restent donc inchangées.

Annexe 12 : Bardage en mélèze ajouré de 18 mm d'épaisseur

Nous réalisons ici les calculs pour un bardage en mélèze légèrement ajouré. Nous laissons 4 mm entre les lames qui feront 18 mm d'épaisseur et 13 cm de large. Le transport, traitement et durée de vie sont calculés de la même manière que pour les calculs précédents concernant le mélèze.

1. Valeurs issues de KBOB pour 1 kg de matériau

	Mélèze séché en cellule, raboté
Energie primaire globale	24,7 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,38 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0.130 kg
UBP	786

2. Pour 1m² de bardage en mélèze

Masse volumique du mélèze : 600 kg/m³

Epaisseur de la lame de bardage : 18 mm = 0,018m

Volume d'1 m² de bardage : 0,018 m³- (0,004 x 0,018 x 1m x 7,69 lames) = 0,01744632 m³

Masse de bois pour 1 m² de bardage : 0,01744632 m³ x 600 kg/m³ = 10,467792 kg

Pour 1m ² de bardage	Mélèze séché en cellule, raboté
Energie primaire globale	24,7 MJ x 10,467792 kg = 258,5544624 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,38 MJ x 10,467792 kg = 35,38113696 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,130 kg x 10,467792 kg = 1,36081296 kg
UBP	786 x 10,467792 kg = 8227,684512

3. Part de transport

3.1. Hypothèse d'un transport en camion de Finlande en Belgique (2540 km)

10,467792 kg pour 1m² de bardage= 0,010467792 tonne

0,010467792 tonne x 2540 km= 26,58819168 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion >28t
Energie primaire globale	2,36 MJ x 26,58819168 tkm = 62,7481323648 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,33 MJ x 26,58819168 tkm = 61,9504866144 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,136 kg x 26,58819168 tkm = 3,61599406848 kg
UBP	150 x 26,58819168 tkm = 3988,228752

3.2. Hypothèse d'un transport en train puis en bateau depuis la Finlande

3.2.1. Trajet en train de marchandises jusqu'au port de Hamina (231 km)

0,010467792 tonne x 231 km= 2,418059952 tkm

Pour 1m ² de bardage	Train de marchandises
Energie primaire globale	0,567 MJ x 2,418059952 tkm = 1,371039992784 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	0,299 MJ x 2,418059952 tkm = 0,722999925648 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,0143 kg x 2,418059952 tkm = 0,0345782573136 kg
UBP	30,4 x 2,418059952 tkm = 73,5090225408

3.2.2. Trajet en navire de haute mer de Hamina jusqu'à Anvers (2550 km)

0,010467792 tonne x 2550 km = 26,6928696 tkm

Pour 1m ² de bardage	Navire de haute mer
Energie primaire globale	0,170 MJ x 26,6928696 tkm = 4,537787832 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	0,167 MJ x 26,6928696 tkm = 4,4577092232 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,0107 kg x 26,6928696 tkm = 0,28561370472 kg
UBP	18,1 x 26,6928696 tkm = 483,14093976

3.2.3. Trajet en camion depuis Anvers jusqu'à la scierie de Mariembourg (150 km)

0,010467792 tonne x 150 km = 1,5701688 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion >28t
Energie primaire globale	2,36 MJ x 1,5701688 tkm = 3,705598368 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,33 MJ x 1,5701688 tkm = 3,658493304 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,136 kg x 1,5701688 tkm = 0,2135429568 kg
UBP	150 x 1,5701688 tkm = 235,52532

3.3. Trajet en camion de Mariembourg au chantier à Fleurus (50km)

0,010467792 t x 50 km = 0,5233896 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion de 20 à 28t
Energie primaire globale	3,26 MJ x 0,5233896 tkm = 1,706250096 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,22 MJ x 0,5233896 tkm = 1,685314512 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,193 kg x 0,5233896 tkm = 0,1010141928 kg
UBP	215 x 0,5233896 tkm = 112,528764

3.4. Total du transport

Pour 1m ² de bardage	Trajet uniquement en camion	Trajet en train, bateau puis camion
Energie primaire globale	62,7481323648 + 1,706250096 = 64,4543824608 MJ	1,371039992784 + 4,537787832 + 3,705598368 + 1,706250096 = 11,320676288784 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	61,9504866144 + 1,685314512 = 63,6358011264 MJ	0,722999925648 + 4,4577092232 + 3,658493304 + 1,685314512 = 10,524516964848 MJ
Emission de gaz à effet de serre	3,61599406848 + 0,1010141928 = 3,71700826128 kg	0,0345782573136 + 0,28561370472 + 0,2135429568 + 0,1010141928 = 0,6347491116336 kg
UBP	3988,228752 + 112,528764 = 4100,757516	73,5090225408 + 483,14093976 + 235,52532 + 112,528764 = 904,7040463008

4. Part du traitement du bois

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	1,28 x 50 = 64 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	1,24 x 50 = 62 MJ
Emission de gaz à effet de serre	Donnée non disponible
UBP	Donnée non disponible

5. Total

Pour 1m ² de bardage	Trajet uniquement en camion	Trajet en train, bateau puis camion
Energie primaire globale	258,5544624 + 64,4543824608 + 64 = 387,0088448608 MJ	258,5544624 + 11,320676288784 + 64 = 333,875138688784 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	35,38113696 + 63,6358011264 + 62 = 161,0169380864 MJ	35,38113696 + 10,524516964848 + 62 = 107,905653924848 MJ
Emission de gaz à effet de serre	1,36081296 + 3,71700826128 = 5,07782122128 kg (sans le traitement)	1,36081296 + 0,6347491116336 = 1,9955620716336 kg (sans le traitement)
UBP	8227,684512 + 4100,757516 = 12 328,442028 (sans le traitement)	8227,684512 + 904,7040463008 = 9132,3885583008 (sans le traitement)

6. Influence de la durée de vie

Pour 1m ² de bardage	Trajet uniquement en camion	Trajet en train, bateau puis camion
Energie primaire globale	387,0088448608 MJ x 1,7 = 657,91503626336 MJ	333,875138688784 MJ x 1,7 = 567,5877357709328 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	161,0169380864 MJ x 1,7 = 273,72879474688 MJ	107,905653924848 MJ x 1,7 = 183,4396116722416 MJ
Emission de gaz à effet de serre	5,07782122128 kg x 1,7 = 8,632296076176 kg (sans le traitement)	1,9955620716336 kg x 1,7 = 3,39245552177712 kg (sans le traitement)
UBP	12 328,442028 x 1,7 = 20 958,3514476 (sans le traitement)	9132,3885583008 x 1,7 = 15 525,06054911136 (sans le traitement)

Annexe 13 : Bardage en PVC

Nous effectuons les mêmes calculs pour le PVC que ceux réalisés pour les différents bois.

1. Valeurs issues de KBOB pour 1 kg de matériau

La catégorie « bardage en PVC » ne figurant pas dans le fichier KBOB, nous prenons les mêmes valeurs que les tuyaux en PVC. Cette approximation a été approuvée par Laetitia Delem, chercheuse au CSTC.

	Chlorure de polyvinyle (PVC)
Energie primaire globale	80,7 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	78,0 MJ
Emission de gaz à effet de serre	4,64 kg
UBP	3940

2. Pour 1m² de bardage en PVC

Masse volumique : de 1 380 à 1 410 kg/m³ prenons une moyenne de 1395 kg/m³

Epaisseur : 0.58 cm ¹

Volume pour 1m² de bardage : 0,0058 m³

Masse pour 1 m² de bardage : 0,0058 m³ x 1395 kg/m³= 8,091 kg

Pour 1m ² de bardage	Chlorure de polyvinyle (PVC)
Energie primaire globale	80,7 MJ x 8,091 kg = 652,9437 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	78,0 MJ x 8,091 kg = 631,098 MJ
Emission de gaz à effet de serre	4,64 kg x 8,091 kg = 37,54224 kg
UBP	3940 x 8,091 kg = 31 878,54

3. Part de transport

Le transport des matières premières jusqu'à l'usine de transformation est déjà compris dans KBOB. Il suffit donc de rajouter le transport de l'usine au chantier. Le bardage en PVC est transporté dans ce cas-ci de l'usine de Hooglede-Gits au chantier à Nieuwpoort (35 km).

8,5 kg= 0,0085 tonne

0,0085 tonne x 35 km= 0,2975 tkm

Pour 1m ² de bardage	Camion 3.5-28 t
Energie primaire globale	4,64 MJ x 0,2975 tkm= 1,3804 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	4,57 x 0,2975 tkm= 1,359575 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,277 x 0,2975 tkm= 0,0824075 kg
UBP	315 x 0,2975 tkm= 93,7125

4. Part du traitement

Le PVC ne doit pas subir un traitement particulier mis à part un éventuel lavage à l'eau claire que nous pouvons ici négliger.

¹ Cette épaisseur a été mesurée à partir d'un échantillon de ce bardage.

5. Total

Voici la somme de la matière première et du transport.

Pour 1m ² de bardage	Chlorure de polyvinyle (PVC)
Energie primaire globale	652,9437 MJ + 1,3804 MJ = 654,3241 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	631,098 MJ + 1,359575 MJ = 632,457575 MJ
Emission de gaz à effet de serre	37,54224 kg + 0,0824075 kg = 37,6246475 kg
UBP	31 878,54 + 93,7125 = 31 972,2525

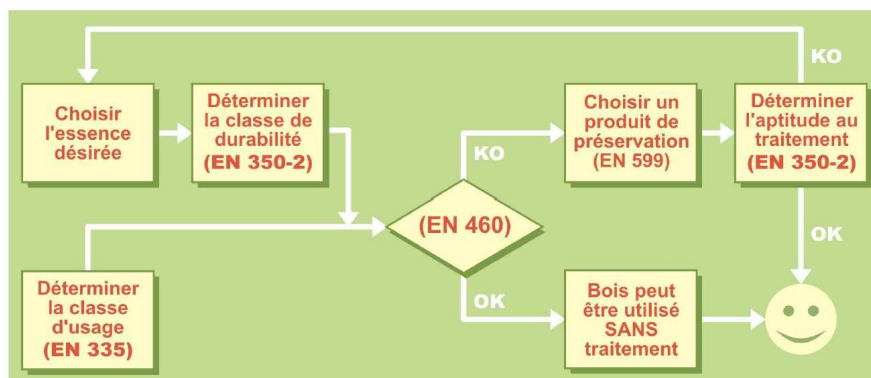
6. Influence de la durée de vie

Nous pouvons considérer que sur une base de 50 ans, un bardage en PVC ne devra pas être remplacé. Les valeurs restent donc inchangées.

Annexe 14 : Tableau récapitulatif

		Energie primaire globale	Energie grise totale (non renouvelable)	Emission de gaz à effet de serre	UBP
Douglas belge		626,1860716 MJ	183,2692548 MJ	3,224475 kg (sans le traitement)	16 763,90315 (sans le traitement)
Chêne belge		495,1721216 MJ	138,7594052 MJ	2,166073 kg (sans le traitement)	13 448,8354 (sans le traitement)
Mélèze de Finlande	Transport uniquement en camion	895,6637 MJ	346,6096 MJ	12,369795 kg (sans le traitement)	30 032,625 (sans le traitement)
	Transport en train puis en bateau	766,2276635 MJ	217,2281845 MJ	4,86127665 kg (sans le traitement)	22 246,8987 (sans le traitement)
Cèdre du Canada		299,64151516 MJ	147,08599412 MJ	4,641718302 kg (sans le traitement)	9637,34967 (sans le traitement)
Afzélia du Cameroun non traité		416,739008 MJ	104,866528 MJ	5,185648 kg	16 123,984
Chlorure de polyvinyle (PVC)		654,3241 MJ	632,457575 MJ	37,6246475 kg	31 972,2525

Annexe 15 : Illustration de la démarche de protection du bois



Source : IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments. Traitement du bois : tenir compte de leur impact sur la santé et l'environnement*, 02-2007, p. 3.

Le choix ou non d'un produit de traitement doit suivre différentes étapes. Tout d'abord, il convient d'évaluer le « risque biologique, sur base des classes de risques définies par la norme NBN EN 335 ». L'essence de bois doit être choisie en fonction de sa classe de durabilité (issue de la norme EN 350-2). La norme NBN EN 460 est un « guide d'exigences de durabilité du bois pour son utilisation selon les classes de risque ». Dans tous les cas, il convient de veiller à ce que le traitement soit « adapté à l'essence de bois ».¹

¹ IBGE, *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments. Infos fiches-éco-construction. Traitement du bois : tenir compte de leur impact sur la santé et l'environnement*, Bruxelles, 02-2007, p. 3.

Annexe 16 : Différences entre le recyclage du PVC et celui du bois

Avant les années 2000, le PVC, considéré comme non recyclable finissait en décharge ou incinéré. Pourtant, brûler du polychlorure de vinyle dégage de l'acide chlorhydrique. C'est pourquoi, de nos jours, les usines d'incinération homologuées « sont munies de filtres anti-acides. En outre, la combustion du PVC génère des dioxines et furanes en quantité variable suivant les conditions de combustion. »¹ Les problèmes d'incinération du PVC rendent sa valorisation en tant qu'énergie très compliquée. La mise en décharge n'est pas non plus une solution car, contrairement au bois, le PVC peut rester des centaines d'années sans se dégrader. Vu les difficultés d'incinération et de mise en décharge, il est donc important de développer le recyclage.²

En 2000, l'industrie du PVC a lancé volontairement Vinyl 2010 : un plan d'action qui avait comme objectifs d'augmenter le taux de recyclage du PVC, de développer de nouvelles technologies de recyclage, de répondre aux questionnements concernant les émissions de composés organochlorés, d'assurer l'utilisation durable des additifs, d'améliorer l'efficacité énergétique et l'utilisation de l'énergie renouvelable et des matières premières dans la production de PVC, et, de promouvoir la durabilité dans le cycle de vie complet du PVC. Cette initiative a permis de recycler annuellement (de 2000 à 2010) plus de 250.000 tonnes de PVC. Des recherches ont abouti à la création de procédés de recyclage comme Vinyloop (le PVC usé est d'abord plongé dans un solvant puis filtré). Le succès de Vinyl 2010 a conduit à mettre au point Vynil Plus qui tend vers de nouveaux objectifs d'ici 2020, comme le recyclage annuel de 800.000 tonnes de PVC.³

« Il existe deux méthodes principales pour recycler le PVC:

- Recyclage mécanique: Le déchet de PVC est déchiqueté en petits morceaux qui peuvent être préparés pour un nouveau composé de PVC, prêt pour l'extrusion ou le laminage.
- Recyclage en matière première: Le déchet de PVC est éclaté sous forme de ses composants chimiques, qui peuvent être réutilisés pour fabriquer du PVC ou d'autres matériaux. »⁴ Les matières PVC recyclées sont réparties en 2 grands groupes : PVC rigide et souple. Dans le cas des bardages, le PVC est rigide. Après recyclage, il « est principalement utilisé comme couche d'armature interne des tubes et la fabrication de profilés, meubles de jardin ou la fabrication de films rigides. »⁵

Grâce à ce genre de programme, nous pouvons espérer que le recyclage du PVC va s'améliorer. Pour l'instant toutefois, les potentialités de recyclage du PVC sont toujours nettement inférieures à celles du bois. En effet, comme expliqué précédemment, contrairement à beaucoup d'autres matériaux, le bois a un potentiel de recyclage très élevé atteignant 100% si aucun traitement ne lui est appliqué.⁶ Il peut aussi être valorisé en tant qu'énergie très facilement.

¹ Wikipedia, *polychlorure de vinyle*, 26-07-2011 [en ligne, 02-08-2011], http://fr.wikipedia.org/wiki/Polychlorure_de_vinyle

² *Leitfaden. guide des matériaux de construction. Chlorure de polyvinyle / Polychlorure de vinyle (PVC)*, 2008 v 2.0 [en ligne, 02-08-2011] <http://www.crtib.lu/Leitfaden/content/FR/116/C517/>

³ Vynil Plus, *European PVC industry launches VinylPlus*, 2010 [en ligne, 02-08-2011] <http://www.vinyl2010.org/>

⁴ RECOVINYL, *Recyclage du PVC Rigide et PVC souple*, Bruxelles, 2008, p. 3.

⁵ RECOVINYL, *Recyclage du PVC Rigide et PVC souple*, Bruxelles, 2008, p. 5.

⁶ TRACHTE Sophie et DE HERDE André, *Élaboration d'un outil d'aide à la conception(...)*, Architecture et climat, UCL, 2010, annexe 5, p. 71-77.

Annexe 17 : Critères de choix d'un bardage

Nous présentons dans cette annexe une liste non exhaustive de critères qui peuvent influencer le choix d'un type de bardage en bois. Aucune pondération n'est proposée. L'importance à donner à chaque critère est laissé au choix de chaque individu.

Nous commençons par l'impact environnemental du bois qui est le sujet de ce travail et qui comprend :

- la provenance,
- le moyen de transport,
- la durée de vie du bardage,
- l'impact des produits de traitement,
- les possibilités de recyclage ou non,
- la quantité de matière première nécessaire...

Nous pouvons ensuite ajouter une autre série de critères quantitatifs :

- la classe de durabilité du bois,
- la densité et résistance du bois,
- la disponibilité,
- le prix,
- les nécessités d'entretien,
- les techniques de pose...

et des critères qualitatifs :

- l'esthétique (teinte, grisaillement, présence de nœuds...),
- les dimensions des lames disponibles...

Annexe 18 : Ossature en bois

Les calculs présentés dans cette annexe sont effectués de manière grossière en ne tenant compte que de la matière première, négligeant donc le transport, l'entretien, le remplacement... La composition de paroi est celle de l'habitation de M. Lequeux à Malonne.

Composition de la paroi de l'intérieur vers l'extérieur

- Plaque de Fermacell 12 mm
- Lattage et contre-lattage 24 mm
- Panneau de Pavaplan pour le contreventement 8 mm
- Structure portante en bois 235 x38 mm entraxe 50 cm
- Isolation en cellulose
- Panneau
- Membrane EPDM
- Lattage et contre-lattage 24x32 mm
- Bardage extérieur en cèdre 18 mm

1. Plaques de plâtre Fermacell

Masse volumique : 1000 à 1250 kg/m³

Épaisseur : 12,5 x 2 = 25 mm = 0,025 m

Poids au m² : 0,025 m³ x 1100 kg = 27,5 kg/m²

Energie primaire globale	6,34 MJ x 27,5 kg = 174,35 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	6,02 MJ x 27,5 kg = 165,55 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,367 kg x 27,5 kg = 10,0925 kg
UBP	392 x 27,5 kg = 10 780

2. Lattage et contre lattage SRN

Masse volumique : à 15% d'humidité relative de 320 à 800 kg/m³ (moyenne 500 kg/m³)

Dimensions : 0,024 m x 0,032 m

Poids au m² :

(10/3) x 1m x 0,024 x 0,032 = 0,00256 m³

0,00256 m³ x 500 kg = 1,28 kg

1,28 x 2 = 2,56 kg

Energie primaire globale	19,8 MJ x 2,56 kg = 50,688 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,56 MJ x 2,56 kg = 6,5536 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,109 kg x 2,56 kg = 0,27904 kg
UBP	649 x 2,56 kg = 1661,44

3. Panneau de contreventement Pavaplan

Épaisseur : 0,008 m
Poids au m² : 8 kg/m² ¹

Energie primaire globale	30,3 MJ x 8 kg = 242,4 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	9 MJ x 8 kg = 72 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,501 kg x 8 kg = 4,008 kg
UBP	854 x 8 kg = 6832

4. Structure

Masse volumique : 1000 à 1250 kg/m³
Dimensions : 0,235 m x 0,038 m tous les 0,5 m
Poids au m² : (2 x 0,235 x 0,038 x 1) x 1100 kg = 19,646 kg

Energie primaire globale	19,8 MJ x 19,646 kg = 388,9908 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,56 MJ x 19,646 kg = 50,29376 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,109 kg x 19,646 kg = 2,141414 kg
UBP	649 x 19,646 kg = 12 750,254

5. Isolation en cellulose

Masse volumique : entre 25 kg/m³ et 65 kg/m³ (moyenne : 45 kg/m³)
Épaisseur : 0,235 m (- la structure)
Poids au m² : (0,235 m³ - 0,01786 m³) x 45 kg = 9,7713 kg

Energie primaire globale	9,94 MJ x 9,7713 kg = 97,126722 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	7,37 MJ x 9,7713 kg = 72,014481 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,39 kg x 9,7713 kg = 3,810807 kg
UBP	1270 x 9,7713 kg = 12 409,551

6. Panneau

Poids au m² : 640 kg/m³
Épaisseur : 0,02 m
Poids au m² : 12,8 kg

Energie primaire globale	34,6 MJ x 12,8 kg = 442,88 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	13,2 MJ x 12,8 kg = 168,96 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,598 kg x 12,8 kg = 7,6544 kg
UBP	1460 x 12,8 kg = 18 688

7. Pare-pluie

Membrane en EPDM
Poids au m² : 1,4 kg/m² ¹

¹ PAVATEX, *Pavaplan. Panneau de contreventement*, octobre 2011 [en ligne, 24-12-2011]
http://www.pavatex.fr/d%C3%A9tail_du_produit.aspx?PROID=59825

Energie primaire globale	91,5 MJ x 1,4 kg = 128,1 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	89,4 MJ x 1,4 kg = 125,16 MJ
Emission de gaz à effet de serre	2,66 kg x 1,4 kg = 3,724 kg
UBP	2440 x 1,4 kg = 3416

8. Lattage et contre-lattage SRN

Masse volumique : à 15% d'humidité relative de 320 à 800 kg/m³ (moyenne 500 kg/m³)

Dimensions : 0,024 m x 0,032 m

Poids au m² : 2,56 kg

Energie primaire globale	19,8 MJ x 2,56 kg = 50,688 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,56 MJ x 2,56 kg = 6,5536 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,109 kg x 2,56 kg = 0,27904 kg
UBP	649 x 2,56 kg = 1661,44

9. Bardage (cèdre)

L'impact a déjà été calculé précédemment.

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	230,4934732 MJ X 1,3 = 299,64151516 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	113,1430724 MJ X 1,3 = 147,08599412 MJ
Emission de gaz à effet de serre	3,57055254 kg X 1,3 = 4,641718302 kg (sans le traitement)
UBP	7413,3459 X 1,3 = 9637,34967 (sans le traitement)

10. Total

Pour 1m ² de paroi	
Energie primaire globale	174,35 MJ + 50,688 MJ + 242,4 MJ + 388,9908 MJ + 97,126722 MJ + 442,88 MJ + 128,1 MJ + 50,688 MJ + 299,64151516 MJ = 1874,86504 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	165,55 MJ + 6,5536 MJ + 72 MJ + 50,29376 MJ + 72,014481 MJ + 168,96 MJ + 125,16 MJ + 6,5536 MJ + 147,08599412 MJ = 814,171435 MJ
Emission de gaz à effet de serre	10,0925 kg + 0,27904 kg + 4,008 kg + 2,141414 kg + 3,810807 kg + 7,6544 kg + 3,724 kg + 0,27904 kg + 4,641718302 kg = 36,6309193 kg
UBP	10 780 + 1661,44 + 6832 + 12 750,254 + 12 409,551 + 18 688 + 3416 + 1661,44 + 9637,34967 = 77 836,0347

¹ PRELASTI, EPDM. *Caractéristiques techniques*, 2007 [en ligne 24-12-2011]

<http://www.prelasti.com/fr/epdm.php?&ref=epdm&page=KWsaMvgzJTPvfje0JPwzKfQz&lang=fr&detail=78mTa9nLadlM.tmTetoGidoTa9mRK8mTmtmLmtk>

Annexe 19 : Construction massive en béton cellulaire

La composition de la paroi massive est celle qui a été mise en œuvre dans l'habitation de M. Dullier à Maillen.

Composition de la paroi de l'intérieur vers l'extérieur

- Plaque de Fermacell 12 mm
- Blocs de béton cellulaire 30 cm
- Lattage SRN 30 mm
- Membrane pare-pluie
- Contre lattage SRN 30 mm
- Bardage extérieur en afzélia 22 mm

1. Plaques de plâtre

Masse volumique : 1000 à 1250 kg/m³
Épaisseur : 12,5 x 2 = 25 mm = 0,025 m
Poids au m² : 0,025 m³ x 1100 kg = 27,5 kg/m²

Energie primaire globale	6,34 MJ x 27,5 kg = 174,35 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	6,02 MJ x 27,5 kg = 165,55 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,367 kg x 27,5 kg = 10,0925 kg
UBP	392 x 27,5 kg = 10 780

2. Béton cellulaire

Masse volumique : 435 kg/m³
Épaisseur : 0,3 m
Poids au m² : 130,5 kg

Energie primaire globale	3,62 MJ x 130,5 kg = 472,41 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	3,41 MJ x 130,5 kg = 445,005 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,42 kg x 130,5 kg = 54,81 kg
UBP	288 x 130,5 kg = 37 584

3. Lattage SRN

Masse volumique : à 15% d'humidité relative de 320 à 800 kg/m³ (moyenne 500 kg/m³)
Épaisseur : 0,03 m tous les 0,3 m
Poids au m² : 0,003 m³ x 500 kg = 1,5 kg

Energie primaire globale	19,8 MJ x 1,5 kg = 29,7 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,56 MJ x 1,5 kg = 3,84 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,109 kg x 1,5 kg = 0,1635 kg
UBP	649 x 1,5 kg = 973,5

4. Pare-pluie

Membrane en EPDM

Poids au m² : 1,4 kg/m² ¹

Energie primaire globale	91,5 MJ x 1,4 kg = 128,1 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	89,4 MJ x 1,4 kg = 125,16 MJ
Emission de gaz à effet de serre	2,66 kg x 1,4 kg = 3,724 kg
UBP	2440 x 1,4 kg = 3416

5. Contre lattage SRN

Masse volumique : à 15% d'humidité relative de 320 à 800 kg/m³ (moyenne 500 kg/m³)

Épaisseur : 0,03 m tous les 0,3 m

Poids au m² : 0,003 m³ x 500 kg = 1,5 kg

Energie primaire globale	19,8 MJ x 1,5 kg = 29,7 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	2,56 MJ x 1,5 kg = 3,84 MJ
Emission de gaz à effet de serre	0,109 kg x 1,5 kg = 0,1635 kg
UBP	649 x 1,5 kg = 973,5

6. Bardage (afzélia)

L'impact a déjà été calculé précédemment.

Pour 1m ² de bardage	
Energie primaire globale	357,28 MJ + 59,459008 MJ = 416,739008 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	46,288 MJ + 58,578528 MJ = 104,866528 MJ
Emission de gaz à effet de serre	1,62096 kg + 3,564688 kg = 5,185648 kg
UBP	11 248,8 + 4875,184 = 16 123,984

7. Total

Pour 1m ² de paroi	
Energie primaire globale	174,35 MJ + 472,41 MJ + 29,7 MJ + 128,1 MJ + 29,7 MJ + 416,739008 MJ = 1250,99901 MJ
Energie grise totale (non renouvelable)	165,55 MJ + 445,005 MJ + 3,84 MJ + 125,16 MJ + 3,84 MJ + 104,866528 MJ = 848,261528 MJ
Emission de gaz à effet de serre	10,0925 kg + 54,81 kg + 0,1635 kg + 3,724 kg + 0,1635 kg + 5,185648 kg = 74,139148 MJ
UBP	10 780 + 37 584 + 973,5 + 3416 + 973,5 + 16 123,984 = 69 850,984 MJ

¹ PRELASTI, EPDM. *Caractéristiques techniques*, 2007 [en ligne 24-12-2011]

<http://www.prelasti.com/fr/epdm.php?&ref=epdm&page=KWsaMvgzJTPvfje0JPwzKfQz&lang=fr&detail=78mTa9nLadlM.tmTetoGidoTa9mRK8mTmtmLmtk>

