

Comparaison des contextes, belge et équatorien, de la performance environnementale et de la soutenabilité des bâtiments

Auteur : Sanchez Alvarez, Thalia

Promoteur(s) : Hauglustaine, Jean-Marie; 2770

Faculté : Faculté des Sciences

Diplôme : Master en sciences et gestion de l'environnement, à finalité spécialisée en énergies renouvelables

Année académique : 2016-2017

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/3239>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



Faculté des Sciences
Département des Sciences et Gestion de
l'Environnement

Faculté des Sciences,
de la Technologie et de la
Communication

[2016-2017]

Comparaison des contextes, belge et équatorien, de l'évaluation de la performance
environnementale et de la soutenabilité des bâtiments

Mémoire présenté par Thalia Yesenia Sánchez Alvarez

en vue de l'obtention des grades de

Master en Sciences et Gestion de l'Environnement – finalité Energies Renouvelables (ULg)

Master en Développement Durable – finalité Énergie-Environnement (uni.lu)

Rédigé sous la direction des Prof. Jean-Marie Hauglustaine et Frank Scholzen

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier LA VIE, qui m'a autant donné ...

À ma mami America, ma source d'inspiration et la raison d'avoir entrepris ces études, merci d'être toujours là dans mon cœur.

À mes proches, pour leur amour et leur confiance qui me permettent de grandir et de lutter pour mes rêves. Et à ma famille d'accueil belge, les Lismonde qui me font croire que tout est possible.

J'adresse mes remerciements aux personnes qui m'ont aidée dans la réalisation de ce mémoire :

Je tiens particulièrement à remercier mon promoteur M. Prof. Jean-Marie Hauglustaine et mon co-promoteur Frank Scholzen pour leur disponibilité, leur patience et leurs sages conseils fournis tout au long de la rédaction de ce mémoire et qui m'ont permis d'avancer sur la bonne voie.

Je remercie également à la Faculté d'architecture de l'Universidad de Cuenca et plus particulièrement M.le Prof. Raul Cordero pour l'accueil au sein du Centre de recherches de la faculté. Un grand merci pour les facilités fournies qui ont permis les études et les mesures nécessaires à l'aboutissement de ce travail.

Je veux adresser mes remerciements aux propriétaires des deux maisons évaluées en Équateur et en Belgique ; merci de votre collaboration et de votre accueil amical.

Merci également à M. l'Architecte Heinen et aux différents entrepreneurs qui ont participé à la construction de la maison de Saint-Vith pour les précieuses informations qu'ils m'ont fournies.

Finalement je tiens à remercier à Loli, Cécile et Anabel pour la relecture de ce travail et leurs encouragements.

Un grand merci à tous !

Dios les pague !

Table de matières

REMERCIEMENTS.....	I
TABLE DE MATIÈRES	II
TABLE D'IMAGES.....	V
TABLE DE FIGURES	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
INTRODUCTION :.....	1
CHAPITRE I.....	4
1. L'HOMME ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE	4
1.1. Développement durable	4
1.1.2. Dimension du développement durable appliqué aux bâtiments	5
1.2. Architecture durable	5
1.2.1. Bâtiment durable	6
2. SYSTÈMES D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE – CERTIFICATIONS	8
2.1. Les certifications les plus utilisées dans le monde	9
CHAPITRE II - CONTEXTE	9
1. BELGIQUE.....	9
1.1. Performance environnementale des bâtiments en Belgique	10
1.1.1. Directive européenne 2002/91/CE	10
1.1.2. Directive Européenne 2010/31/EU	10
1.1.3. Normative environnementale en Belgique	10
1.1.3.1. Région Flamande.....	10
1.1.3.2. Région wallonne	11
2. EQUATEUR.....	11
2.1. Performance environnementale des bâtiments.....	12
2.1.1. Norme Equatorienne de la Construction.....	12
2.1.2. Les bâtiments durables et les besoins des pays en voie de développement – cas Equateur.	13
3. CERTIFICATIONS ENVIRONNEMENTALES – INTRODUCTION À L'ÉVALUATION	13
3.1. Choix des thématiques.....	13
3.2. Trois certifications et deux sous-thématiques utilisées pour l'exercice d'évaluation	14
3.2.1. BREEAM.....	15
3.2.2. Ref-B :.....	15
3.2.3. Runa Allpa Sumac	16
3.2.3.1. Méthode d'évaluation :	16

3.3. Spécificités de sous-thématiques	19
3.3.1. BREEAM :	19
3.3.2. Ref-B	21
CHAPITRE III - ÉVALUATION ÉQUATEUR	23
1. ÉVALUATION DE LA MAISON EN CAÑA GUADUA	23
1.1. Contexte :	23
1.2. Evaluation avec BREEAM	26
1.2.1. Confort humain	26
1.2.1.1. Performance acoustique	26
1.2.1.2. Confort visuel	27
1.2.1.3. Confort thermique	31
1.2.1.4. Qualité de l'air intérieur	35
1.2.2. Bien-être social	38
1.2.2.1. Accessibilité	38
1.2.2.2. Pratiques de construction responsable	39
1.3. Evaluation Ref-B	45
1.3.1. Bien-être humain	45
1.3.1.1. Confort acoustique	45
1.3.1.2. Confort visuel	47
1.3.1.3. Confort thermique	49
1.3.1.4. Qualité de l'air intérieur	53
1.3.2. Bien-être social	56
1.3.2.1. Accessibilité intégrale du site	56
1.3.2.2. Accessibilité du coût	58
1.3.2.3. Quartier Vivant	59
1.4. Evaluation avec Runa Allpa Sumac :	61
1.4.1. Bien-être Humain	61
1.4.1.1. Maison saine (confort acoustique, luminosité en accord avec la culture, confort en accord avec le climat)	61
1.4.2. Bien-être social	61
1.4.2.1. Accessibilité et inclusion sociale :	61
1.4.2.2. Contribution à la réduction du déficit de logements :	62
1.4.2.3. Stimulation de l'économie pour produire du travail pour les plus pauvres	62
1.4.2.4. Création des sources de travail national (matériaux, système de construction et utilisation du bâti) .	63
1.4.2.5. Consommation de gaz, eau, électricité	63
1.4.2.6. Disponibilité des services basiques (eau potable, électricité, système d'assainissement)	63
1.4.2.7. Evite risques de désastres	63
CHAPITRE IV - EVALUATION BELGIQUE	65

1.	EVALUATION DE LA MAISON BELGE – SAINT VITH.....	65
1.1.	Contexte.....	65
1.2.	Evaluation avec BREEAM.....	65
1.2.1.	Confort humain	65
1.2.1.1.	Performance acoustique	65
1.2.1.2.	Confort visuel	66
1.2.1.3.	Confort thermique.....	69
1.2.1.4.	Qualité de l'air intérieur	75
1.2.2.1.	Accessibilité	82
1.2.2.2.	Pratiques de construction responsable	88
1.3.	Evaluation Ref-B.....	91
1.3.1.1.	Confort acoustique.....	91
1.3.1.2.	Confort visuel	92
1.3.1.3.	Confort thermique.....	94
1.3.1.4.	Qualité de l'air intérieur	96
1.3.2.	Bien-être social.....	97
1.3.2.1.	Accessibilité intégrale	97
1.3.2.2.	Accessibilité du coût.....	98
1.3.2.3.	Quartier vivant	98
1.4.	Evaluation Runa Allpa Sumac.....	99
1.4.1.	Confort humain	99
1.4.1.1.	Maison saine (confort acoustique, luminosité en accord avec la culture, confort d'accord avec le climat)	99
1.4.2.	Bien-être social.....	100
1.4.2.1.	Accessibilité et inclusion sociale :.....	100
1.4.2.2.	Contribution à la réduction du déficit de logements :.....	100
1.4.2.3.	Stimulation de l'économie pour produire du travail aux plus pauvres.....	101
1.4.2.4.	Création des sources de travail national (matériaux, système de construction et utilisation du bâti)	101
1.4.2.5.	Consommation de gaz, eau, électricité	101
1.4.2.6.	Disponibilité des services basiques (eau potable, électricité, système d'assainissement).....	101
1.4.2.7.	Evite risques de désastres	102
CHAPITRE V - COMPARAISON ET DISCUSSION.....		102
1.	EVALUATION DU BÂTIMENT VERT OU DE LA DURABILITÉ DU BÂTIMENT ?.....	102
2.	COMMENT LES INSTRUMENTS ÉVALUENT-ILS LA DIMENSION SOCIALE ?	104
3.	UNE CERTIFICATION INTERNATIONALE ?.....	106
4.	RÉSULTATS.....	108
5.	L'ACCESSIBILITÉ, UN TERME REMPLI DE NUANCES.....	112
6.	MANQUE DE RIGUEUR EN RUNA ALLPA SUMAC	113

7.	EVALUATION PENDANT LA CONSTRUCTION ET APRÈS ?	114
8.	LES CERTIFICATIONS SONT-ELLES ACCESSIBLES POUR UN CHANGEMENT AU NIVEAU MONDIAL ?	114
CONCLUSIONS.....		116
BIBLIOGRAPHIE.....		I

Table d'images

Image 1 : Situation géographique de la maison à évaluer.	24
Image 2 : plan de la maison équatorienne élaborée en caña guadua	25
Image 3 : modèle SketchUp maison équatorienne en caña guadua, vue de face.	25
Image 4 : modèle SketchUp maison équatorienne en caña guadua, vue d'arrière.....	25
Image 6 : seule fenêtre du living, elle ne possède pas de vitrage ni de châssis.	28
Image 5 : cuisine de la maison évaluée (Equateur), montre le passage de lumière entre les murs et de la partie haute du toit.....	28
Image 7 : Ouvertures en haut des murs qui laissent passer la lumière.	29
Image 8: vue générale de la cuisine (Equateur).....	30
Image 9 : Simulation climatique de l'endroit où la maison en caña est localisée (Montecristi) sur TRNSYS. En rouge la température et en bleu la radiation totale	32
Image 10 : résultats PMV et PPD obtenus par des mesures in situ dans la maison en caña.....	33
Image 11 : vue de la maison depuis la route 482.....	36
Image 12 : Vue de la partie arrière de la maison et de l'endroit où l'on incinère les déchets une fois toutes les deux semaines	36
Image 13 : murs peu compacts qui permettent la ventilation naturelle	37
Image 14 : plancher de la maison à une élévation de 1,70m du sol.....	37
Image 16 : fenêtre 2 dans la chambre à coucher	38
Image 15 : fenêtre 1 dans la chambre à coucher	38
Image 17 : porte qui donne sur la terrasse de la cuisine.	38
Image 18 : Maison en caña guadua Montecristi-Ecuador	39
Image 19 : Vue générale de la maison depuis la rue principale	41
Image 20 : vue de la maison évaluée (Equateur) et de la route 482	42
Image 21 : Toilette de la maison évaluée(Equateur).....	44
Image 22 : Plan général de la maison, vue de la partie arrière, Les toilettes se trouvent à droite de l'image.....	44
Image 23 : Simulation thermique de la maison évaluée (Equateur) faite avec le programme TRNSYS.	51
Image 24 : Résultats de la simulation thermique de la maison évaluée (Equateur) faite avec le programme TRNSYS.....	52
Image 25 : escalier-échelle de la maison évaluée(Equateur)	57

Image 26: plan général de la maison, vue depuis la rue, buanderie en zoom.....	59
Image 27 : Vue de la maison depuis la rue	60
Image 28 : Vue des baies de la maison et de ses habitants.....	60
Image 29 : Vue de la maison en caña, la maison s'est inclinée de quelques degrés suite au tremblement de terre en 2016.....	64
Image 30: Vue général de la pièce de vie. (Saint-Vith)	69
Image 31 : Système de ventilation D, conduits d'alimentation et d'extraction d'air.....	77
Image 32 : Plans de la maison évaluée (Saint Vith). Point Orange : prise d'air du système de ventilation. Source : Atelier Weiherof, architecte : Pascal Heinen	78
Image 33 : : ouverture de prise d'air neuf du système de ventilation -maison évaluée (Saint Vith)	79
Image 34 : entrée principale de la maison évaluée (Saint Vith)	84
Image 35 : entrée secondaire de la maison évaluée (Saint Vith)	84
Image 36 : vue depuis l'entrée principale de la maison évaluée (Saint Vith)	85
Image 37 : Living de la maison évaluée (Saint Vith).....	86
Image 38 : WC de l'étage principal (où se trouvent la pièce de séjour ainsi que la cuisine) de la maison de Saint Vith.	87
Image 39 : Vue vers l'extérieur depuis la pièce de séjour de la maison évaluée (Saint Vith)	99

Table de figures

Figure 1 : Schéma conventionnel du Développement durable. Source : (IS@DD, 2012).....	5
Figure 2 : Carte de l'Equateur selon la température moyenne multi annuelle	11
Figure 3 : Températures moyennes annuelles rencontrés aux zones climatiques selon la carte de l'INHAMI. Source : (Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la Construcción, 2011).	12
Figure 4 : Niveaux maximaux de bruit d'accord à l'activité. Source : (Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la Construcción, 2011).	26
Figure 5 : Valeurs minimales du facteur de lumière du jour moyen. Source : (BREEAM, 2016). ..	27
Figure 6 : Tableau 11 du référentiel BREEAM. Source (BREEAM,2016)	28
Figure 7 : Catégories d'environnement thermique. Source : norme ISO 7730 :2005.....	32
Figure 8 : mesures de bruit d'installations. Source : (Gendre & Hauglustaine, 2013).	46
Figure 9 : Niveau de radon maximum, minimum et moyen en différents pays d'Amérique Latine. Source : (Canoba et al., n.d.).....	53
Figure 10 : Valeurs minimales du facteur de lumière du jour moyen. Source : (BREEAM,2016) ..	66
Figure 11 : Tableau 11 du référentiel BREEAM. Source (BREEAM,2016)	66
Figure 12 : PMV et PPD de la maison évaluée (Saint Vith)	70
Figure 13 : Catégories d'environnement thermique. Source : norme ISO 7730 :2005.....	70
Figure 14 : élément parallèle à la surface. Source : (Wang, Meng, Zhang, Yulan, & Enshen, 2014)	72

Figure 15 : élément perpendiculaire à la surface. Source: (Wang, Meng, Zhang, Yulan, & Enshen, 2014)	72
Figure 16 : calculs des débits d'alimentation et d'évacuation du système de ventilation- maison évaluée de Saint-Vith. Source : documentation fournie par le maître d'ouvrage.	76
Figure 17 : Débits minimums et maximums d'accord avec la norme : NBN D50-001. Source : (Jean-Marie Hauglustaine, 2011)	76
Figure 18 : figure correspondant à l'aménagement des ouvertures d'alimentation d'air et de rejet d'air. « L'ouverture de l'air se trouve plus basse ou égale à l'ouverture de rejet d'air. Ce dernier se trouvant sur une façade après le coin du mur (angle extérieur $\geq 180^\circ$) ». Source : (Comité européen de la normalisation, 2007)	80
Figure 19 : illustration du critère 6, espace libre d'obstruction de 300m à prévoir. Source : (Lifetime Homes, 2010)	85
Figure 20 : consommation d'eau, en litres, de la maison évaluée (Saint-Vith). Source : documentation fournie par les occupants	90

Liste des tableaux

Tableau 1 : Aspects considérés dans le référentiel Runa Allpa Sumac et leur poids dans des pays en voie de développement. Source : (R Cordero, Garcia, & Pérez, 2017).	18
Tableau 2 : Comparaison des sous-thématiques à évaluer dans les trois référentiels.	18
Tableau 3 : Consommation électrique annuelle de la maison en caña guadua (Equateur)	43
Tableau 4 : Données de consommation d'eau du ménage équatorien évalué.	44
Tableau 5 : Valeurs obtenues lors des mesures PMV et PPD (Saint Vith)	70
Tableau 6 : Résultats BREEAM	108
Tableau 7 : Résultats Ref-B confort humain.....	109
Tableau 8 : Résultats Ref-B thématique « environnement humain »	110
Tableau 9 : Résultats Runa Allpa Sumac	111

Introduction

L'actuel système industriel vénéré et socialement accepté pour sa promesse de progrès illimité, est basé sur l'utilisation des matières premières en cycle ouvert. Le système définit et satisfait les besoins tout en produisant des résidus qui ne sont pas valorisables. Le secteur de la construction est au cœur de cette problématique ; il consomme près de la moitié de toutes les matières premières extraites hors de la croûte terrestre (European Commission DG, 2007) produit 40% de déchets et émet 25% du gaz à effet de serre (Platzer, 2009).

Cependant, le bâtiment est indispensable pour l'être humain ; il lui sert d'abri, fournit de l'emploi, et une grande partie de l'activité économique et du divertissement permet d'y développer en ses murs. Résultat ; l'humain passe plus de 80% du temps à l'intérieur d'un local (Romain, 2016).

Ce constat a déchainé la demande et la nécessité d'un nouveau modèle de développement, qui sera appliqué au secteur du bâtiment. En effet, en édifiant un nouveau bâtiment (d'une durée de vie de 50 à 100 ans), nous engageons nos enfants et même nos petits-enfants à des choix architecturaux, géographiques et technologiques qui peuvent impacter la vie quotidienne des habitants et l'avenir de la planète (Platzer, 2009).

Ce n'est que dans les années soixante qu'un nouveau modèle a surgi : le concept de développement durable. Ce modèle est fondé sur une vision à long terme qui prend en compte le caractère inhérent des dimensions environnementale, sociale et économique des activités de développement » (Isabelle Boucher, Blais, & Ville, 2010). Ceci implique la transformation du système actuel en un système qui travaille en cycle fermé et qui améliore la capacité productive du milieu, tout en satisfaisant de manière responsable les besoins sociaux (MONTEROTTI, 2013).

En prenant en compte la définition du développement durable « mode de développement qui **répond aux besoins** des générations présentes **sans compromettre la capacité des générations futures** de répondre aux leurs » (General Assembly UN, 1987) on peut estimer que le but premier d'un bâtiment durable est de répondre aux besoins principaux de l'homme : proportionner un abri confortable, adéquat et sain qui prend en compte les besoins sociaux, tout cela, avec une excellente efficacité environnementale.

C'est donc à partir du point de vue de l'utilité et de la **satisfaction des besoins humains et sociaux**, présentes et futures, qu'un bâtiment devra être analysé.

La durabilité d'un bâtiment n'est pas un atout qui peut être annexé à travers certaines restrictions ou prestations. Elle exige un changement radical qu'affectent les bases du système (MONTEROTTI, 2013). A l'heure actuelle, différents instruments d'évaluation essayent d'inciter ce changement vers la durabilité.

Le plus souvent, ils ont été développés par des entités non gouvernementales avec pour but d'identifier les impacts et les potentielles améliorations du bâtiment. Plus de 50 systèmes d'évaluation ont été créés et sont utilisés dans plus de 150 pays autour du monde (Girard, 2013). Parmi le plus utilisés on trouve LEED, BREEAM, Green Star et CASBEE.

Comme alternative aux instruments d'évaluation les plus populaires qui ont été mis en place par des pays développés, d'autres pays ont effectué un effort considérable pour développer leurs propres outils d'évaluation. En effet, une certification est applicable prioritairement au niveau local, tenant compte du contexte de chaque pays, même si beaucoup des méthodes d'évaluation s'inspirent des certifications internationales telles que LEED ou BREEAM (Girard, 2013).

Les instruments d'évaluation environnementale vont au-delà des réglementations et permettent des transformations profondes en ce qui concerne la manière de concevoir et de construire (France GBC, 2015). Ce sont eux qui peuvent et doivent avoir un rôle important dans la mise en place des actions durables, mais est-ce que ces outils sont accessibles à tout le monde et à tout type de bâtiment issu ou pas d'un pays développé, et comment ?

Puisque ces outils jouent un rôle important, ils devront **être adéquats et adaptés au contexte d'évaluation** ; ils devront aussi évaluer les dimensions économiques, environnementales et sociales du développement durable.

Ce travail de fin d'études a pour but d'analyser et de comparer trois outils d'évaluation dans deux contextes différents : un logement en Equateur qui peut représenter le contexte d'un pays en développement, et un logement belge qui représente un pays développé. On verra au cours de l'évaluation que les besoins à satisfaire ne sont pas les mêmes dans les deux cas, ainsi que les manières d'appliquer un outil d'évaluation.

Trois certifications ou instruments d'évaluation seront appliqués aux deux cas : BREEAM international, qui peut être appliqué à toute construction dans le monde ; Ref-B, outil d'évaluation belge et Runa Allpa Sumac, outil d'évaluation équatorien.

Les thématiques évaluées seront principalement celles liées à la dimension sociale d'un bâtiment durable : le confort humain (aspects liés à l'individu) et le bien-être social (aspects sociaux). Comme déjà évoqué plus haut, ces thématiques constituent, selon moi les besoins principaux auxquels un bâtiment doit satisfaire.

En résumé, le but est de mesurer la qualité de vie (confort, santé, aspects sociaux) de deux maisons situées dans deux contextes bien distincts, selon les critères que proposent trois outils d'évaluation environnementale.

Ces deux thématiques ont un poids différent dans chaque contexte. En effet, même si les aspects sociaux restent importants partout dans le monde, il semblerait que, pour les pays en développement l'aspect social est beaucoup plus important. Ceci est dû aux déficits de logements, d'emploi, et au taux élevé de pauvreté.

Contenu de ce travail :

Ce travail est divisé en cinq chapitres :

Le premier chapitre fait l'état de l'art du développement durable et des systèmes d'évaluation : les concepts nécessaires à la compréhension de la suite du travail seront abordés, concepts tels que développement durable, la place de l'homme dans le changement climatique ainsi que les outils existants pour l'évaluation de la durabilité.

Le deuxième chapitre fera le point sur le contexte des deux pays (Belgique et Equateur) ainsi que sur leurs réglementations existantes au niveau de la performance environnementale. Ce chapitre abordera également une description des trois instruments d'évaluation ainsi que leurs spécificités.

Les chapitres trois et quatre seront dédiés à l'évaluation elle-même des deux bâtiments unifamiliaux. Une évaluation rigoureuse a été réalisée ; les critères particuliers de l'instrument ou de la méthode de certification sont rappelés en plus petits caractères pour mieux différencier l'évaluation.

Finalement, le **chapitre cinq** sera consacré à la discussion, comparaison et aux conclusions tirées de l'exercice des évaluations réalisées.

Chapitre I

1. L'HOMME ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Depuis l'apparition de la race humaine, l'homme a cherché à s'adapter à son milieu et l'a transformé pour assurer sa survie. Ceci a impliqué une étroite relation avec les éléments naturels tels que la terre, l'air et l'eau. C'est après le début de la révolution industrielle que les dommages les plus importants sont apparus. En effet les sources d'énergie à disposition de l'homme lui ont permis d'avoir accès aux ressources minérales. Ce qui a permis une croissance illimitée (Valero, 2015).

Les dommages les plus courants et les mieux connus par la société sont liés à la pollution atmosphérique et aux émissions CO₂. Néanmoins, il existe bien d'autres dégâts qui nous affectent de près ou de loin : ce sont la désertification, la déforestation, l'acidification des océans, la perte de biodiversité, et bien plus encore. Ceux-ci déséquilibrent la vie de cette planète.

Les bâtiments ont une grande responsabilité pour maintenir l'équilibre naturel. Selon Valero (2015) « le réchauffement climatique résulte à 50% de l'utilisation des combustibles fossiles dans les bâtiments, les 50% restants résultent du transport des personnes et des marchandises qui arrivent à ces bâtiments. Ce sont donc les villes qui sont les responsables pour 75 à 80%, de toutes les émissions de CO₂ produites par l'homme » (Valero, 2015). Néanmoins le secteur de la construction, à la différence du secteur industriel, agricole ou des transports, présente un très grand potentiel de réduction d'émissions.

1.1. Développement durable

C'est seulement dans les années 60 que la problématique environnementale a commencé à susciter l'intérêt public. En effet, les problèmes entraînés par la société industrielle ont atteint des niveaux préoccupants.

En 1972, le Club de Rome publie le rapport « The Limits of Growth ». Il s'appuie sur les résultats issus d'une simulation par ordinateur. Une population croissante, qui consomme et pollue exponentiellement dans un monde fini, engendre une crise environnementale. C'est l'idée de redistribution de la richesse qu'a proposé le club (Mormont, 2011). Une société stable sera possible si les pays en voie de développement peuvent atteindre une croissance en équilibre et les pays développés une croissance non matérielle (Stassart, 2016)

En 1987, le rapport de Brundlandt ou officiellement appelé « Our Common Future » utilise pour la première fois l'expression « **développement durable** ». Le document propose également une définition : « Le développement durable est un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures de répondre

aux leurs. » (General Assembly UN, 1987) ce concept nous amène à trouver un compromis entre les besoins essentiels qui sont prioritaires et le caractère fini de la capacité de l'environnement.

1.1.2. Dimension du développement durable appliqué aux bâtiments

La notion du développement durable est basée sur trois piliers ou dimensions : « **L'économique** : continuer à produire de la richesse pour satisfaire les besoins de la population mondiale. » La dimension **sociale** : réduire les inégalités entre les peuples. Et la dimension **écologique** : veiller à la préservation de l'environnement qui servira aux générations futures (Ecologia, 2015). La figure 1 illustre les composants de chaque dimension et les interrelations que se produisent en prenant en compte les besoins humains.

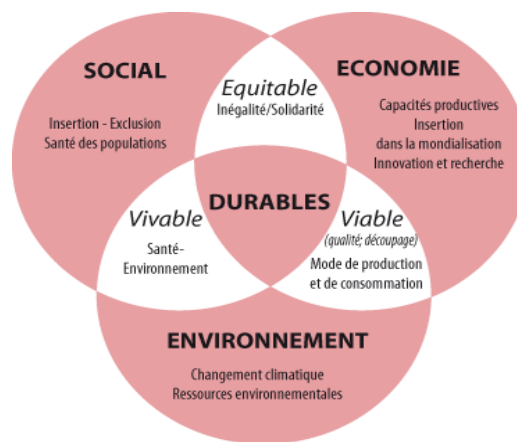


Figure 1 : Schéma conventionnel du Développement durable. Source : (IS@DD, 2012)

Pour satisfaire la notion complète de durabilité d'un bâtiment, il est impératif que les trois dimensions (environnement, société et économie) puissent trouver un équilibre qui devra être partagé entre les agents qui interviennent dans les processus de conception, de construction, d'utilisation et de fin de vie du projet. Les trois dimensions seront expliquées plus en détails dans le point 1.2.1, qui traite du bâtiment durable.

1.2. Architecture durable

La notion du développement durable donne son origine à ce qui sera l'architecture durable, laquelle se voit matérialisée à travers la construction. La façon dont le bâtiment est conçu peut fortement impacter l'environnement. En effet, construire laisse une empreinte écologique assez importante : utilisation de 50% des ressources naturelles, de 40% de l'énergie finale, et de 16% de l'utilisation de l'eau (Coeudevez & Déoux, 2011). Il est aussi directement ou indirectement responsable de l'abattage d'arbres natifs, de l'épuisement des ressources fossiles et de l'eau douce, ainsi que de l'émission de différents polluants comme le CO₂, le NO_x ou le SO_x dans l'atmosphère.

De la même manière, le bâtiment en lui-même crée un nouvel environnement qui présente de nouveaux défis et d'autres problèmes à gérer. La population urbaine passe 80% du temps à

l'intérieur d'un bâtiment (Romain, 2016), dans des endroits tels que le foyer, l'école, le travail ou le divertissement. Il est donc important de veiller à la qualité d'air, au confort thermique, au bien-être social, à la santé des occupants, entre autres.

C'est justement à propos du rôle important que joue le bâtiment dans la société qu'il faut repenser son modèle. La durabilité en architecture a une dimension esthétique, sociale et écologique. La technologie aura comme fonction de servir de pont entre ces trois dimensions, en préservant l'environnement et en améliorant les questions sociales.

Valero (2015) propose six critères pour atteindre la durabilité dans un projet architectural. Les voici :

1. « Connaissance de l'endroit où le projet est mis au point ;
2. Économie d'énergie ;
3. Optimisation et réduction de la consommation d'eau ;
4. Réduction de l'impact des matériaux de construction ;
5. Réduction et gestion des déchets ;
6. Contrôle du confort intérieur du bâtiment. » (Valero, 2015)

Ces critères sont utilisés couramment dans les évaluations internationales tel que BREEAM. Ils seront exposés dans le point concernant les systèmes d'évaluation environnementale. Néanmoins, ces critères ne sont pas complètement en accord avec le concept de durabilité qui a été exposé plus haut. En effet, aucun critère ne mentionne la dimension sociale ni économique. Selon mon opinion, l'architecture durable doit aller plus loin que la pollution et le recyclage.

Les architectes Del Toro & Antúñez, 2013, proposent un autre concept de l'architecture durable : « **Répondre aux besoins de ses occupants** à tout moment sans mettre en péril le bien-être ni le développement des générations futures. L'architecture durable implique un engagement honnête vis-à-vis du développement humain et de la stabilité sociale, en utilisant des stratégies d'architecture afin d'optimiser les ressources matériaux, la réduction de la consommation d'énergie, la promotion de l'énergie renouvelable, la réduction des déchets et des émissions, tout en améliorant la qualité de vie des occupants » (Del Toro & Antunez, 2013).

1.2.1. Bâtiment durable

Un bâtiment durable est le rassemblement de différentes stratégies liées à l'utilisation du sol, à la conception, aux techniques de construction et appareils utilisés ainsi qu'à la gestion du bâtiment. Ces stratégies sont mises à profit pour minimiser l'impact du bâtiment sur la santé humaine et l'environnement. La plupart de temps, ceci est appliqué tout au long du cycle de vie du bâtiment, parfois avant sa construction (étape du design) jusqu'à la destruction, en passant par la construction, l'utilisation, la maintenance, et la rénovation (Kubba, 2016).

Selon l'agence pour la protection environnementale des Etats-Unis « EPA », cette pratique résout les préoccupations classiques liées à la conception des bâtiments : l'économie, le confort, l'utilité et la durabilité (EPA, 2016).

Pour avoir un bâtiment durable il faudrait mettre en place des stratégies qui permettront l'application des trois dimensions du développement durable. D'après la **dimension économique**, les caractéristiques et bénéfices d'un bâtiment durable seront (EPA, 2016):

- « La réduction des couts d'utilisation ;
- La création, le développement et la transformation des marchés liés aux produits et services durables ;
- L'amélioration de la productivité des occupants ;
- L'optimisation la performance économique » (EPA, 2016).

En somme, le bâtiment doit être viable et rentable pour permettre l'investissement et une croissance durable.

L'agence pour la protection de l'environnement suggère quatre bénéfices et caractéristiques des bâtiments durables en ce qui concerne la **dimension environnementale** :

- « Amélioration et protection de la biodiversité et des écosystèmes ;
- Amélioration la qualité de l'air et de l'eau ;
- Réduction les déchets ;
- Conservation et restauration des ressources naturelles » (EPA,2016).

Le bâtiment durable intègre une conception intelligente qui permet une consommation énergétique minime dans les systèmes de chauffage, de climatisation et d'éclairage. Il permet la conservation de la biodiversité ainsi qu'un impact environnemental moindre grâce à ses systèmes de gestion des déchets et d'eau.

Finalement, en ce qui concerne la **dimension sociale**, les bénéfices et caractéristiques sont :

- « Amélioration du confort et de la santé des occupants ;
- Augmentation des qualités esthétiques ;
- Minimisation de l'impact sur l'infrastructure locale ;
- Amélioration de la qualité de vie de manière générale » (EPA, 2016)

Le bâtiment assure la sécurité et le confort des utilisateurs, répond aux besoins actuels et évolue pour pouvoir répondre aux besoins futurs, en même temps qu'il renforce l'identité culturelle d'une population. Il devra aussi jouer un rôle qui agit contre l'exclusion et de la marginalisation sociale (Boucher et al., 2010).

Lors de ce travail on s'intéressera davantage à cette dernière dimension. Elle sera évaluée lors des chapitres trois et quatre.

Ces concepts de développement durable appliqués aux bâtiments et leurs caractéristiques semblent très théoriques et abstraits. Dans la pratique, nous pouvons mesurer la durabilité d'un bâtiment en appliquant différents outils d'évaluation environnementale.

2. SYSTÈMES D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE – CERTIFICATIONS

En suivant les critères de l'architecture et du bâtiment durables, de nombreux systèmes d'évaluation de performance environnementale émergent pour objectiver et mesurer les niveaux de performance vis-à-vis de la problématique et des impacts environnementaux (Coeudevez & Déoux, 2011). Ces systèmes sont développés pour évaluer, de manière objective et partielle, les différents composants d'un bâtiment en prenant en compte l'utilisation des ressources, les charges écologiques et la qualité du bâtiment (Cole, 2005).

Ils sont généralement indépendants et volontaires mais utilisent une méthodologie d'évaluation semblable. En effet, les thématiques environnementales, sociétales et économiques (qualité de l'environnement intérieur, gestion de l'eau et des déchets, efficacité énergétique, innovation, confort thermique, etc.) sont évaluées au moyen d'une checklist, de manière qualitative ou quantitative. L'importance et le contenu des thématiques peuvent varier en fonction du contexte dans laquelle la certification est appliquée (Girard, 2013).

Le processus d'évaluation est donné de la manière suivante : Chaque thématique est divisée en cibles, qui évaluent l'état de plusieurs indicateurs. Une qualification par cible est obtenue ; celle-ci est additionnée avec les qualifications obtenues des autres cibles appartenant à la même thématique. Une note pour chaque thématique est établie. Comme déjà mentionné, la certification octroie un poids spécifique à chaque thématique en fonction du contexte. Dès lors, les résultats pour chaque thématique sont pondérés et additionnés pour obtenir une qualification globale de durabilité (Girard, 2013).

Pour Platzer (2009) une certification correspond à :

- « Une marque distinctive ou un label qui permet l'identification auprès des utilisateurs, des acheteurs et du public ;
- Un référentiel, le moteur de la certification, car il sert de base aux contrôles de la conformité à la marque ;
- Un organisme certificateur qui contrôle et assure le suivi de l'outil » (PLATZER, 2009)

Ces outils peuvent servir comme référence pour mettre en place des réglementations et des points de référence, ainsi que pour promouvoir la durabilité des bâtiments et les bonnes pratiques de construction environnementale.

2.1. Les certifications les plus utilisées dans le monde

L'investigation concernant les méthodes d'évaluation environnementale de bâtiments date des dernières décennies. Le premier système d'évaluation a vu le jour en 1990 (Grace, 2000). Il s'agit de BREEAM (Building Research Environmental Establishment Assessment Method) mis en place par le Building Research Establishment » au Royaume uni. (Guillén, Quesada, Catalan, Orellana, & Serrano, 2015). A l'heure actuelle BREEAM est un de systèmes le plus utilisés au monde avec plus de 561.400 bâtiments certifiés et plus de deux millions de projets en cours de certification (BREEAM, 2017).

L'utilisation de BREEAM a été la source d'inspiration pour d'autres méthodes qui sont apparues dans le monde, C'est le cas de LEED (Leadership Environmental and Energy Design). LEED met comme priorité l'évaluation, l'optimisation de l'énergie et l'énergie renouvelable produite pour le projet (Gurgun, Polat, Damci, & Bayhan, 2016). Selon cet organisme, jusqu'à juillet 2016 LEED comptait 94.561 projets enregistrés et certifiés à travers le monde (Gurgun et al., 2016).

En 2004, une certification japonaise voit le jour, CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) a été élaboré pour évaluer la qualité du bâtiment et les impacts environnementaux (Wallhagen, 2010).

LEED et BREEAM sont les certifications environnementales les plus populaires et les plus utilisées dans le monde. Ces deux méthodes et CASBEE font partie des trois certifications modèles à partir desquelles d'autres méthodes se sont inspirées (Kamal & Shamseldin, 2016).

Chapitre II – contexte

1. BELGIQUE

Le Royaume de Belgique est un pays d'Europe de l'Ouest frontalier avec la France, les Pays Bas, le Luxembourg, l'Allemagne et la mer du Nord. Le pays compte un relief peu élevé, le point culminant étant situé à 694 mètres (Wikipedia, 2017).

Avec 11.289.853 habitants (chiffre 2016), le pays comprend différentes communautés linguistiques. Les trois langues officielles parlées dans le territoire sont le français, le néerlandais et l'allemand (Wikipedia, 2017). Le secteur des services est l'activité économique la plus importante pour les Belges « La part du secteur tertiaire (services) dans le PIB a ainsi augmenté pour atteindre 69,3 % en 2015, contre 69,0 % en 2014 » (Statistiques Belgium, 2016).

1.1. Performance environnementale des bâtiments en Belgique

1.1.1. Directive européenne 2002/91/CE

En 2002, suite au Protocole de Kyoto, la Directive européenne 2002/91/CE est publiée. «Elle impose aux pays membres d'adopter une réglementation qui permette d'apprécier la performance énergétique globale des bâtiments » (Jean-Marie Hauglustaine, Baltus, & Dupont, 2008). Elle donne comme résultat la mise en place de 3 réglementations énergétiques en Belgique appliquées dans chaque Région (wallonne, flamande et de Bruxelles-capitale).

Les exigences de la Directive sont : l'établissement d'une méthode de calcul de la Performance Énergétique des Bâtiments (PEB) en énergie primaire ; des exigences minimales portant sur la performance énergétique des bâtiments neufs et existants, une certification de la performance énergétique de tous les bâtiments (horizon 2009) ; ainsi qu'une inspection régulière des chaudières et des systèmes de climatisation (Jean-Marie Hauglustaine et al., 2008)

1.1.2. Directive Européenne 2010/31/EU

Beaucoup de pays d'Europe ont une consommation importante d'énergie et des émissions significatives de CO₂. D'après la Directive Européenne 2010/31/EU, les bâtiments en Union Européenne consomment 40% d'énergie finale (Komurlu, Arditi, & Gurgun, 2014). Face à cette réalité, la Commission Européenne et grâce à l'approbation du Parlement Européen, a proposé la loi « Climato and energy package ».

Ce package, plus connu comme cible 20-20-20, contient une approche intégrée des politiques relatives à l'énergie et au climat (Gurgun et al., 2016). Il a comme objectif, pour 2020, la réduction de 20% des émissions par rapport aux niveaux atteints en 1990 ; 20% de la consommation énergétique devra être issue de sources renouvelables. Et finalement une réduction de 20% d'énergie primaire utilisée, ceci en améliorant l'efficacité énergétique (European Commission, 2017)

1.1.3. Normative environnementale en Belgique

1.1.3.1. Région Flamande

Le permis d'environnement est régi par le VLAREM ou la réglementation flamande relative aux permis d'environnement. Elle définit les activités et les installations qui ont besoin d'un permis ; ces activités devront respecter une série de conditions relatives à la prévention d'incendie, d'explosion, la gestion des déchets, etc. En ce qui concerne les installations les plus dangereuses, elles devront faire l'objet de contrôles et de mesures régulières concernant l'analyse des eaux usées, les nuisances sonores, le système de chauffage, etc. (Vlaamse milieumaatschappij, 2017).

1.1.3.2. Région wallonne

Un permis d'environnement est nécessaire pour les installations et activités aient un impact important et moyennement important. Le permis couvre l'ensemble des nuisances qu'une installation est susceptible de causer à l'homme et à l'environnement. Il évalue les effets directs et indirects, à court et à long terme, de l'implantation des installations sur l'homme (santé et sécurité), sur l'environnement (la faune, l'air, l'eau, le sol...) ainsi que sur le patrimoine culturel (SIPPT, 2017).

2. EQUATEUR

L'Equateur est un pays d'Amérique du Sud situé au nord-est du continent, frontalier du Pérou au sud et de la Colombie au nord et baigné à l'Ouest par l'Océan Pacifique. Sa population est de 15,2 millions d'habitants, composée principalement par les "mestizos" et une large minorité de descendants européens, amérindiens et africains (Josse, 2013).

La langue officielle est l'espagnol, qui est parlée par 94% de la population. L'Equateur est une république démocratique. Pays à revenu moyen, le développement de son économie est fortement tributaire des matières premières, à savoir le pétrole et des produits agricoles tels que la banane (premier exportateur mondial), le cacao (septième exportateur mondial), les crevettes et les produits de la mer (France Diplomatie, 2017)

L'Equateur est un pays rempli de contrastes d'ordre climatique, socio-économique et même culturel. En effet, 12 climats différents sont rencontrés au sein du pays, ainsi que 14 nationalités.

En ce qui concerne la partie climatique, l'Equateur est un pays très particulier : sa position dans la ligne équatoriale lui permet de ne pas avoir des variations de climats dans un même endroit. L'été et l'hiver sont les deux saisons plus au moins marquées par la période sèche et l'arrivée des

pluies. Néanmoins, c'est la cordillère des Andes qui traverse le pays de nord au sud, l'élément qui détermine l'apparition des différents climats tout le long du pays. L'Institut National de Météorologie et Hydrologie INAMHI a identifié 12 zones thermiques en accord avec les températures moyennes annuelles.

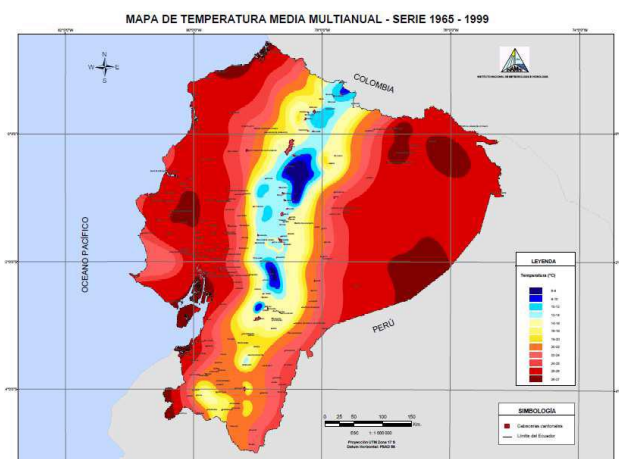


Figure 2 : Carte de l'Equateur selon la température moyenne multi-annuelle

Les deux zones thermiques ont été divisées en 6 zones climatiques :

Zona Climática	Rango de temperatura. Según datos del INHAMI
ZT1	6 - 10 [°C]
ZT2	10 - 14 [°C]
ZT3	14 - 18 [°C]
ZT4	18 - 22 [°C]
ZT5	22 - 25 [°C]
ZT6	25 - 27 [°C]

Figure 3 : Températures moyennes annuelles rencontrées aux zones climatiques selon la carte de l'INHAMI. Source : (Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la Construcción, 2011). ne

Le contraste est aussi socio-économique. En effet, dans l'histoire de l'Équateur depuis la colonisation et plus tard dans la dernière décennie du siècle passé, l'instauration d'un modèle capitaliste dominant et oligarque n'a fait que fragiliser le rôle de l'État et cela a entraîné un déséquilibre et des inégalités sur le territoire national, avec un accès limité à l'exploitation des ressources naturelles, aux zones productives, à l'éducation et aux services publics (Pauta, 2012). Les inégalités sociales sont beaucoup plus flagrantes dans les ethnies autochtones, qui souffrent de discrimination sociale et ont des chances de réussite plus réduites.

2.1. Performance environnementale des bâtiments

Le parc immobilier d'Amérique Latine ne prend pas en compte les critères environnementaux lors de toute la durée de vie du bâtiment. Ils sont inefficients et causent, pour la plupart, des dommages environnementaux, urbanistiques, de santé, etc. Par exemple, « les principales villes d'Amérique Latine perdent environ 35% d'eau à cause de fuites, Rio de Janeiro au Brésil a le plus haut indice de fuites d'eau, à savoir 58% » (Cesano & Russell, 2015).

Les normes de performance environnementale sont rares et, quand elles existent ne s'appliquent pas toujours. Dans le cas de l'Équateur, en 2011, la norme équatorienne de la construction NEC est publiée. Le chapitre 13 de la NEC concerne l'efficacité énergétique dans la construction, il impose le respect des techniques spécifiques.

2.1.1. Norme Equatorienne de la Construction

La NEC a comme objectif de répondre aux exigences de la société en termes d'amélioration de la qualité du bâtiment, la protection de l'utilisateur et la promotion du développement durable. Elle s'applique aux nouvelles constructions, extensions ou rénovations, ainsi qu'à certains bâtiments protégés du point de vue environnemental, historique ou artistique (MIDUVI, 2017).

Le chapitre 13 concernant l'efficacité énergétique établit des spécifications techniques qui s'appliquent aux phases de conception, construction, utilisation et maintenance des bâtiments. Le but est de promouvoir une construction durable, efficace et ayant des faibles impacts environnementaux en réduisant la consommation des combustibles fossiles et des ressources non

renouvelables (Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la Construcción, 2011). Une partie de cette norme sera utilisée et appliquée lors de l'évaluation BREEAM dans le chapitre 3 et 4.

2.1.2. Les bâtiments durables et les besoins des pays en voie de développement – cas Equateur.

Parmi les principes issus du rapport de Brundtland, on trouve la satisfaction des besoins essentiels concernant l'emploi, l'alimentation, l'énergie, l'eau, la salubrité (Stassart, 2016).

Ce problème de satisfaction des besoins essentiels est encore présent dans les pays en voie de développement. Selon la Commission économique pour l'Amérique Latine et les Caraïbes « CEPAL », en 2014, la pauvreté touchait 28 % de la population du continent (167 millions de personnes) dont 71 millions vivent dans des conditions d'extrême pauvreté (CEPAL, 2015). Il est donc nécessaire de mettre au point des politiques publiques communes et des politiques dont les bâtiments puissent aussi contribuer à la satisfaction de ces besoins, de manière directe ou indirecte.

En visitant l'Equateur on constate que 51,8 % de l'emploi est informel (ensemble de personnes qui travaillent en unités productives de moins de 10 travailleurs et qui n'ont pas de numéro d'identification fiscale) (INEC, 2015). La pauvreté affecte 25% de la population. Cela veut dire que près de 3 personnes sur 10 ont un revenu de moins de 84,32 \$ par mois (INEC, 2016).

La mise en place des paramètres d'habitabilité en rapport avec les principes de durabilité de l'immobilier permettra, selon moi, d'élever à un certain niveau la qualité de vie des habitants.

3. CERTIFICATIONS ENVIRONNEMENTALES –

INTRODUCTION À L'ÉVALUATION

3.1. Choix des thématiques

La définition du développement durable « mode de développement qui **répond aux besoins** des générations présentes **sans compromettre la capacité des générations futures** de répondre aux leurs » (General Assembly UN, 1987) nous amène à réfléchir sur la pertinence du bâtiment. Le but du bâtiment est de servir non seulement d'abri, dans le sens même de protection mais aussi il doit être adéquat et sain. Il doit prendre également en compte les besoins sociaux, tout cela avec une excellente efficacité environnementale.

Un des points qui a influencé le choix des deux thématiques est l'importance que revêt **le volet social** pour les pays en développement : réduction du déficit de logements, création d'emplois locaux, amélioration des conditions de vie, etc. Ceci vaut aussi dans les pays développés (inclusion sociale, lutte contre la gentrification, accessibilité au coût). Ainsi, l'homme est placé au centre de l'approche et de la problématique environnementale.

L'approche sociale prend en compte l'homme et ses interrelations pour permettre un développement harmonieux et éthique entre la nature et la société. Les objectifs sociaux peuvent se traduire, selon Jean-Marie Hauglustaine par la localisation optimale, la réduction de nuisances pour les riverains, la diminution des charges et la création d'emplois locaux (Jean-Marie Hauglustaine et al., 2008)

Le confort est la deuxième thématique choisie. Le confort est très important dans l'habitat au niveau mondial, tant dans les pays développés que dans ceux en voie de développement. En effet, le confort a des effets positifs ou négatifs sur le comportement, la performance et l'état psychologique des personnes (Topay, 2012).

L'homme vit en contact direct avec son environnement naturel et construit ; une dégradation de la qualité de ces milieux l'affecte directement, et peut menacer son confort sensoriel ainsi que la santé des occupants. Du point de vue environnemental, la recherche d'un confort optimal peut amener à une surconsommation énergétique (Jean-Marie Hauglustaine et al., 2008)

La performance environnementale n'est pas seulement la prise en compte des impacts environnementaux du bâtiment sur l'environnement (eau, air, sol, faune, flore). Il s'agit aussi de donner à l'occupant un espace de vie sain et confortable, qui soit en accord avec les principes de durabilité.

La comparaison et l'application des trois certifications environnementales au confort et au bien-être poursuivent le but de comparer le degré de sensation et de bien-être des habitants dans deux contextes tout à fait différents, placés dans deux coins du monde distincts et avec des appareils et un budget également différents.

La conférence de l'Onu -Habitat II, qui s'est déroulée en Turquie en 1996 évoque : « les gouvernements ont l'obligation de permettre aux habitants d'accéder à des logements afin d'améliorer les conditions de vie et de travail de façon équitable et durable » (Naciones Unidas, 1996). Cette conférence évoque l'importance de ces deux thématiques pour les habitants du monde : droit à un logement adéquat, hygiénique, sûr, accessible, abordable et socialement intégré.

3.2. Trois certifications et deux sous-thématiques utilisées pour l'exercice d'évaluation

Les sous-thématiques relatives au confort ainsi que le bien-être social des certifications suivantes : BREEAM (international), Ref-B (Belgique) et Runa Allpa Sumac (Equateur) seront appliqués et évalués à deux logements uni familiaux. Le premier est situé en Equateur et le deuxième en Belgique.

Le but sera de mesurer l'importance de deux sous-thématiques et l'applicabilité des trois certifications à deux contextes tout à fait différents au niveau culturel, climatique, des revenus, architectural, etc.

3.2.1. BREEAM

Building Research Establishment Environmental Assessment Method. Son but est d'atténuer les impacts du cycle de vie des bâtiments sur l'environnement d'une manière rentable tout en générant des environnements durables qui améliorent le bien-être des personnes qui y vivent et travaillent (BREEAM, 2017). Cette certification est une des plus répandues au niveau international (78 pays) avec plus de 500.000 bâtiments certifiés (BREEAM, 2017).

Vu son caractère international et son effort d'amélioration du bien-être des occupants, il est évident que BREEAM soit choisi ici comme une des certifications utilisées pour évaluer deux bâtiments, belge et équatorien.

BREEAM compte 10 thématiques pour évaluer un bâtiment :

- Gestion
- Santé et Bien-être
- Énergie
- Transport
- Matériaux
- Eau
- Déchets
- Utilisation du sol et écologie
- Pollution
- Innovation

Chaque thématique est composée de différentes sous-thématiques. Pour évaluer celles-ci il est nécessaire de démontrer la conformité avec différents indicateurs. De plus des conditions préalables doivent être respectées. Si celles-ci ne sont pas rencontrées la note peut être rapidement nulle.

Selon la note obtenue, le bâtiment se voit octroyer un des cinq niveaux de certification : Acceptable, bon, très bon, excellent ou exceptionnel (BREEAM, 2016).

3.2.2. Ref-B :

Référentiel pour la labellisation et la certification des bâtiments durables en Belgique. Ce référentiel est né en réponse à la nécessité d'une durabilité effective au sein des constructions réalisées dans les trois Régions belges ainsi que d'une synergie des initiatives belges (Ref-B, 2012).

Ref-B compte 9 thématiques :

- Gestion
- Matière
- Mobilité
- Nature
- Environnement physique
- Environnement humain
- Confort et santé
- Énergie
- Eau

La thème environnement humain ou bien-être social est composé de quatre sous-thèmes et de six mesures. La thématique aborde des sujets tels que l'accessibilité économique, L'inclusion sociale, la valeur patrimoniale du bâtiment, etc.

Le référentiel a été élaboré dans un contexte européen ; l'intérêt de l'application de cet instrument à une maison dans un pays en voie de développement sera de se rendre compte de l'importance ou pas d'une méthode locale ainsi que d'analyser l'adaptabilité du référentiel à un autre contexte.

Même si le référentiel a été créé en 2012, il n'a pas encore été mis en application à ce jour.

3.2.3. Runa Allpa Sumac

Instrument créé comme faisant partie du projet d'investigation « Indicateurs pour évaluer la durabilité de l'architecture dans des pays en voie de développement, plus particulièrement en Equateur ». Ce référentiel a été mis en place par l'Université de Cuenca en collaboration avec l'Université Polytechnique de Madrid. De ce travail émerge l'outil « Runa Allpa Sumac » qui est un outil d'évaluation de la durabilité architecturale.

Son but est de proposer un instrument plus en accord avec les besoins des pays en voie de développement que sont les aspects sociaux, le bien-être humain et le respect des cultures. L'outil évalue également des aspects plus universels comme l'émotion, l'esthétique ou le patrimoine, sans laisser de côté l'aspect environnemental (Raul Cordero, 2016).

Un des buts est de mettre en place un référentiel équatorien est de faire face aux standards occidentaux qui ne prennent pas en compte les cultures locales. Selon les investigations réalisées par l'auteur de Runa Allpa Sumac, l'architecture basée sur des matériaux comme le béton et l'aluminium (les plus utilisés) est inadapté aux différents climats de l'Equateur. Dans les climats froids se produit un manque de confort et des maladies comme les rhumatismes et les rhumes et, dans les climats humides on constate l'apparition de moisissures. Le référentiel doit prendre en compte les cultures et des aspects importants pour les pays en développement (Raul Cordero, 2016).

L'outil se divise en trois thématiques d'évaluation :

- Aspects et bénéfices sociaux, qualité fonctionnelle et qualité du contexte – **RUNA** ceci fait référence à la relation entre l'être humain et la société ;
- Consommation énergétique – **LLACTA**:(fait référence à l'environnement, la consommation énergétique et l'utilisation des technologies vertes) ;
- Aspects reliés à l'émotion – **SUMAC** :(fait référence à l'esthétique, le patrimoine, etc.).

3.2.3.1. Méthode d'évaluation :

Les catégories SUMAC et LLACTA sont pondérées avec 25% chacune. La partie RUNA se divise en deux parties : les aspects sociaux et humains, chaque partie avec une pondération de 25%. Une seule personne a été chargée de faire les évaluations, à savoir l'architecte Raul Cordero, coordinateur du projet d'investigation. Chaque indicateur est coté entre 0 à 10 points. L'évaluation fait appel à la sensibilité de l'évaluateur, qui s'en sert lors des visites in situ pour attribuer une cotation.

En ce qui concerne la partie de la consommation énergétique (LLACTA), l'évaluation ne se fait pas avec des chiffres. Selon l'auteur ce n'est pas la quantité d'énergie utilisée qui doit être « punie »

mais le type d'énergie car la quantité utilisée va dépendre du climat, de la culture et du type d'architecture. Ainsi, l'utilisation d'énergie issue des sources propres sera récompensée.

Le tableau suivant résume les indicateurs de l'outil et son utilisation dans d'autres référentiels, ainsi que son importance dans les pays en développement et dans les pays développés

MATRICE RELATIONNELLE DES ASPECTS CONSIDERES DANS RUNA ALLPA SUMAC ET SON POIDS DANS LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT						
Aspects à considérer dans les PED	Dans d'autres référentiels			Importance pondérée		Importance pondérée
	Beaucoup	Peu	Presque pas	PED	PD	
Aspects sociaux : met l'accent dans les carences et déficits sociaux des PED				Fondamental	N'a pas ce problème	25%
Contribution à la diminution du déficit de logements				Grande importance		
Contribution au bien-être des classes les plus pauvres				Récompenser		
Création des sources de travaux nationaux (matériaux, système de construction et utilisation du bâti)						
Dynamiser l'économie pour la production de travail et de revenus pour les plus pauvres				Récompenser		
Disponibilité des services basiques (eau potable, électricité, système d'assainissement)				Grande importance		
Evite risques de désastres				Grande importance		
Bon état des installations				Grande importance		
Moindre utilisation des matériaux, pas toxiques, en accord avec la culture, climat et utilisation						
Innovation avec des bons résultats						
Bon état de la construction						25%
Confort thermique, visuel, acoustiques, en accord avec la culture				Fondamental.		
Assainissement en accord avec les concepts de chaque culture						
Maison saine qui ne produit pas des maladies						
Aspects de qualité fonctionnelle						
Bien-être des occupants						
Adaptabilité aux situations qui changent						
Accessibilité et inclusion de tous						
Qualité du contexte						
Espaces verts. Valeur spatiale dans le paysage local						
Vues						25%
Commerce, sport, loisirs, éducation, santé						
Disponibilité de transport						
ASPECTS DE CONSOMMATION ENERGÉTIQUE				Ne sont pas consommateurs ni vont pas solutionner les problèmes de la planète		
Utilisation des systèmes bioclimatiques orientation, végétation, ventilation.				Récompenser		
Apprentissage des cultures anciennes.				Récompenser		
Toitures vertes				Récompenser		
Utilisation des énergies renouvelables				Récompenser		
Transport public						
Chemins adaptés aux piétons						
Innovation						
Gestion du bâtiment, manuel d'utilisation.						
Recyclage et gestion des déchets						

Étude des impacts environnementaux réalisés						25 %
ASPECTS PLUS				A	A	25 %
Esthétiques.				A de plus en plus important	A cada vez más importantes	
Monument important et connu				A de plus en plus important	A cada vez más importantes	
Conservation ou sauvetage du patrimoine				A de plus en plus important	A cada vez más importantes	
Conservation d'identité et de la culture.				A de plus en plus important	A cada vez más importantes	
Art et artisanat				B	B	
Les questions sociales plus importantes pour les pays émergents que pour les pays développés	La consommation d'énergie est un aspect très important pour les pays développés et moins pour les pays émergents (PED), puisqu'ils ne se considèrent pas producteurs de l'empreinte carbone.			Les aspects plus, sont importants aujourd'hui pour tous et n'ont pas été suffisamment pris en compte		

Tableau 1 : Aspects considérés dans le référentiel Runa Allpa Sumac et leur poids dans des pays en voie de développement.
Source : (R Cordero, García, & Pérez, 2017).

Dans les pages qui suivent, deux maisons seront évaluées et les résultats seront comparés dans les trois référentiels déjà présentés. Pour cela, différentes sous-thématiques communes ont été choisies pour permettre une meilleure comparaison, les voici :

SOUS-THÉMATIQUES SOUMISES À COMPARAISON

BREEAM	Ref-B	Runa- Allpa Sumac
Bien-être humain		
Performance acoustique	Confort acoustique	Maison saine (englobe le confort acoustique, la luminosité en accord avec la culture, et le confort en accord avec le climat)
Confort visuel	Confort visuel	
Confort thermique	Confort thermique	
Qualité de l'air intérieur	Qualité de l'air intérieur	
Bien-être social		
Accessibilité	Accessibilité intégrale	Accessibilité et inclusion sociale,
—	Accessibilité du prix	Contribution à la réduction du déficit de logements
—	Quartier vivant	Création d’emploi, stimulation de l’économie pour fournir du travail aux plus pauvres
-	-	Création des sources de travaux nationaux (matériaux, système de construction et utilisation du bâti)
Pratiques de construction responsable	-	Consommation de gaz, eau, électricité
-	-	Disponibilité des services basiques (eau potable, électricité, système d’assainissement)
-	-	Evite les risques de desastres

Tableau 2 : Comparaison des sous-thématiques à évaluer dans les trois référentiels.

3.3. Spécificités de sous-thématiques

3.3.1. BREEAM :

3.3.1.1. Confort humain

Performance acoustique :

« Le but est d'assurer la performance acoustique du bâtiment, y compris l'isolation acoustique. Il devra répondre aux normes appropriées à ce but. » (BREEAM, 2016)

Dans le cas d'un logement unifamilial, la sous-thématique stipule dans le point (CN2) que seulement les critères 1, 8 et 10 s'appliquent. La sous-thématique sera évaluée sur 4 crédits.

- Critère 1 : Condition Préalable : Un acousticien qualifié (SQA) est engagé par le client au moment approprié dans le processus d'approvisionnement ;
- Critère 8 (jusqu'à 4 crédits) : Le bâtiment répond aux normes de performance acoustique ;
- Critère 10 : Le nombre de crédits accordés dépendra de l'amélioration des réglementations nationales.
- **Confort visuel :**

Le but de cette thématique est d'« Assurer la lumière du jour, l'éclairage artificiel et le contrôle des occupants pour assurer les meilleures pratiques en matière de performance visuelle et de confort pour les occupants du bâtiment. » (BREEAM, 2016)

Dans le cas de cette évaluation (appliqué à un bâtiment résidentiel), BREEAM indique que seulement le critère 4 relatif à la lumière du jour s'applique. La sous-thématique sera évaluée sur 4 crédits.

- **Confort Thermique :**

Le but de cette sous-thématique est de « s'assurer que les niveaux de confort thermique appropriés soient atteints grâce à la conception, ainsi que de s'assurer que les contrôles sont sélectionnés pour maintenir un environnement thermiquement confortable pour les occupants dans le bâtiment » (BREEAM, 2016).

La sous-thématique contient 3 critères d'évaluation donnant droit à l'octroi de 3 crédits. Dans cette évaluation, on va annuler le critère 2 relatif au changement climatique car les données météorologiques d'un possible scénario ne sont pas précisées et ne nous permettent pas d'avoir des résultats fiables, d'autant plus que le calcul s'avère un travail assez lourd. En effet le référentiel fait référence à l'utilisation des données du climat en UK produites à partir du projet PROMETHEUS, ou à la génération des projections des données climatiques à partir des scénarios décrits par « the Intergovernmental Panel of Climate Change ».

La sous-thématique est évaluée sur 2 crédits :

- Un crédit - Modélisation thermique ;
- Un crédit - zonage et contrôles thermiques.

- **Qualité de l'air intérieur :**

Le but de cette sous-thématique est de reconnaître et d'encourager un environnement interne sain grâce au dimensionnement et à l'installation d'un système de ventilation, avec l'équipement et les finitions appropriées (BREEAM, 2016).

En ce qui concerne les logements unifamiliaux, seuls les critères suivants s'appliquent :

- Les critères 1 de condition préalable. Néanmoins ce critère sera annulé car les instruments nécessaires pour faire les mesures ne sont pas disponibles. Il s'agit d'une évaluation de l'existence d'amiante dans les matériaux de construction.
- Ventilation : seulement les critères 4, 5, 6 sont évalués.
- Émissions des produits du bâtiment : seulement le critère 10. Néanmoins, ce critère sera annulé car les instruments nécessaires pour faire les mesures ne sont pas disponibles.
- Adaptabilité à la ventilation naturelle : critères 18 et 19.

Deux crédits sont attribuables

3.3.1.2. Bien-être social

- **Accessibilité :**

Cette sous-thématique a pour but de « reconnaître et encourager les mesures efficaces qui favorisent la sécurité et l'utilisation sûre, l'accès à et depuis l'entrée du bâtiment » (BREEAM, 2016). Aucune condition préalable n'est nécessaire.

Selon les notes (CN2) du référentiel BREEAM correspondant à cette sous-thématique pour les logements unifamiliaux, les critères suivants ne s'appliquent pas :

- Accès sûr
- Accessibilité aux personnes à mobilité réduite prise en compte à l'étape de conception du bâtiment

Il nous reste seulement à évaluer le critère « Design inclusive et accessible (bâtiments et institutions résidentiels) ».

Deux crédits sont attribuables pour cette sous-thématique.

- **Pratiques de construction responsable :**

Cette sous-thématique a pour but de « Reconnaître et encourager les chantiers gérés de façon respectueuse de l'environnement et de la société » (BREEAM, 2016).

Les critères choisis sont les suivants :

- Condition préalable - bois légalement récolté et commercialisé ;
- Condition préalable - réglementation concernant la santé et la sécurité ;
- Construction responsable (jusqu'à 2 crédits)
- Gestion des impacts du site ; consommation de services (énergie, eau) (1 crédit)

Ils ont été choisis car ils prennent en compte les impacts sociaux analysés dans ce travail de fin d'étude. Le critère « consommation de services » permet de donner un aperçu de la différence de consommation entre un pays en développement et un développé.

Le critère « construction responsable », même s'il prend en compte le volet social, demande des vérifications lors de l'étape des travaux de construction, tâche assez compliquée, raison pour laquelle le critère se voit ici annulé pour la maison équatorienne. Néanmoins, plusieurs constats ont été réalisés dans la mesure du possible.

Les autres critères : « gestion environnementale », « responsable de durabilité » et « transport de matériaux de construction et déchets » n'ont pas été analysés, d'abord parce qu'ils font référence au volet environnemental et, deuxièmement, car la vérification de critères a été une procédure complexe. En effet, ces critères demandent d'être vérifiés en cours de construction dès la conception du bâtiment.

Trois crédits sont attribuables.

3.3.2. Ref-B

3.3.2.1. Confort Humain

- **Confort acoustique** : Selon le référentiel, le confort acoustique est un élément négligé, alors que l'équilibre psychologique et la productivité y sont liés (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Cette rubrique ou sous-thématique sera évaluée selon 3 mesures :

- Façade calme ;
- Niveau de bruit maximal dans les locaux occupés ;
- Emergences.

La rubrique contient d'autres mesures qui ne seront pas évaluées dans ce travail :

- Niveau de bruit maximal dans les locaux techniques – ne concerne pas les logements ;
- Isolation des bruits aériens (manque des moyens techniques) ;
- Isolation des bruits d'impact (manque des moyens techniques) ;
- Isolation acoustique de façade (manque des moyens techniques).

Manque de moyens techniques : Il n'était pas possible d'évaluer ces rubriques car on ne possédait pas de moyens techniques nécessaires pour réaliser l'évaluation. Par exemple dans la rubrique « isolation des bruits aériens », la rubrique nous ramène à la norme ISO NBN s01-400 et NBN s01-400-1 pour le calcul du niveau de performance acoustique. Ces normes avec les normes européennes 717-1 et 140-4 demandent le calcul du niveau de différence pondéré standardisé « $D_{nT,w}$ » lequel est possible seulement avec un calcul du temps de réverbération. Pour ce faire, différents instruments techniques et programmes informatiques sont nécessaires, ceux-ci, ne nous étaient pas disponibles.

Le référentiel demande que les mesures du confort acoustique soient confiées à un bureau acoustique. Page 8 du référentiel : « Les mesures ne font pas partie de la mission de l'assesseur sauf précision contraire dans le contrat » (Gendre & Hauglustaine, 2013)

Il est nécessaire d'engager des experts spécialisés qui se chargent de l'évaluation.

- **Confort visuel** : Un bâtiment durable doit avoir un environnement visuel agréable et privilégiant l'éclairage naturel car il assure un meilleur confort à l'usage et est en lien fort avec les économies d'énergie (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Cette sous-thématique a trois rubriques qui permettent d'évaluer un bâtiment :

- o Approche du confort visuel agréable ;
 - o Eclairage naturel ;
 - o Eclairage artificiel
- **Confort Thermique** : l'objectif est d'assurer un confort thermique à l'habitant, car ceci constitue une partie de son bien-être.
Dans cette sous-thématique il existe 3 rubriques :
 - o Confort en période estivale ;
 - o Confort en période hivernale ;
 - o Vitesse de l'air.
- **Qualité de l'air intérieur** : l'objectif est d'assurer une bonne qualité de l'air. Un bâtiment durable devra réduire au maximum l'exposition de l'occupant à des polluants extérieurs et intérieurs, ainsi que des conditions favorables à son occupation (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Cette sous-thématique est évaluée, selon les rubriques :

- o Disposer d'un air neuf de qualité ;
- o Renouvellement d'air ;
- o Matériaux en contact avec l'environnement intérieur à faible émission.

Lors de ce travail seules les deux premières seront évaluées. Je n'ai pas eu à ma disposition les instruments adéquats pour effectuer les mesures, raison pour laquelle il est nécessaire d'annuler la rubrique « Matériaux en contact avec l'environnement intérieur à faible émission ».

3.3.2.2. Bien-être social

Le bien-être social en Ref-B est groupé dans une seule thématique appelée « Environnement Humain ». Elle se divise en 4 sous-thématiques ou mesures :

- Communauté vivante ;
- Intégration sociale ;
- Flexibilité fonctionnelle ;
- Valeur Culturelle.

Pour permettre une meilleure comparaison, surtout entre ce référentiel « Ref-B » et Runa Allpa Sumac, seulement quelques rubriques parmi les sous-thématiques seront évaluées, ainsi :

- **Accessibilité intégrale** : cette rubrique fait partie de la sous-thématique intégration sociale. Son objectif est d'encourager un cadre de vie caractérisé par une accessibilité intégrale ; en effet, ceci est la clé d'une intégration sociale complète et ouverte à la participation de tous (Gendre & Hauglustaine, 2013).
- **Accessibilité du coût** : cette rubrique fait partie de la sous-thématique intégration sociale. Son objectif est de « faire coïncider l'offre des logements et l'accessibilité de son coût ; car ceci est important pour la lutte contre la pauvreté matérielle et l'insécurité des revenus » (Gendre & Hauglustaine, 2013).
- **Quartier Vivant** : Cette rubrique fait partie de la sous-thématique communauté vivante. Son objectif est de construire une communauté locale socialement forte dont il existe un degré d'interaction sociale élevé, tandis que l'exclusion et l'isolement ne peuvent pas s'enraciner facilement. Cette rubrique cherche à valoriser les bâtiments qui combattent l'isolement social grâce à des rencontres formelles et informelles. (Gendre & Hauglustaine, 2013).
- **Gestion du chantier** : Même s'il existe une sous-thématique de gestion, celle-ci se limite à la gestion du chantier » Seules les activités ayant un rapport direct avec la phase de chantier sont abordées dans cette rubrique du référentiel (Gendre & Hauglustaine, 2013). Motif pour lequel ce critère ne sera pas évalué.

Chapitre III - Évaluation Équateur

1. ÉVALUATION DE LA MAISON EN CAÑA GUADUA

1.1. Contexte :

La maison évaluée est construite principalement avec de la caña guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), une espèce de bambou originaire des régions tropicales du centre et du sud de l'Amérique. La guadua est traditionnellement utilisée à des fins de construction et d'artisanat. C'est une matière première naturelle renouvelable qui a une résistance similaire à celle de l'acier. (Kleinn & Morales-Hidalgo, 2006).

La guadua se trouve à l'état naturel en Colombie, Equateur et Venezuela à des températures comprises entre 17°C et 26° C, avec des précipitations de 1200 à 2500 mm/an et une humidité relative de 80 à 90% (Salas, 2006).

Ceci est une architecture typique de la zone humide, où la maison est localisée. Le logement est construit sur des poutres en ciment et en bambou d'une hauteur de 1,70m. Ceci, pour protéger les occupants des animaux sauvages ainsi que des inondations causées par le courant océanique chaud

« el niño ». L'architecture de la maison permet également le passage du vent de manière transversale servant à ventiler et rafraîchir l'espace de vie.

La maison évaluée se trouve à côté d'une route nationale nommée 482. Elle est située à 3,3 km (5min en voiture) de la ville de Montecristi (15 000 habitants) en province de Manabí, sur la côte équatorienne (voir Image 1)



Image 1 : Situation géographique de la maison à évaluer. Source : copie d'écran de Google.maps. A consulter sur : <https://www.google.fr/maps/place/Montecristi,+%C3%89quateur/@-1.068806,-80.650551,5828a,35y,200.74h/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x902be54ab82f8f05:0x19ada2365446def3!8m2!3d-1.0469378!4d-80.6576623>

Le logement est utilisé par sept personnes : quatre adultes, deux adolescentes et un enfant. Deux adultes travaillent pour une moyenne entreprise dans la filière avicole. C'est en effet cette entreprise qui a construit la maison et qui permet à la famille d'y vivre gratuitement. L'eau et l'électricité sont payées par l'entreprise.

Image 2) un plan de la maison évaluée, dessiné avec SketchUp, en Image 3 et Image 4 le plan général de la maison vue de face et d'arrière :

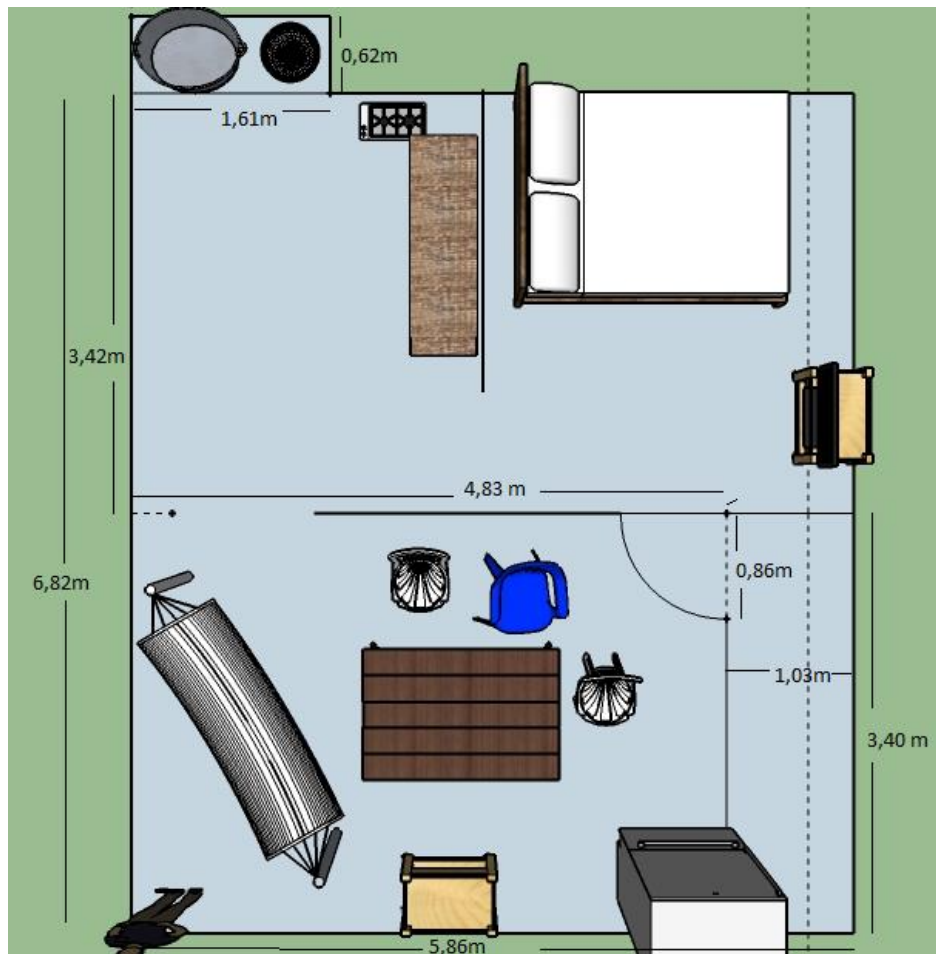


Image 2 : plan de la maison équatorienne élaborée en caña guadua

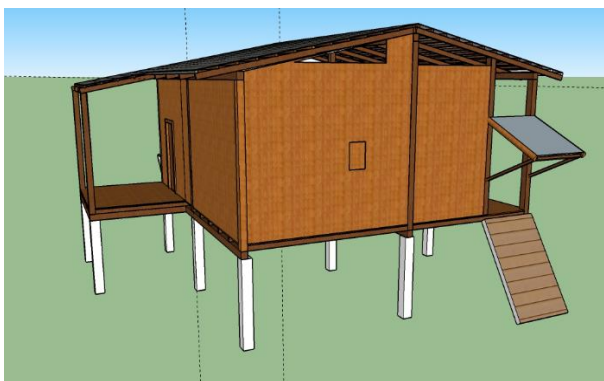


Image 3 : modèle SketchUp maison équatorienne en caña guadua, vue de face.

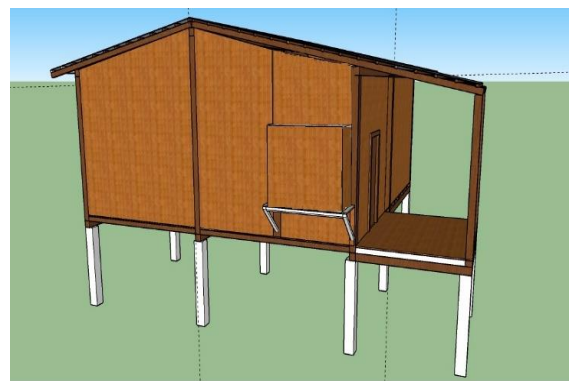


Image 4 : modèle SketchUp maison équatorienne en caña guadua, vue d'arrière.

1.2. Evaluation avec BREEAM

1.2.1. Confort humain

1.2.1.1. Performance acoustique

« **critère 1 : Condition Préalable : Un acousticien qualifié (SQA)** est engagé par le client au moment approprié dans le processus de projet (mais pas plus tard qu'en fin de l'étape de conception) pour fournir des conseils au début du projet sur :

- Les sources externes de bruit impact sur le site choisi ;
- La mise en page du site et le zonage du bâtiment pour une bonne acoustique ;
- Les exigences acoustiques pour les utilisateurs ayant des besoins spéciaux et de communication auditive ;
- Le traitement acoustique des différentes zones et façades. » (BREEAM,2016).

Ce critère n'a pas été accompli car d'abord aucun acousticien qualifié n'a été engagé et deuxièmement, ceci est très peu courant en Equateur.

Critère 8 (jusqu'à 4 crédits) : Le bâtiment répond aux normes de performance acoustique et les exigences d'essai :

- Les valeurs d'isolation acoustique aériens et d'impact sont conformes aux normes d'amélioration de la performance, par rapport aux réglementations nationales pertinentes énoncées dans le tableau 23 (en annexe 1)
- Niveaux d'isolation acoustique aériens et d'impact sont conformes aux normes de performance décrites dans le tableau 24 sauf indication contraire à ces critères.

Critère10 : Le nombre de crédits accordés dépendra de l' amélioration des réglementations nationales déterminées selon le tableau 23.

La norme équatorienne de la construction NEC limite le niveau de bruit à l'intérieur d'une construction selon la table suivante. Suivant la norme, les logements ne devront pas enregistrer une valeur supérieure à 50 dB.

Tabla 13.3. Niveles máximos de ruido de acuerdo a la actividad

Lugar/Actividad	Nivel sonoro [dB]
Locales y recintos comerciales	70
Oficinas	60
Actividades de vivienda, estudio, dormitorios, bibliotecas, hoteles	50
Lugares de estar,	50
Aulas de estudio	55
Hospitales y centros de salud	45
Otros lugares no estipulados anteriormente diferentes de sitios de vivienda o estar.	75

Figure 4 : Niveaux maximaux de bruit d'accord à l'activité. Source : (Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la Construcción, 2011).

Selon la tableau 23 (disponible à l'annexe 1), les crédits sont octroyés en accord avec l'amélioration de la législation nationale. Il est nécessaire d'enregistrer une valeur d'isolation acoustique élevée d'au moins 3db pour obtenir 1 crédit et de 8db pour en obtenir 4.

Les mesures ont été réalisées avec un sonomètre « **Sound level pen 840018** ». Cet instrument mesure avec une exactitude $\pm 1,5$ dB (en référence au conditions, 94dB @ 1kHz) à une fréquence de : 31,5 Hz ~ 8 KHz en mode "A" de pondération.

Puisque la norme équatorienne de la construction n'impose pas des fréquences dans les mesures, on a pris en compte la fréquence dictée par BREEAM dans la partie Méthodologie de cette sous-thématique, tableau 25. Selon BREEAM, deux tests sont nécessaires pour ce logement, néanmoins 3 essais ont été réalisés à différents heures de la journée ; voici les résultats :

8h00 : Niveau sonore : LAFmax, "64.5", LAFmin, "35.7"
Niveau acoustique continu équivalent (LAeq) : "51.2"

13h00 : Niveau sonore : LAFmax, "76.8", LAFmin, « 36,1 »
Niveau acoustique continu équivalent (LAeq) : "56.7"

16h00 : Niveau sonore : LAFmax, "78.7", LAFmin, "36.1"
Niveau acoustique continu équivalent (LAeq) : "51.9"

C'est à 13 heures qu'on a obtenu les valeurs moyennes les plus hautes (LAeq : "56.7") en fait, à cette heure, tous les habitants sont à la maison pour manger le repas de midi (repas le plus important dans la culture équatorienne).

Selon les mesures effectuées, aucun crédit n'est accordé, car il n'existe pas d'amélioration par rapport à la norme équatorienne.

En ce qui concerne les mesures des bruits d'impact ceux-ci n'ont pas été effectués par manque d'instruments de mesure disponibles à l'Université de Cuenca.

Score = 0/4 (avec et sans condition préalable)

1.2.1.2. Confort visuel

« Jusqu'à quatre crédits. Rubrique lumière naturelle (dépend du type de bâtiment)

Critère 4 : Les critères de lumière du jour ont été satisfaits en utilisant l'option suivante :

4.a. Les zones importantes de la maison répondent aux facteurs de lumière du jour tels que décrits dans le tableau 10 et le tableau 11 » (BREEAM, 2016)

Tableau 10 : Valeurs minimales du facteur de lumière du jour moyen requis

Type de bâtiment ou de surface	Facteur jour moyen requis par latitude (degrés)						Surface minimale (m²) à respecter	Autres exigences
	≤ 40	40-45	45-50	50-55	55-60	≥ 60	1 Crédit	2 crédits
Logements résidentiels (4 crédits disponibles **)								
Cuisine	1,5%	1,7%	1,8%	2,0%	2,1%	2,2%	-	80%
Salons, salles à manger, études (y compris bureaux à domicile)	1,2%	1,3%	1,4%	1,5%	1,6%	1,6%	-	80%

Figure 5 : Valeurs minimales du facteur de lumière du jour moyen. Source : (BREEAM, 2016)

Tableau 11: Critères d'uniformité de la lumière du jour

Ref	Critères
(B)	Au moins 80% de la pièce a une vue sur le ciel depuis la hauteur du bureau ou de la table (0,85 m dans les immeubles résidentiels et les établissements résidentiels, 0,7 m dans d'autres bâtiments).

Figure 6 : Tableau 11 du référentiel BREEAM. Source (BREEAM,2016)

Tableau 10 : En accord avec la latitude d'Equateur :2°, la première colonne s'applique à cette maison.

À défaut d'une formule proposée par BREEAM, pour le calcul du facteur de lumière du jour, ces deux formules permettent d'obtenir le même résultat :

Équation 1 :

$$FLJ_{moy} = Sf \times TL \times a / (St \times (1 - R \times R))$$

- Sf = surface nette de vitrage (ouverture de baies moins 10% pour les châssis).
- TL = facteur de transmission lumineuse du vitrage, dont on déduit 10 % pour saleté.
- a = angle du ciel visible depuis la fenêtre, exprimé en degrés. Par exemple, il vaut 90° si aucun masque n'est créé par des bâtiments ou l'environnement en face de la fenêtre. Il vaut 60° si un bâtiment crée un ombrage entre le sol et les 30 premiers degrés.
- St = surface totale de toutes les parois du local, y compris celle des vitrages
- R = facteur de réflexion moyen des parois du local (prendre 0,5 par défaut) » (energieplus, 2017)

Équation 2 :

- $$\text{« Facteur moyen de lumière du jour »} = \frac{W}{A} \frac{T \Theta}{(1-R^2)}$$
- dont : W c'est la surface des fenêtres (m2)
 - A : la surface totale des surfaces internes (m2)
 - o T : facteur de transmission lumineuse du vitrage corrigé à cause de la saleté
 - o Θ : angle du ciel visible depuis le centre de la fenêtre, exprimé en degrés
 - R : facteur de réflexion moyen des surfaces A » (Virdi, 2012)

Néanmoins, vu la façon dont le logement est construit, l'application des formules s'avère plus difficile. D'abord, la conception de la maison permet le passage de la lumière à chaque séparation de caña ou bambou (Image 6) ceci est difficilement mesurable. Ensuite, il n'existe pas de surface vitrée, aucune fenêtre ne possède de vitrage (Image 5). Finalement, des ouvertures placées en haut de la maison, permettent également le passage de la lumière.



Image 6 : cuisine de la maison évaluée (Equateur), montre le passage de lumière entre les murs et de la partie haute du toit



Image 5 : seule fenêtre du living, elle ne possède pas de vitrage ni de châssis.

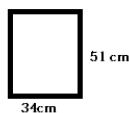
Living : La maison comporte une fenêtre dans le living qui est ouverte 24h/24 (voir Image 5). Deux ouvertures situées en haut de la maison permettent le passage de la lumière (voir Image 7). Il est important de souligner que la porte principale reste ouverte pendant toute la journée et donc laisse aussi passer la lumière en continu.



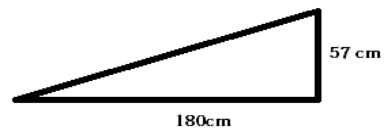
Image 7 : Ouvertures en haut des murs qui laissent passer la lumière.

La surface qui laisse passer la lumière, (sans prendre en compte la lumière qui passe entre les murs) est de : $2,70\text{m}^2$

Fenêtre du living ($0,17\text{ m}^2$) :



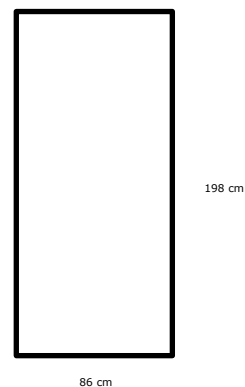
Ouverture en haut de la maison(voir Image 7) $(1/2)*1,80*0,57 = 0,513\text{m}^2$



Deuxième ouverture : $(1/2)* 1,50*0,42= 0,315\text{ m}^2$



Porte : $1,70\text{m}^2$



La formule proposée par énergie plus : $FLJ_{\text{moy}} = S_f \times TL \times a / (St \times (1 - R_xR))$

- $S_f = 2,70$. On ne réduit pas les 10% du châssis car il est inexistant.
- TL : pas pris en compte car pas de vitrage
- a : 90°
- St : $3,40$ (profondeur) $4,83$ (largeur), $2,80$ (hauteur)=
 - o $2*(4,83*2,80+4,83*3,40+2,80*3,40) = 78,93\text{m}$

$$\text{Ainsi : } 2,70\text{m}^2 * 90^\circ / (78,93\text{m}^2 * (1 - 0,5 \times 0,5)) = 4,10\%$$

Formule proposée par le professeur Viridi dans son l'ouvrage « Construction Sciences and Materials »

$$\frac{W}{A} \frac{T_{\theta}}{(1-R^2)}$$

- $W = 2,70m^2$
- $A = 78,93m^2$
- $T = 1$ car vitre inexistante
- $\Theta = 90^\circ$

$$\text{Ainsi : } \frac{2,70}{78,93} * \frac{1*90^\circ}{(1-0,5^2)} = \mathbf{4,10\%}$$

Pour l'obtention de deux crédits, la surface minimale à respecter fait référence à « Au moins 80% de la pièce a une vue du ciel depuis un bureau ou une table d'hauteur (0,85m en logements et en institutions résidentiels) » (BREEAM, 2016)

Lors de la visite à la maison, on a pu constater que la vue du ciel est possible dans presque tout le living. Donc la condition pour obtention de deux crédits est accomplie, ils lui sont attribués. Cette valeur est beaucoup plus haute que les valeurs minimales nécessaires pour l'obtention des crédits.

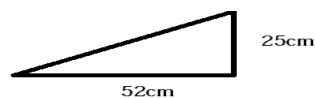
Cuisine : La cuisine se situe du côté gauche de la chambre à coucher. Voir les plans présents lors l'introduction de cette évaluation. La cuisine ne possède pas de fenêtres, mais elle possède une ouverture entre le toit et le mur (voir Image 8: vue générale de la cuisine (Equateur)). Une porte est également située dans la cuisine, elle donne sur une terrasse qui sert à emmagasiner une partie de la nourriture de la famille, son utilité se limite à chercher les aliments.



Image 8: vue générale de la cuisine (Equateur)

La surface qui laisse passer la lumière (sans prendre en compte la lumière qui passe entre les murs) est de 0,13

Ouverture de la cuisine : 0,13m²



La formule utilisée est la suivante : $FLJ_{moy} = S_f \times TL \times a / (S_t \times (1 - R_xR))$

- $S_f = 0,13$. On ne réduit pas les 10% du châssis car il est inexistant.

- TL : pas pris en compte car pas de vitrage
- a : 90°
- St : 3,42(profondeur) 2,85 (largeur), 2,80 (hauteur) =
- $2 \times (2,85 \times 2,80 + 2,85 \times 3,42 + 2,80 \times 3,42) = 54,60\text{m}$

Ainsi : $0,13\text{m}^2 \times 90^\circ / (54,60\text{m}^2 \times (1 - 0,5 \times 0,5)) = 0,16\%$

Pour l'accomplissement de l'exigence du tableau 10 (voir Figure 5, page 27) la cuisine et le living doivent obtenir un pourcentage du facteur de lumière de jour moyen (FLJM) d'au moins : 1,5% et 1,2% respectivement.

Selon les calculs effectués, le living atteint un pourcentage de 4,10%. Cependant la cuisine atteint uniquement un pourcentage de 0,16%.

En parallèle à l'évaluation du (FLJM), les deux séjours doivent répondre aux exigences du tableau 11(voir Figure 6 page 28) sur l'uniformité de la lumière du jour qui précise, « Au moins 80% de la pièce a une vue du ciel depuis un bureau ou une table d'hauteur (0,85m en logements et en institutions résidentiels) » (BREEAM,2016). Uniquement le living respecte cette exigence.

Bilan : Puisque la cuisine possède une seule ouverture, elle ne respecte aucune exigence. Au contraire, le living atteint un facteur de lumière de jour moyen de 4,10% et a une vue depuis 80% de la pièce. Dès lors la moitié des crédits est accordé.

Score confort visuel : 2/4

1.2.1.3. Confort thermique

« Rubrique - Modélisation thermique (1 crédit)

Une modélisation thermique (ou une mesure analytique des niveaux de confort thermique du bâtiment) a été effectuée en utilisant l'indice de vote moyen prévisible (PMV) et le pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD) selon ISO 7730: 2005 1 prenant en compte le rapport complet des variations saisonnières. » (BREEAM,2016).

Comme décrit dans le point qui fait référence à l'Equateur, le pays, grâce à sa position géographique, n'a pas de variation saisonnière tout au long de l'année. Et il n'y a pas des climats extrêmes ni de froid ni de chaleur. Néanmoins, les variations sont visibles à l'intérieur du pays en raison de l'altitude et de la position géographique du lieu. Ainsi, la maison évaluée se situe dans la zone thermique 5, dont la température moyenne annuelle varie entre 22 et 25 degrés pendant toute l'année. (Voir

Figure 3 : Températures moyennes annuelles rencontrés aux zones climatiques selon la carte de l'INHAMI. Source :

Aucune simulation thermique n'a été effectuée. Dès lors aucun crédit ne peut être accordé. Néanmoins, en vue de l'accomplissement du critère 3 l'auteur de ce travail a effectué des mesures de confort PMV et PPD en accord avec la norme ISO 7730 :2005.

2 « Les critères de confort thermique local ont été utilisés pour déterminer le niveau de confort thermique dans le bâtiment, en particulier les températures intérieures d'hiver et d'été seront conformes aux critères de confort recommandés dans ISO 7730: 2005, concernant les zones que représentent insatisfaction locale » (BREEAM,2016).

3 « Les niveaux de confort thermique dans les espaces occupés répondent aux exigences de la catégorie B énoncées dans le tableau A.1 de l'annexe A de l'ISO 7730: 2005 » (BREEAM,2016).

Table A.1 — Categories of thermal environment

Category	Thermal state of the body as a whole		Local discomfort			
	PPD %	PMV	DR %	PD %		
				vertical air temperature difference	caused by warm or cool floor	radiant asymmetry
A	< 6	$-0,2 < PMV < +0,2$	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	$-0,5 < PMV < +0,5$	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	$-0,7 < PMV < +0,7$	< 30	< 10	< 15	< 10

Figure 7 : Catégories d'environnement thermique. Source : norme ISO 7730 :2005.

Des mesures ont été effectuées avec l'instrument de médiation portable delta OHM HD 32.3. Celui-ci est conforme à la norme ISO 7730/2005 tel que demandé par BREEAM.

Les mesures ont été réalisées pendant 34h; elles ont commencé à 14h le lundi 12/06/2017 et ont pris fin à 00h00 le mercredi 14/06/2017. Pendant les journées de mesures la couverture nuageuse a été assez épaisse. Malheureusement, des mesures plus longues n'ont pas été possibles à cause des contraintes de prêt de matériel de mesure et de temps sur place. Néanmoins, puisque le climat en Equateur ne varie pas pendant l'année, on peut estimer que les mesures sont représentatives, mais nous ne pouvons pas affirmer qu'elles sont justes.

La variation du climat dans la zone mesurée dépend de la quantité de soleil présente pendant la journée. Une simulation avec le programme TRNSYS a été effectuée pour permettre d'apprécier le climat tout au long de l'année. La station météorologique choisie a été Manta-Eloy Alfaro située à 15,3 km de la localisation géographique de la maison. On observe une moyenne de températures entre 22 et 27 degrés, avec un minimum de 18 et un maximum de 32 degrés.

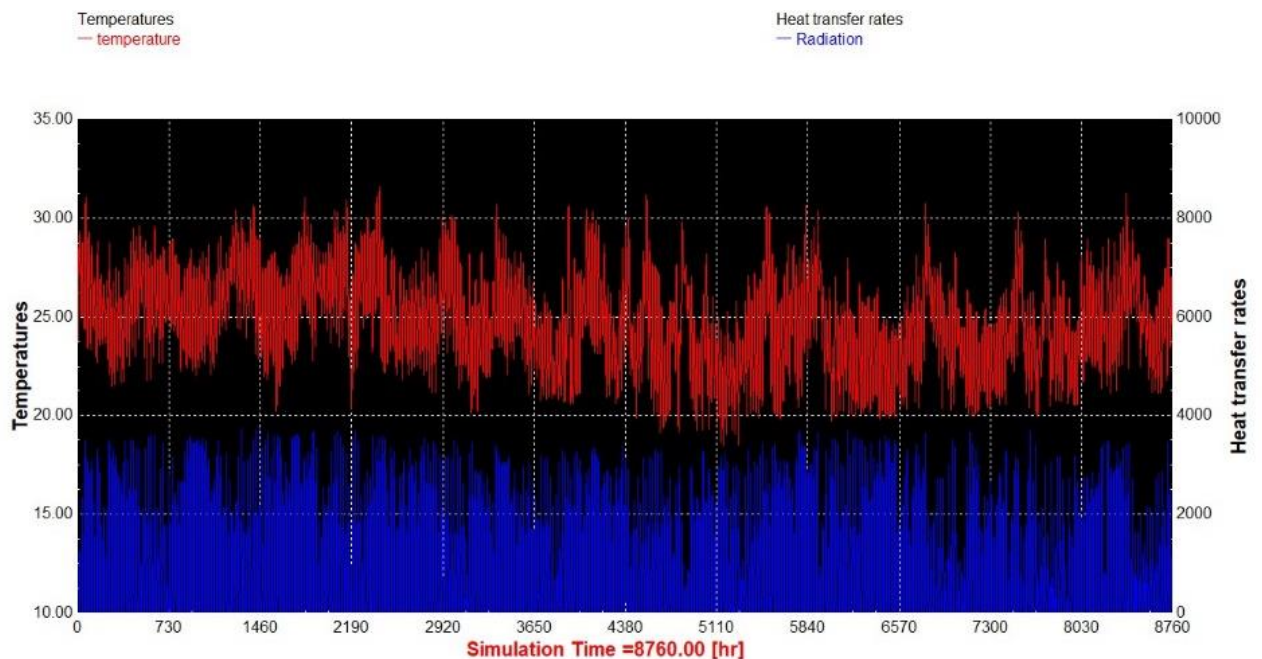


Image 9 : Simulation climatique de l'endroit où la maison en caña est localisée (Montecristi) sur TRNSYS. En rouge la température et en bleu la radiation totale

Les mesures ont été effectuées avec un habillement de 0,5 clo et un métabolisme 100W/m². Les résultats obtenus, grâce à la mesure in situ, réalisés avec l'instrument décrit plus haut sont les suivants :

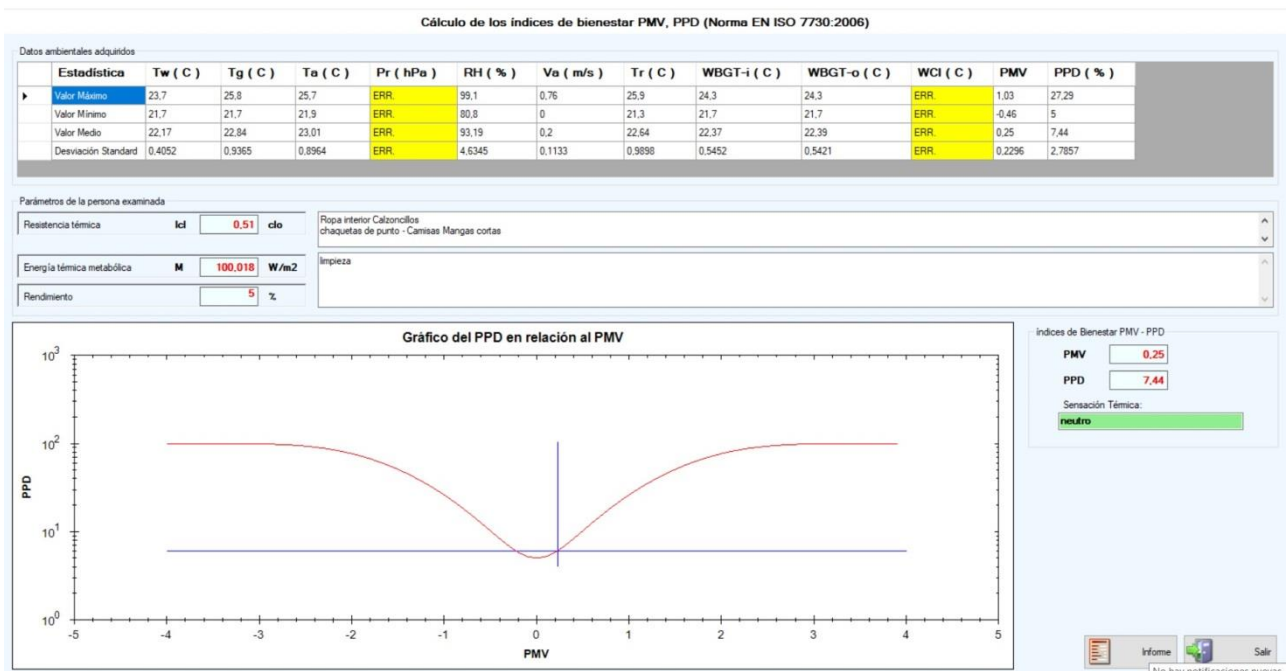


Image 10 : résultats PMV et PPD obtenus par des mesures in situ dans la maison en caña.

On constate que le PMV (Product Mean Vote) se trouve à 0.25 et le PPD (Percentage of People Dissatisfied) à 7,44%. Les valeurs minimums enregistrées sont de 22° et les maximales de 25°. Elles correspondent aux températures mesurées par le INAHMI, (Institut national de météorologie et hydrologie de l'Equateur), lesquelles, ont été utilisées pour établir les différentes zones thermiques

- **DR (draught rate) ou sécheresse :** Pour calculer cela on a employé la formule proposée par la norme ISO 7730:2005 « $DR = ((34 - t_{a,l})(\bar{v}_a, l - 0.05)^{0.62}(0.37 \cdot \bar{v}_a, l \cdot Tu + 3,14))$ » formule numéro 6 de la page 6.

\bar{v}_a, l = vitesse de l'air, quand la vitesse du vent est moins de 0,05 m/s on utilise 0,05 m/s

$t_{a,l}$ = Temperature de l'air local

Tu = intensité de la turbulence locale, entre 10% et 60%, par défaut prendre 40%

La vitesse de l'air moyen est de 0,2 m/s et la température moyenne de l'air a été établie en 23,01 selon les mesures effectuées.

$$DR = (34 - 23,01)(0,2 - 0.05)^{0.62}(0,37 \cdot 0,2 \cdot 40\% + 3,14) = 10,75\%$$

- **Différence verticale de température de l'air :** On emploie également la formule numéro 7 proposée par la norme ISO 7730 dans la page 6 « $PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \cdot \Delta t_{a,v})}$ »

$\Delta t_{a,v}$ = différence verticale de température entre la tête et les pieds.

Dans les mesures effectuées, on a remarqué que la différence entre la température des pieds et de la tête est de seulement 1,7°C. Ainsi, la température à la tête a été définie à 23,7° C et celle des pieds à 22 °C.

$$\text{Ainsi } PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \cdot 1,7)} = 1,33\%$$

- **Murs chauds et sol froid :** Cette formule est issue de la norme ISO 7730, formule 8 issue de la page 8.

$$PD = 100 - 94 \cdot \exp(-1,387 + 0,118 \cdot t_f - 0,0025 \cdot t_f^2)$$

t_f : température du sol, C°

Ainsi :

$$100 - 94 \cdot \exp(-1,387 + 0,118 \cdot 22 - 0,0025 \cdot 22^2) = 6,09\%$$

- **Asymétrie radiante :**

En raison de la conception du logement et vu la basse ou presque nulle inertie thermique des murs, ce critère est annulé.

Bilan : Les niveaux de confort thermique correspondants à la catégorie B du tableau A.1. de la norme ISO 7730 :2005 sont atteints.

Table A.1 — Categories of thermal environment

Category	Thermal state of the body as a whole		DR %	Local discomfort		
	PPD %	PMV		vertical air temperature difference	PD % caused by warm or cool floor	radiant asymmetry
A	< 6	- 0,2 < PMV < + 0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	- 0,5 < PMV < + 0,5	< 20	< 5	< 10	< 5

PPD = 7,44%

PMV = 0,25

DR= 10,74%

PD différence de la température verticale =1,33%

PD sol chaud ou froid = 6,09%

« Un crédit. Rubrique zonage et contrôles thermiques

10. L'analyse de la modélisation thermique (entreprise pour l'accomplissement des critères 1 à 4) ainsi que la stratégie de contrôle des températures a été informé à ses utilisateurs » (BREEAM,2016).

Aucune modélisation thermique n'a été effectuée (voir critère 1 de la rubrique « modélisation thermique). Dès lors ce critère est annulé.

« 11. La stratégie pour les systèmes de chauffage ou de refroidissement proposés démontre qu'il a abordé ce qui suit :

11.a Les zones situées dans le bâtiment et la façon dont les services de construction pourraient efficacement et adéquatement chauffer ou refroidir ces zones. Par exemple, considérez les différentes exigences pour le noyau central d'un bâtiment par rapport au périmètre externe adjacent aux fenêtres

11.b Le degré de contrôle des occupants requis pour ces zones, en fonction des discussions avec l'utilisateur final :

11.bi. Connaissance des utilisateurs des services de construction. » (BREEAM,2016).

« **11.b.ii.** Type d'occupation, modèles et fonctions de la pièce (et donc le niveau de contrôle approprié requis).

11.b.iii. Comment l'utilisateur est susceptible d'opérer ou d'interagir avec les systèmes, par exemple, ils sont susceptibles d'ouvrir des fenêtres, d'accéder aux vannes de radiateur thermostatiques (TRV) sur les radiateurs, de modifier les paramètres de climatisation etc.

11.b.iv Les attentes de l'utilisateur (cela peut différer en été et en hiver) et le degré de contrôle individuel (c.-à-d. l'obtention de l'équilibre entre les préférences des occupants, par exemple certains occupants préfèrent l'air frais, alors que d'autres détestent les courants d'air). » (BREEAM,2016).

A priori ce critère ne s'applique pas car la maison ne compte pas des systèmes de chauffage ni de refroidissement. Néanmoins le critère 11b.iii et 11b.iv a été évalué grâce aux entretiens avec les occupants.

En cas de fortes chaleurs, les habitants mentionnent qu'ils ouvrent les fenêtres pour permettre un flux d'air plus important, si la chaleur n'est pas supportable à l'intérieur de la maison, ils descendent en bas de la maison dont la fraîcheur est plus importante. Cependant pendant la nuit le climat s'avère plus frais, ce qui les oblige à dormir avec une couverture plus épaisse.

Résumé : Les mesures du PMV montrent une sensation de bien-être et le PPD est moins de 16%, néanmoins, des mesures plus longues n'ont pas pu être effectuées.

La sensation de confort thermique est affirmée par la famille, elle mentionne qu'elle se sent généralement bien dans sa maison. En cas de forte chaleur, ses membres ouvrent les fenêtres ou bien vont en bas de la maison où il fait plus frais. Cependant, ils signalent que parfois, les soirs ils doivent utiliser une couverture plus épaisse pour dormir.

Bilan : Une cote de 1,5/2 est attribué au bâtiment en prenant en compte l'accomplissement de tous les critères à exception du numéro 1 concernant la modélisation thermique.

Score confort thermique : 1,5/ 2

1.2.1.4. Qualité de l'air intérieur

Minimisation des sources de pollution,

« **Rubrique Ventilation – 1 crédit**

4. Fournir de l'air frais dans le bâtiment conformément aux critères de la norme nationale et les meilleures pratiques en matière de ventilation. » (BREEAM,2016).

La norme équatorienne de la construction NEC stipule que, pour des logements, un débit minimal d'air par personne de 10l/s est nécessaire avec une concentration maximale de 650 ppm (parties par million) de CO₂ (Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la Construcción, 2011). Néanmoins en raison de la conception du bâtiment, il n'était pas possible de mesurer les entrées d'air, bien que nous puissions penser que la conception de la maison permettra d'avoir un taux de

ventilation assez important. En ce que concerne le CO₂, il n'a pas été mesuré, car les instruments ont été indisponibles dans le laboratoire de la Universidad de Cuenca. Pour ces raisons, cette rubrique est annulée.

« 5. L'emplacement des prises d'air frais sont conçues pour minimiser l'entrée de polluants atmosphériques dans le bâtiment, comme suit :

5.b Dans les bâtiments ou espaces naturellement ventilés : les fenêtres ou les ventilateurs ouverts sont à au moins 10 mètres de distance horizontale des sources de pollution externe (y compris la localisation des échappements d'air liés au bâtiment).

6. S'il y a lieu, les systèmes HVAC doivent intégrer une filtration appropriée pour minimiser la pollution atmosphérique externe, telle que définie dans EN 13779: Annexe 2007 A3. » (BREEAM,2016).

Les sources de pollution identifiées sont la route 482 et l'incinération des déchets ménagers de la maison. La première source se trouve à 48m et la deuxième à 15 mètres. La maison remplit ces conditions (voir Image 11 : vue de la maison depuis la route 482.et Image 12 : Vue de la partie arrière de la maison et de l'endroit où l'on incinère les déchets une fois toutes les deux semaines).



Image 11 : vue de la maison depuis la route 482.



Image 12 : Vue de la partie arrière de la maison et de l'endroit où l'on incinère les déchets une fois toutes les deux semaines

Le critère 6 ne s'applique pas car la maison ne possède de système HVAC. Le critère 6 est donc annulé.

Un crédit est accordé grâce à l'accomplissement du critère 5.

Un crédit- Adaptabilité - Potentiel de ventilation naturelle

18 La stratégie de ventilation du bâtiment est conçue pour être flexible et adaptable aux besoins potentiels des occupants du bâtiment et aux scénarios climatiques. Cela peut être démontré comme suit :

18.a Les espaces occupés du bâtiment sont conçus pour être capables de fournir de l'air frais entièrement via une stratégie de ventilation naturelle. Les méthodes suivantes sont considérées comme remplissant ce critère en fonction de la complexité du système proposé :

18.ai La surface de fenêtre ouvrante dans chaque espace occupé équivaut à 5% de la surface de plancher interne brut de cette pièce ou plancher de sol. Pour les planchers du sol avec une profondeur d'entre 7 m à 15 m, la surface de la fenêtre ouvrante doit être sur les côtés opposés et répartir uniformément dans la zone afin de favoriser une ventilation croisée adéquate ; OU

18.a. ii La conception démontre que la stratégie de ventilation naturelle offre un flux d'air adéquat pour maintenir les conditions de confort thermique et les vitesses de ventilation requises.

Pour une stratégie qui ne repose pas sur des fenêtres ouvertes ou qui a occupé des espaces avec une profondeur de plan supérieure à 15 m, la conception doit démontrer que la stratégie de ventilation peut fournir un flux d'air adéquat pour maintenir les conditions de confort thermique et les vitesses de ventilation requises.

Comme déjà mentionné lors de l'évaluation du confort visuel le bâtiment est conçu pour fournir de l'air frais aux habitants, les murs ne sont pas en dur ce qui permette un flux d'air important en ventilation naturelle. Le sol est placé en hauteur, ce qui permet le passage de l'air à l'intérieur de la maison (voir image 14) Le confort thermique a déjà été évalué dans le point précédent ce qui démontre que tant les vitesses du vent que le confort thermique ont été respecté selon les mesures entreprises.

Score critère 18 : 0,5/0,5 crédits sont attribués.



Image 14 : plancher de la maison à une élévation de 1,70m du sol



Image 13 : murs peu compacts qui permettent la ventilation naturelle

« **19** La stratégie de ventilation naturelle est capable de fournir au moins deux niveaux de contrôle de l'utilisateur sur l'apport d'air frais dans l'espace occupé (voir CN3.12 pour plus de détails).

Remarque: Tous les mécanismes d'ouverture doivent être facilement accessibles et fournir un contrôle adéquat de l'utilisateur sur les débits d'air pour éviter les courants d'air. Les normes pertinentes de l'industrie pour la ventilation peuvent être utilisées pour définir des «niveaux d'air frais» suffisants pour l'occupation et les charges internes de pollution de l'air pertinentes pour le type de bâtiment.

Remarque: Les immeubles résidentiels et les établissements résidentiels dotés d'appartements autonomes et de chambres individuelles doivent avoir un certain degré de fonction de fenêtre ouvrante. Cela n'a pas besoin de fournir deux niveaux de contrôle utilisateur (selon les critères 18 et 19), mais cela doit être contrôlé par l'occupant. » (BREEAM,2016).

Dans le living le contrôle par l'utilisateur est assez restreint car les murs ne sont pas en dur et qu'il existe des ouvertures entre le toit et les murs, lesquelles ne sont pas contrôlables. Dans la cuisine et la chambre à coucher, le contrôle est beaucoup plus important, deux fenêtres sont disponibles dans la chambre et il y a une porte dans la cuisine (voir Image 16, Image 15 et Image 17). Dès lors 0,25/0,5 crédits lui sont attribués.

Score rubrique « potentiel de ventilation naturelle » = 0,75/1



Image 16 : fenêtre 1 dans la chambre à coucher



Image 15 : fenêtre 2 dans la chambre à coucher



Image 17 : porte qui donne sur la terrasse de la cuisine.

Bilan : les critères de la rubrique ventilation (1 crédit) sont respectés = 1/1.

Les critères de la rubrique « potentiel de ventilation naturelle » (1 crédit) : Un crédit est accordé si les critères 18 et 19 sont respectés. La maison respecte uniquement le critère 18 dans sa totalité. Le critère 19 n'est respecté qu'en partie, en raison de cela 0,75/1 crédits sont attribués à la maison.

Score qualité d'air intérieur : 1,75/2

1.2.2. Bien-être social

1.2.2.1. Accessibilité

- « Deux crédits : « Design inclusif et accessible (bâtiments et institutions résidentiels) »

- Lorsqu'il existe des normes nationales de bonnes pratiques ou une législation locale qui couvre (au minimum) les exigences de la liste de contrôle « Lifetime Homes » (voir la liste de contrôle A4), le développement de l'évaluation doit assurer le respect de ces normes ou de cette législation.

- Lorsque le pays d'évaluation n'a pas de norme locale conforme, le développeur ou le concepteur doit confirmer (en utilisant la Checklist A4) que le logement évalué répond à tous les critères du « Lifetime Homes » » (BREEAM,2016).

La checklist peut être trouvée dans l'annexe 2. Les 16 critères sont développés de manière plus exhaustive à l'adresse suivante : <http://www.lifetimehomes.org.uk/>

La maison ne réunit pas tous les critères de la checklist A4, aucun crédit ne peut être alloué.

Néanmoins, il y a des critères qui ne s'appliquent pas dans cette maison ou tout simplement ne sont pas en accord avec la culture des peuples :

- La possibilité d'élargir le parking : dans la maison, le parking est inexistant, car la famille ne possède pas de véhicule.
- L'accès aux entrées de la maison devrait être en pente douce : pour y avoir accès à la maison, il est nécessaire de monter un escalier car la maison se trouve élevée de 1,70m comme montre l'Image 18. Cette façon de construire est utilisée comme mesure de prévention en cas d'inondation. Ce phénomène est assez fréquent dans cette région.



Image 18 : Maison en caña guadua Montecrisi-Ecuador

Portes et couloirs internes : dans la maison ceci est inexistant.

Les conditions de la checklist A4 que la maison atteint sont les suivants :

- Entrée niveau habitable : la maison a effectivement un séjour à l'entrée de la maison.
- Murs des WC et salle de bain : la toilette est construite en bois, il est possible d'avoir des fixations pour un fauteuil roulant.

Résumé : car la sous-thématique oblige de respecter toute la checklist A4, aucun point est alloué. Il faut mentionner que cette maison en raison de la conception n'est pas accessible à des personnes en fauteuil roulant.

Score accessibilité : 0/2

1.2.2.2. Pratiques de construction responsable

« **Condition préalable 1** : Tout Le bois et les produits à base de bois utilisés lors du processus de construction du projet sont des « **bois légalement récoltés et commercialisés** ». Pour d'autres matériels la condition ne s'applique pas.

BREEAM définit le bois légalement récolté et commercialisé comme :

« Le bois et les produits dérivés du bois sont issus d'une forêt où les critères suivants sont remplis :

Le propriétaire ou le gestionnaire de la forêt détient des droits d'utilisation légaux de la forêt

La responsabilité de l'organisme de gestion forestière et de tous les entrepreneurs ayant des critères juridiques locaux et nationaux, y compris ceux qui sont pertinents pour :

- | | |
|------------------------|--|
| • Gestion des forêts | • Droit d'occupation et d'utilisation d'autres parties |
| • Environnement | |
| • Travail et bien-être | • Toutes les redevances et taxes sont payées. |
| • Santé et sécurité | |

Répond pleinement aux critères de la CITES.

Les échanges commerciaux font que le bois ou les produits dérivés du bois légalement récolté sont :

- Exportés conformément aux lois des pays exportateurs régissant l'exportation de bois et de produits du bois, y compris le paiement de taxes, droits ou taxes à l'exportation
- Importé conformément aux lois des pays importateurs régissant l'importation de bois et de produits en bois, y compris le paiement de taxes, taxes ou redevances d'importation »

Échangé conformément à la législation relative à la convention sur le commerce international des espèces en voie de disparition (CITES), le cas échéant » (BREEAM, 2016).

En ce qui concerne la récolte, suite à des entretiens avec les habitants, ils ont mentionné que le bois provient de la forêt de Montecristi. Le bois a été acheté à un dépôt de bois et de caña guadua légalement constitué. Néanmoins, aucune preuve ne peut le certifier.

La "CITES" est la "convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction» (Wikipédia, 2017). Le site web cites.org donne accès à la liste officielle des espèces inscrites, elles sont classées sur trois annexes en fonction du degré de protection nécessaire.

Le bois utilisé pour la structure de la maison est la «Teca» (Tecona grandis), un bois qui se trouve à l'état naturel dans la forêt du nord de Manabí. Après une recherche minutieuse sur la liste, en vigueur à partir du 4 avril 2017 et disponible à l'adresse suivante : <https://cites.org/esp/app/appendices.php>, on constate que le bois Teca ne figure pas sur cette liste.

Il est important de signaler que la caña guadua est originaire de la zone d'Equateur où la maison est située, et il est très peu probable que les matériaux aient été importés, à cause du coût de transport.

Selon les entretiens que nous avons eus avec les occupants, le bois est durable car il n'affecte pas l'environnement et n'a pas d'impact social (le propriétaire est connu par les occupants) et stimule l'économie locale. Néanmoins ce sont uniquement des informations orales. Elles ne constituent pas de preuve suffisante pour que le certificateur (l'auteur) valide la condition et engage sa responsabilité. Cette condition préalable ne peut donc pas être validée.

« Condition préalable 2 – réglementation concernant la santé et la sécurité : Toutes les normes nationales doivent être respectés.

- Dans la phase de conception, minimiser les risques de santé et de sécurité
- Planification et organisation du travail de pré-construction
- Rassembler les informations au sujet de la santé et de la sécurité de toutes les parties prenantes concernées
- Configuration du site ; mettre en œuvre des dispositifs de santé et de sécurité
- Construction, suivi et rapport sur la santé et la sécurité du personnel du chantier de construction. » (BREEAM,2016).

La norme nationale équatorienne qui régle la sécurité et la santé est « el Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obéras publias ». Dans l'article 2 où est mentionnée l'obligation des employeurs, voici les principaux :

- « D'inscrire les travailleurs à l'institut de sécurité sociale « IESS » ;
- Contrôler les risques dès leur origine avec des mesures de prévention individuelle ;
- Remplacer les pratiques dangereuses par d'autres moins dangereuses ;
- Informer les travailleurs des risques qui pourront survenir.... etc. » (Ministerio del trabajo y empleo, 2008).

Selon l'entretien avec les occupants de la maison, la construction de celle-ci a été confiée à deux indépendants locaux qui travaillent en noir. Il suffit donc de lire quelques obligations pour savoir que la construction de la maison ne remplit pas les conditions exigées par le référentiel. Néanmoins, il est important de souligner que la plupart des constructions en canna guadua en Equateur se réalisent selon la même méthode.

Puisque la maison ne remplit pas les conditions préalables cette sous-thématique obtient directement une cotation de zéro. Néanmoins l'évaluation continue pour avoir un aperçu des efforts faits par la maison.

« Jusqu'à deux crédits - Construction durable

- Pour Logements individuels :

Un crédit peut être attribué lorsqu'un individu est responsable de la mise en œuvre et du maintien des pratiques de construction suivantes considérées tout au long de la phase de travaux

- Préservation du site propre et bien rangé
- Réduction des impacts sur la communauté par l'engagement de la communauté et des voisins
- Amélioration continue de la sécurité
- Engagement à respecter et à assurer un traitement équitable de tous les travailleurs
- Installations de sites appropriés pour les opérateurs et les visiteurs.

Deux crédits peuvent être attribués lorsque l'entrepreneur réalise six articles dans chacune des quatre sections de Checklist A1 (en annexe 3) » (BREEAM,2016).

Les constats doivent être effectués lors de la phase de travaux ; comme déjà mentionné, il n'y a pas de preuves qui confirment l'accomplissement de ces mesures donc le crédit **est annulé**. Néanmoins, lorsque nous regardons la checklist A1, qui se trouve en annexe 3, on constate que la maison remplit à moitié cette condition dans la section accès sécurisé et adéquat :

Un accès approprié et sécurisé au site est fourni. Cela doit inclure au minimum :

- « Fourniture de stationnement sur ou près du site OU un nœud de transport public avec une fréquence moyenne inférieure à 30 minutes à moins de 500 m OU un service de transport lié à un nœud de transport public majeur fourni par l'entrepreneur » (BREEAM, 2016)
- « Un bon éclairage et des barrières adéquates et des surfaces uniformes, c.-à-d. Aucun risque de déplacement en dehors de la limite du site » (BREEAM,2016).
- « Tous les accès sont propres et sans boue » (BREEAM,2016).
- L'échafaudage, qui fait partie ou est externe à la limite du site, est bien éclairé la nuit. L'échafaudage est en place et bien entretenu. » (BREEAM, 2016)

Il existe une entrée où un parking peut être aménagé (voir image 19) Néanmoins, il est inexistant. Le transport public est très bien fourni. En effet, nous trouvons soit : le bus urbain circule trois fois pendant la journée ou bien les bus inter-villes qui font la route Montecristi –Jipijapa ou Manta - Jipijapa avec une fréquence d'au moins toutes les 30 minutes. Il n'existe pas d'arrêt de bus défini pour le bus inter-villes, néanmoins il suffit de signaler l'arrêt au conducteur.



Image 19 : Vue générale de la maison depuis la rue principale

La route se trouve à 40 mètres de la maison. L'Image 20 illustre ce constat :



Image 20 : vue de la maison évaluée (Equateur) et de la route 482

L'éclairage est présent, mais des barrières qui limitent le site sont inexistantes.

Les accès sont propres dans la mesure où le climat le permet.

Dans la section « exigences environnementales », le critère B « *Des mesures d'économie d'énergie sont mises en place sur place* » (BREEAM, 2016) est accompli de façon inconsciente. En effet, la construction d'une maison avec ces caractéristiques n'a pas besoin de beaucoup d'énergie. Elle peut être même construite sans besoin de machinerie électrique. Néanmoins, aucun point ne peut être attribué, car « *une politique environnementale spécifique au site qui définit des mesures d'économie d'énergie* » n'existe pas (BREEAM, 2016).

Il est intéressant aussi de remarquer que, même s'il s'agit d'un référentiel applicable à n'importe quel endroit du monde, le critère E de la checklist A1 de la section accès sécurisé et adéquat dit « *la boîte postale a été placée sur le trottoir pour éviter que le facteur ne puisse pas entrer sur le site* » (BREEAM, 2016). Ceci ne correspond pas à la réalité équatorienne. En effet, les maisons en général ne sont pas construites avec des boîtes postales, le service de poste porte à porte ne fonctionne pas en Equateur dans les logements résidentiels.

- « Un crédit - Suivi des impacts du site »

La responsabilité a été confiée à un individu pour la surveillance, l'enregistrement et la déclaration de l'utilisation de l'énergie, de la consommation d'eau et des données de transport (le cas échéant) résultant de tous les processus sur place (et surveillance dédiée hors site) pendant tout le programme. Pour assurer une collecte complète de l'information, cette personne doit avoir l'autorité et la responsabilité appropriées pour demander et accéder aux données requises. Lorsqu'il a été nommé, le responsable durabilité pourrait jouer ce rôle » (BREEAM,2016).

Aucun responsable n'a été nommé officiellement. Lors de l'utilisation, la responsabilité a été octroyée au père de famille. Néanmoins, il faut signaler que les utilisateurs de la maison ne payent pas les charges, ni électriques ni d'eau, c'est l'entreprise avicole qui s'en charge. L'électricité de la maison est reliée à 2 autres familles qui bénéficient aussi de ce service. En ce qui concerne l'approvisionnement d'eau, la maison ne compte pas de connexion directe à l'eau potable. L'entreprise fournit un camion-citerne par semaine pour alimenter les trois maisons.

« Surveillance - Consommation d'électricité :

Surveiller et enregistrer les données sur la consommation d'énergie du site en kWh (et, le cas échéant, les carburants utilisés) en raison de l'utilisation de l'installation de construction, de l'équipement (mobile et fixe) et de l'hébergement du site (selon le type de projet) » (BREEAM,2016).

Les données concernant la consommation lors de l'étape de construction n'ont jamais été enregistrées. Les données qui vont être présentées correspondent uniquement à l'utilisation, dès lors elles sont uniquement à titre d'information et ne font pas partie de l'évaluation.

Puisque les occupants n'avaient pas les données de consommation mensuelle, le résultat de la consommation énergétique a été vérifié sur place sur base d'un questionnaire qui se trouve en annexe 4. Il consiste à vérifier la puissance de chaque appareil électrique présent dans la maison et son utilisation en heures pendant la journée. La quantité de kWh a été reportée à l'année. Voici le tableau de calcul :

Appareils	Puissance électrique		quantité d'appareils	heures/jour	jour de conso	Conso par an
	Watts	kW			par mois	
Chargeur de GSM	4,5	0,0045	3	1	30	4,93
DVD	25	0,025	1	0,43	4	3,92
Radio	40	0,04	1	1,14	4	16,64
Ampoules fluorescentes	20	0,02	2	6	30	87,60
Machine à laver	500	0,5	1	0,14	4	25,55
Mixer	300	0,3	1	0,05	30	5,48
Fer à repasser	1000	1	1	0,12	15	43,80
Réfrigérateur	400	0,4	1	8	30	1168,00
Tv de 32"	156	0,156	1	4	30	227,76
Total consommation électrique annuelle (kWh)						1583,68
Total consommation électrique mensuelle (kWh)						131,9733542

Tableau 3 : Consommation électrique annuelle de la maison en caña guadua (Equateur)

Quelques données du calcul dont la puissance n'était pas disponible ont été consultés sur les pages web suivantes : <http://www.electrocalculator.com/> et

http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Folleteria/5%20Quieres%20saber%20cuanto%20consumen%20tus%20artefactos.pdf

« Consommation d'eau

Surveiller et enregistrer des données sur la consommation d'eau potable du constructeur principal et des sous-traitants (m³) découlant de l'utilisation de l'installation de construction, de l'équipement (mobile et fixe) et de l'hébergement du site (selon le type de projet, voir les notes de conformité » (BREEAM,2016).

Comme décrit lors de la consommation énergétique, les données qui seront présentées correspondent uniquement à la consommation d'eau dans l'étape d'utilisation. En effet il n'y a pas de registres à propos de la consommation d'eau lors de l'étape de construction. Dès lors les données ci-dessous seront présentés seulement à titre d'information. Elles ne constituent pas partie de l'évaluation.

Description	Remarque	Litres/ jour
Douche	ne dispose pas	140
machine à laver	consommation de 100l/cycle	14,3
Lavabo	ne dispose pas	14
robinet de cuisine	ne dispose pas	30
Toilette	ne consomme pas d'eau	0
Cuisine	Eau pour faire à manger	8,6
consommation d'eau/ jour/ 7 personnes		206,9

Tableau 4 : Données de consommation d'eau du ménage équatorien évalué.

Le tableau 4 montre la consommation d'eau pour un ménage composé de 7 personnes. La maison ne dispose pas de connexion directe à l'eau potable, raison pour laquelle la famille doit ramener l'eau dans des seaux pour faire la vaisselle et se laver.

Les toilettes n'utilisent pas d'eau, c'est un système qui emmagasine les déchets. Elles se trouvent à 15 mètres de la maison (voir Image 22). Cette valeur est très basse par rapport à la moyenne nationale qui se trouve en 237 litres d'eau par personne et par jour (Sorgato, 2015).

Score pratiques de construction durable : 0/3



Image 22 : Plan général de la maison, vue de la partie arrière, Les toilettes se trouvent à droite de l'image



Image 21 : Toilette de la maison évaluée (Equateur)

Résumé de l'évaluation BREEAM

Les conditions préalables dans les sous-thématiques « pratiques de construction responsable » et « performance acoustique » n'ont pas été remplies. Et la condition préalable de la sous-thématique « qualité de l'air » a été annulée vu la complexité de mesures.

Le problème le plus fréquemment rencontré est le manque de preuves qui expliquent que les matériaux ont été extraits de manière durable ou que les consommations électrique et d'eau ont été surveillées. Même s'il faut reconnaître que les consommations d'électricité et d'eau en étape d'utilisation sont très basses par rapport à la moyenne nationale. Selon les chiffres de 2012 publiés

par L'institut Equatorien de statistique et du recensement (INEC), la consommation annuelle moyenne d'électricité par habitant se situe à 355,8 kWh/an/personne (INEC, 2012) ; si on multiplie ce chiffre par 7 (nombre d'habitants) on perçoit que la différence de consommation est assez grande : 2 490,6 kWh (consommation moyenne) et 1 583,68 kWh (consommation de la maison évaluée).

On peut faire le même constat pour la consommation d'eau, la moyenne en 2015 a été de 237 litres par personne par jour (un des chiffres les plus hauts en Amérique Latine) alors que la consommation de la maison évaluée est seulement de 206 litres pour un famille de sept membres par jour (Sorgato, 2015).

Finalement on retrouve quelques incohérences par rapport à l'applicabilité de BREEAM de manière internationale. L'utilisation de la poste ou l'étiquetage des noms des rues sont un exemple. Une autre difficulté réside dans les mesures à faire selon le type de construction, la conception particulière de cette maison (murs en bambou) empêche le calcul de facteur de lumière du jour et le taux de ventilation.

Néanmoins, ces difficultés se sont présentées due au manque d'adaptation du référentiel au projet qui devait être effectué entre l'évaluateur (l'auteure de ce travail) et le BRE (Building Research Establishment), l'opérateur de BREEAM.

1.3. Evaluation Ref-B

1.3.1. Bien-être humain

1.3.1.1. Confort acoustique

- **Façade calme** : elle a pour objectif de réduire les nuisances liées aux bruits aériens entre les différents locaux d'un bâtiment (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Calcul de la performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

FAÇADE CALME			
CRITERE		SATISFAIT	SCORE OBTENU
1	L'ensemble des logements du bâtiment dispose d'une façade donnant sur un intérieur d'îlot	10	(SUR 10)
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 01-01			10 / 10

La maison dispose de deux façades calmes, les façades ouest et sud.

- **Niveau de bruit maximal dans les locaux occupés** : « l'objectif est de réduire les nuisances liées aux bruits émis dans les espaces occupés » (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Méthode d'évaluation : « le nombre de situations examinées sera au minimum de 5% du nombre de situations similaires (d'un point de vue acoustique) existant dans le bâtiment, avec un minimum de 3 situations » (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Immeubles de logement (Gendre & Hauglustaine, 2013) ::

SON 7: Bruit des installations			
Critère $L_{\text{a,inst,nT}}$			
Unité dB(A)			
Exigence : Limite supérieure			
Situation-type	Local examiné	Confort Normal	Confort supérieur
7.01 LOG	Salles de bain et WC - Ventilation mécanique	35	30
7.02 LOG	Salles de bains et WC - Appareils sanitaires	65	60
7.03 LOG	Cuisine - Ventilation mécanique	35	30
7.04 LOG	Cuisine - Hotte	60	40
7.05 LOG	Living, salle à manger, bureau - Ventilation mécanique	30	27
7.06 LOG	Chambre à coucher - Ventilation mécanique	27	25
7.07 LOG	Locaux technique contenant des installations pour plus de 10 habitations	85	85
7.08 LOG	Locaux normaux	-	40

Figure 8 : mesures de bruit d'installations. Source : (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Puisque la maison évaluée n'a pas d'appareils sanitaires, ventilation mécanique, ni hotte de cuisine, les seuls locaux à examiner sont les espaces occupés qui figurent avec le nom de « locaux normaux » sur la figure précédente, le confort supérieur se trouve à 40db.

8h00 : Niveau acoustique continu équivalent (LAeq) : "51.2"

13h00 : Niveau acoustique continu équivalent (LAeq): "56.7"

16h00 : Niveau acoustique continu équivalent (LAeq): "51.9"

C'est à 13 heures qu'on a obtenu les valeurs moyennes les plus hauts, en fait à cette heure tous les habitants sont à la maison pour manger le repas de midi (repas le plus important dans la culture équatorienne).

Calcul de la performance (Gendre & Hauglustaine, 2013).

NIVEAU DE BRUIT MAXIMAL DANS LES ESPACES OCCUPÉS	
CRITERE	SCORE OBTENU
Moyenne des situations type (confort normal/supérieur)	(SUR 10)
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 01-06	0/ 10

Selon les mesures effectuées, aucun crédit n'est accordé.

- **Emergences :** « a pour objectif de réduire les nuisances liées aux bruits de fond dans les logements (installations techniques et conduites/canalisations) » (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Calcul de la performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) ::

EMERGENCES	
CRITERE	SCORE OBTENU
Moyenne des situations type (confort normal/supérieur)	(SUR 10)
X facteur correctif (si valeur intentionnelle)	
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 01-05	10 / 10

Cette mesure ne sera pas évaluée car elle fait référence aux installations techniques et conduites/ canalisations alors que dans la maison celles-ci sont inexistantes. Dès lors et puisque la mesure a comme objectif de réduire les nuisances liées à ces bruits, le niveau de performance maximal lui est accordé.

1.3.1.2. Confort visuel

- **Approche du confort visuel** : « permet de rendre compte de l'environnement visuel disponible dans le bâtiment » (Gendre & Hauglustaine, 2013). Le critère pour l'évaluation est le contact visuel avec l'extérieur.

Calcul de la performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

APPROCHE DU CONFORT VISUEL			
CRITÈRE		SATISFAIT	SCORE OBTENU
1	Séjour : milieu fermé	OUI	0
		NON	0
2	Séjour : milieu ouvert	OUI	5
		NON	0
3	Chambre : milieu fermé	OUI	1.5
		NON	0
4	Chambre : milieu ouvert	OUI	0
		NON	0
5	Cuisine : milieu fermé	OUI	1
		NON	0
6	Cuisine : milieu ouvert	OUI	0
		NON	0
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 03-01			7.5 / 10

Milieu ouvert : le contact avec l'extérieur est effectif, la perspective de vision (sur un angle de 90° minimum) est supérieure à 20 mètres dans une cour intérieure (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Milieu fermé : le contact avec l'extérieur est effectif, la perspective de vision (sur un angle de 90° minimum) est inférieure à 20 mètres dans une cour intérieure (Gendre & Hauglustaine, 2013).

- **Eclairage naturel** : valorise l'optimisation de l'éclairage naturel dans un bâtiment tout en maîtrisant les sources d'inconfort (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Calcul du niveau de performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

ECLAIRAGE NATUREL (SCORES DISTINCTIFS)	
CRITÈRE	SCORE OBTENU
LOCAUX DE JOUR ET DE NUIT	
$I_v < 1/8$	0
$I_v \geq 1/8$ ET $< 1/7$	0
$I_v \geq 1/7$ ET $< 1/6$	0
$I_v \geq 1/6$ ET $< 1/5$	0
$I_v \geq 1/5$	0
SCORE TOTAL MESURE WEL 03-02	0/ 10

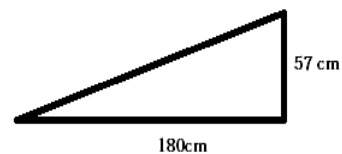
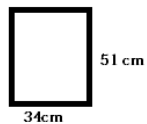
I_v : indice de surface vitrée (somme des surfaces des vitrages d'une pièce en laissant passer la lumière extérieure divisée par la surface de la pièce)

La surface qui laisse passer la lumière (sans prendre en compte la lumière qui passe entre les murs) est de : 2,83m²

Fenêtre du living (0,17 m²) :

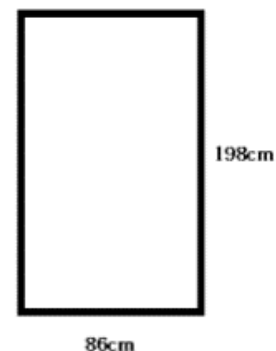
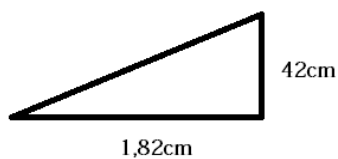
haut du living $(1/2) * 1,80 * 0,57 = 0,513\text{m}^2$

Ouverture en

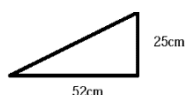


Deuxième ouverture du living: 0,315m²

Porte du living : 1,70m²



Ouverture de la cuisine : 0,13m²



I_v : $2,83/39,9 = 0,071$. Le minimum pour obtenir des points est fixé à 0, 125 ou 1/8. Donc aucun crédit ne peut être alloué.

- **Eclairage artificiel** : Valorise les dispositifs d'éclairage artificiel mis en place permettant de réaliser des activités dans un confort optimal (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

ECLAIRAGE ARTIFICIEL	
EXIGENCES OBLIGATOIRES PREALABLES : <ul style="list-style-type: none"> • Circulations horizontales et escaliers : niveau d'éclairement de 100 LUX minimum • Parking: niveau d'éclairement de 60 LUX minimum • Circulations horizontales, escaliers, parking : IRC \geq 80 	
CRITÈRES(DISTINCTIFS)	SCORE OBTENU
CIRCULATIONS HORIZONTALES, ESCALIERS, PARKING : RESPECT DU DIAGRAMME DE KRUTHOF	0
ABSENCE DE PARTIES COMMUNES	10
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 03-03	10 / 10

La maison ne dispose pas de circulations horizontales et les escaliers sont placés en dehors de la maison, raison pour laquelle ils ont un niveau d'éclairement supérieur à 100 lux. La maison ne possède pas de parking non plus.

La maison remplit le critère « absence des parties communes ». En effet dans un logement unifamilial, les parties communes sont inexistantes.

1.3.1.3. Confort thermique

Dans cette sous-thématique, il existe trois rubriques : Confort en période estivale, confort en période hivernale et vitesse de l'air.

La maison évaluée est située en Equateur. Comme déjà mentionné lorsqu'on parlait de l'Equateur il n'existe pas de saisons comme l'hiver ou l'été. Puisque la maison évaluée se situe dans la zone thermique 5 dont les températures varient entre 22 et 25° tout l'année on considère que ceci peut ressembler à l'été belge. Dès lors, uniquement les rubriques : confort thermique en période estivale et la vitesse de l'air seront évaluées.

- **Confort thermique en période estivale** : l'objectif est d'assurer le confort thermique grâce à des mesures dites passives et à un éventuel système de refroidissement (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Calcul du niveau de performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

RISQUE DE SURCHAUFFE		SCORE	POINTS
Possibilité n°1 (PEB) : indicateur de surchauffe	> 17000 Kh	0	(SUR 5)
	15.000 – 17.000 Kh	0	
	13.000 – 15.000 Kh	0	
	11.000 – 13.000 Kh	0	
	9.000 – 11.000 Kh	0	
	< 9.000 Kh	0	
OU		0	
Possibilité n°2 : Pour le séjour et les chambres, une simulation thermique dynamique a été réalisée ET les stratégies passives mises en œuvre suite à cette étude permettent de limiter le nombre d’heures de surchauffe à maximum 3% du temps d’occupation (catégorie B) (l’analyse des surchauffes est effectuée selon les EN ISO 13792 et EN 15251)			
OU			
Possibilité n°3 : Un système de refroidissement actif permet de garantir un confort de catégorie B plus de 50%			
PROTECTIONS SOLAIRES		SCORE	POINTS
Les habitants ont la possibilité d’actionner des protections solaires efficaces ($g \leq 0.5$) afin d’ombrer les fenêtres de toiture et les vitrages ou ensembles de vitrages situés dans la course du soleil d’une superficie supérieure à 4m ²		2,5	(SUR 2,5)
VENTILATION NATURELLE INTENSIVE		SCORE	POINTS
Les habitants ont la possibilité d’effectuer une ventilation naturelle intensive, par l’ouverture de fenêtres ou autres dispositifs sur l’extérieur. → Présence d’ouvertures d’amenée, de transfert et d’évacuation d’air avec une section nette de 2% de la surface nette du sol. Les ouvertures d’amenée d’air sont positionnées dans le 1er tiers de la hauteur du logement, les ouvertures d’extraction dans le dernier. Si cette dernière règle ne peut être réalisée, les sections sont doublées. Pas de risque d’effraction lié à la ventilation naturelle.		2,5	(SUR 2,5)
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 02-01			5/ 10

- **Risque de surchauffe** : Trois possibilités s'offrent à nous. La deuxième a été prise en compte

« *Possibilité n°2* : Pour le séjour et les chambres, une simulation thermique dynamique a été réalisée ET les stratégies passives mises en œuvre suite à cette étude permettent de limiter le nombre d'heures de surchauffe à maximum 3% du temps d'occupation (catégorie B) (l'analyse des surchauffes est effectuée selon les EN ISO 13792 et EN 15251) »

En effet, la méthode PEB n'est pas assez exacte pour permettre une évaluation de surchauffe dans une maison en Equateur. Une simulation thermique en utilisant le programme TRNSYS 17 a été réalisée.

Un modèle sketch up a été réalisé pour permettre l'utilisation de TRNBuild et de simulation studio. La complexité du design de la maison (murs non compacts) fait qu'une simulation thermique est une tâche assez complexe. Pour permettre de simuler le degré de ventilation naturelle existant entre les murs et autres ouvertures, on a utilisé un niveau de ventilation de 3 v/h, ce qui correspond à un taux de ventilation forcée en vue du rafraîchissement (J-M Hauglustaine & Simon, 2017).

Pour les murs en caña guadua, un λ de 0,1023 a été appliqué (Martinez, 2014) avec une épaisseur de 2cm. Des lors, un coefficient de conductivité thermique ou valeur U de 5,117 W/m²K a été utilisé pour la simulation. La densité utilisée pour la simulation est de 715 kg/m³ (Martinez, 2014) et le pouvoir calorifique est de 2,3 KJ/kgK (Huang, 2017).

La température de surchauffe a été reprise de la norme *EN 15251 relative à "l'Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics"*. Page 29 concernant "Acceptable indoor temperatures for design of buildings without mechanical cooling systems". Selon la norme, une température opérative au-delà de 25°C est considérée comme surchauffe (COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, 2006). En utilisant la formule :

$$T_{OP} = a \cdot T_a + (1-a) \cdot T_{mr}$$

$$\text{dont } a = 0,045$$

On peut trouver la température de l'air qui sera utilisée pour la simulation postérieure, elle est de 26°C et la T_{mr} (Température moyenne radiante) = 24,9°C.

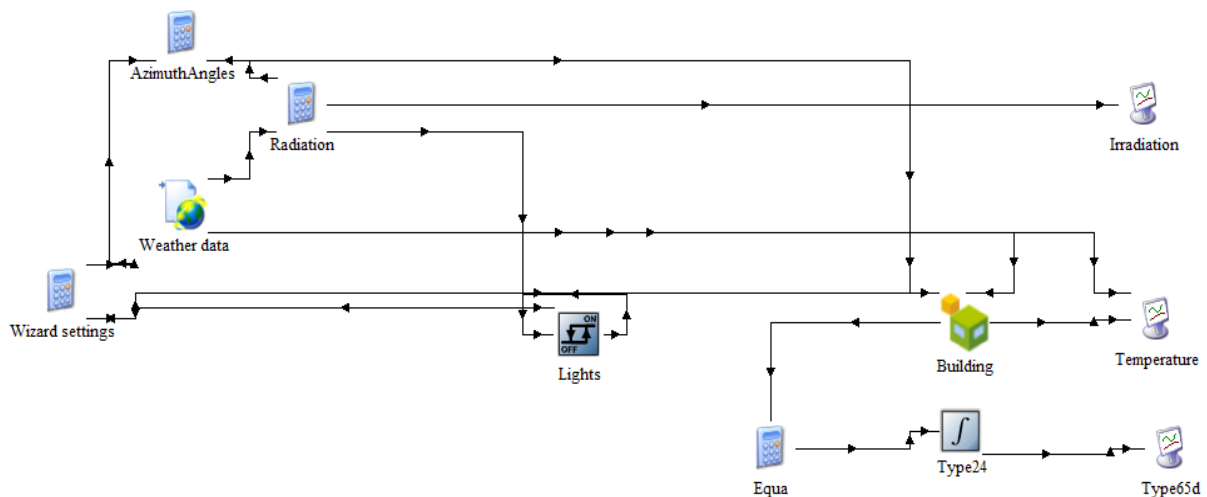


Image 23 : Simulation thermique de la maison évaluée (Equateur) faite avec le programme TNRSYS.

Voici les résultats obtenus du le calcul de la surchauffe :

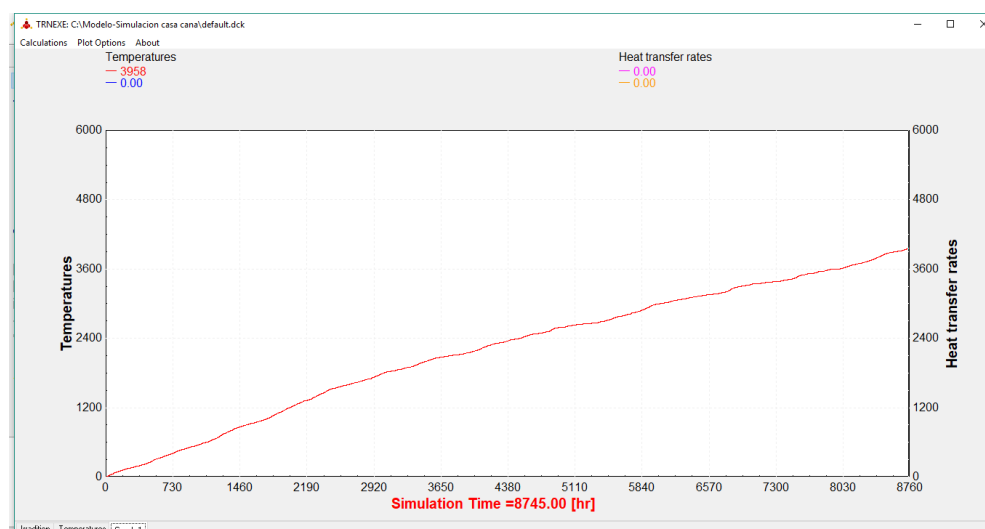


Image 24 : Résultats de la simulation thermique de la maison évaluée (Equateur) faite avec le programme TRNEXE.

Un risque de surchauffe 3958 heures sur l'année est retrouvé. Ceci ne respecte pas le maximum d'heures nécessaires pour l'accomplissement de ce critère (262,8 heures).

Protections solaires : Ce sont des prolongations du toit de l'ordre de 70cm. Ceci servant à protéger les occupants du soleil.

Ventilation naturelle intensive : La ventilation est naturelle, les habitants peuvent en cas de chaleur importante ouvrir les fenêtres (normalement elles sont fermées).

- Superficie d'amenée d'air : 5,87m²
- Superficie de la maison : 39,9 m²

La section nette de la surface des ouvertures d'amenée correspond à 14% de la surface nette du sol. Dès lors, 2,5 points lui sont attribués.

- **Vitesse de l'air :** L'objectif est de limiter les courants d'air qui influencent le confort thermique (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Le calcul de performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

COURANTS D'AIR LIÉS AUX DISPOSITIFS D'AMENÉE D'AIR DES SYSTÈMES TECHNIQUES		SCORE	POINTS
Dans la zone d'occupation des locaux secs, les dispositifs d'amenée d'air du système de ventilation hygiénique (aérateurs ou bouches de pulsion) ne créent pas de gêne due à une vitesse de l'air supérieure à :	0.24m/s en été et 0.21m/s en hiver	CONDITION OBLIGATOIRE	(SUR 10)
	0.19m/s en été et 0.16m/s en hiver	0	
	0.12m/s en été et 0.10m/s en hiver	0	
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 02-03			N'APPLIQUE PAS

La rubrique ne peut pas être appliquée à la maison évaluée, car elle ne contient pas de système de ventilation hygiénique.

Il est intéressant de remarquer que les vitesses d'air sont différentes en été et en hiver. Néanmoins, car en Equateur le climat ne varie pas en fonction des saisons ceci ne peut pas être appliqué. Même si on peut prendre en compte uniquement les conditions d'été, l'évaluation ne sera pas juste, car le référentiel prend en compte une température extérieure de base de 30°C (Gendre & Hauglustaine, 2013). Bien que, dans la zone où la maison est située la température varie entre 22 et 25° C.

A titre d'information, la vitesse d'air moyen obtenue lors de la campagne de mesure a été de 0,2 m/s.

1.3.1.4. Qualité de l'air intérieur

Pour cette sous-thématique, il est nécessaire de remplir deux conditions préalables ou exigences relatives au radon et à la pollution du site :

Calcul du niveau de performance (Gendre & Hauglustaine, 2013).

« Exigences :

Radon : attestation de l'architecte d'avoir pris en compte le radon dans le projet de construction » (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Le constructeur n'a pas pris en compte cette condition. Ceci est dû au manque de connaissance des dangers existants pour les occupants. En effet, en Equateur, il n'y pas encore de norme par rapport à la qualité de l'air ni aux risques d'exposition destinés aux constructeurs.

Il est important de signaler que l'Equateur est un des pays d'Amérique latine qui présentent un risque majeur d'exposition au radon. (Voir Figure 9)

Maximum, minimum and average indoor radon levels				
Ref . No.	Country	Indoor Radon Level (Bq/m ³)		
		Max	Min	Mean
1	ARGENTINA	286.0	15	36.96
2	BRAZIL	310.0	16.7	81.95
3	BRAZIL	262.7	15	79.92
4	ECUADOR	225.66	20.39	94.30
5	MEXICO	280	15	83.25
6	MEXICO	300	43	88.00
7	MEXICO	103.7	15	30.62
8	PERU	50.20	18.57	32.29
9	VENEZUELA	346	15	52.50

Figure 9 : Niveau de radon maximum, minimum et moyen en différents pays d'Amérique Latine. Source : (Canoba et al., n.d.)

Pour l'étude, 4 localités en Equateur ont été analysés, toutes situées près de Quito (Canoba et al., n.d.). Malheureusement, d'autres investigations n'ont pas encore été entreprises qui permettent de localiser et de surveiller l'exposition au radon dans d'autres endroits du territoire.

« Pollution du site : si une pollution du site est avérée, un dispositif barrière est mis en place » (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Aucune étude n'a été entreprise pour surveiller la pollution du sol d'origine industrielle. Néanmoins, en accord à l'historique du site (obtenu en s'entretenant avec les habitants), celui-ci a été couvert de forêt, aucune activité économique n'a été mise en place.

On peut assumer que le sol est classe 0 : aucune pollution au niveau du sol du bâtiment

« Ces exigences sont des **passages obligés**, leurs non satisfaction implique une évaluation à « 0 » de la rubrique « Qualité de l'air intérieur ». Par contre, leur obtention est sans influence sur l'évaluation de la mesure » (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Dans ce cas, la maison obtient une évaluation **à zéro**. Néanmoins, on continue l'évaluation pour savoir comment la maison peut répondre aux autres critères.

- **Disposer d'un air neuf de qualité**

Calcul du niveau de performance (Gendre & Hauglustaine, 2013).

DISPOSER D'UN AIR NEUF DE QUALITE	
CRITÈRE	SCORE OBTENU
PRISE D'AIR NEUF (SCORES CUMULATIFS)	
L'emplacement de la prise d'air neuf	
1. est à plus de 5 mètres (distance à l'horizontale) d'une zone de stockage de déchets	0.5
2. à plus de 8 mètres (distance à l'horizontale) d'une zone de stockage de déchets	0.5
3. est à plus de 5 mètres (distance à l'horizontale) d'un parking de plus de trois voitures (à partir de la place de stationnement la plus proche)	0.5
4. est à plus de 10 mètres (distance à l'horizontale) d'un parking de plus de trois voitures (à partir de la place de stationnement la plus proche)	0.5
5. est à plus de 5 mètres (distance à l'horizontale) d'un conduit de fumée	0.5
est à plus de 10 mètres (distance à l'horizontale) d'un conduit de fumée	0.5
est à plus de 5 mètres (distance à l'horizontale) d'une voirie de circulation automobile	0.5
est à plus de 10 mètres (distance à l'horizontale) d'une voirie de circulation automobile	0.5
est à plus de 2 mètres (distance à l'horizontale) d'un groupe de ventilation situé sur une même paroi	0.75
7. n'est pas influencé par le rejet d'air d'une tour/d'un groupe de refroidissement adiabatique via les vents dominants	0.75
La vitesse d'air maximale à l'aspiration (n'applique pas)	
FILTRATION (N'APPLIQUE)	
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 04-01	5.5/ 5.5

Néanmoins score de la maison : 0 puisque ne remplit pas les conditions préalables.

Les prises d'air neuf se localisent dans toute la maison. Ni les murs ni le sol ne sont en dur, ce qui rend difficile les mesures. Néanmoins, les sources de pollution comme le stockage de déchets, le parking, les conduits de fumée, sont inexistantes.

- Stockage de déchets : La famille brûle ses déchets en absence de ce service. L'endroit d'incinération est situé à **15 mètres de la maison**.

- Parking : la famille ne possède pas de véhicule.
- Conduit des fumés : inexistants.
- Voirie de circulation automobile : route 482, se situe **à 48 mètres de la maison.**
- Groupe de ventilation : inexistant
- Rejet d'air d'une tour de refroidissement : pas d'influence car pas de systèmes dans le secteur
- Vitesse d'air maximale d'aspiration : ventilation naturelle, ne s'applique pas
- Filtration : il n'y a pas de filtre disponible dans la maison.

Lorsque l'objet est inexistant, on considère que la qualité de l'air n'est pas altérée.

- **Renouvellement d'air** : assurer le renouvellement d'air permettant d'extraire l'ensemble des polluants d'activité et résultant des émissions des éléments installés (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Calcul du niveau de performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

RENOUVELLEMENT D’AIR			
CRITÈRE		POINTS	SCORE OBTENU
INSTALLATION DE VENTILATION			
EXIGENCE OBLIGATOIRE PREALABLE : La conception de l’installation de ventilation répond à la norme NBN D 50 001 (n’applique pas)			
La conception de l’installation de ventilation du local est de type (selon NBN D 50 001)	A	0	(SUR 0)
	B/B+	0	
	C/C+	0	
	D	0	
DEBIT D’AIR NEUF			
EXIGENCE OBLIGATOIRE L’installateur contrôle et atteste que les débits de ventilation sont conformes à la norme NBN D 50.001 (Annulé)			
VENTILATION PAR OUVERTURE DES FENETRES			
Possibilité d’ouverture suffisante des fenêtres pour une ventilation		3	(SUR 3)
SCORE TOTAL MESURE WEL 04-03			3/ 3

Il est reconnu qu'une grande partie de la pollution de l'air intérieur est due aux systèmes de ventilation et climatisation en mauvais état. Dans le cas de la maison en caña guadua, ceci n'est pas un problème, car elle n'en possède pas. L'exigence préalable de « conception de l'installation de ventilation du local est de type A, B/B+, C/C+ ou D (selon NBN D 50 001) » est annulée car ne correspond pas à la maison évaluée. En effet on ne peut pas parler d'un système de ventilation comme défini dans la norme NBN D50 001 en raison de la conception même de la maison.

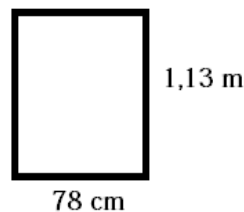
L'exigence obligatoire de débit d'air neuf « L'installateur contrôle et atteste que les débits de ventilation sont conformes à la norme NBN D 50.001 » est également annulé, car dans la maison évaluée il est très difficile de mesurer les débits de ventilation à cause de la conception des murs et du sol non étanches.

Ventilation par ouvertures de fenêtres : « dans un logement traversant il est nécessaire un rapport de 1/30 de surface ouvrante sur surface au sol » (Gendre & Hauglustaine, 2013):

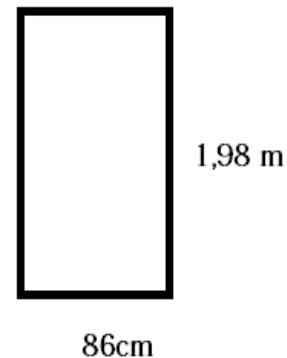
- Surface du sol : 39,9 m²
- Surface ouvrante : La surface prise en compte dans le rubrique confort visuel – éclairage naturel (2,83 m²) + surface des deux fenêtres de la chambre (0,88m²) + surface de la porte donnant sur la terrasse de la cuisine (1,54m²) = 5,25m²

Comme déjà mentionné la famille ouvre les fenêtres de la chambre et la porte de la cuisine lors de grandes chaleurs, en raison de cela ces surfaces sont prises en compte.

Surface fenêtre 1 chambre :



Porte cuisine :



La relation est de $5,25/39,9 = 0,147$ ou une relation de 5/30. La relation est cinq fois plus que l'exigence de ventilation par ouverture établie en (1/30).

1.3.2. Bien-être social

1.3.2.1. Accessibilité intégrale du site

Quatre critères sont évalués à l'aide de l'outil HUM (en annexe 5)

1. « Visibilité » du logement suivant la réglementation régionale (critère obligatoire)
2. « Visibilité » du logement y compris espace de vie et toilette
3. Adaptabilité du logement aux occupants handicapés
4. Demande d'avis à un cabinet de conseil agréé.

Calcul de la performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

ACCESSIBILITE INTEGRALE		
CRITERE	Points	Score
VISITABILITÉ DES LOCAUX ACCESSIBLES AU PUBLIC SUIVANT LA RÉGLEMENTATION (OBLIGATOIRE) (annulé)		
Si exigences non satisfaites, score 0/10 pour la mesure		
VISITABILITÉ DES LOCAUX ACCESSIBLES AU PUBLIC (annulé)		
ADAPTABILITE DU LOGEMENT		
Le logement est adaptable	0	(SUR 4)
DEMANDE D'AVIS À UN CABINET DE CONSEIL AGRÉÉ (CUMULATIF)		
A la phase préliminaire	0	(SUR 2)
Pour le dossier d'exécution	0	
SCORE TOTAL POUR LA MESURE HUM 02-03		0/ 10

Le premier et deuxième critère sont annulés car ils concernent la réglementation belge selon la région où le logement est situé, l'évaluation est en conséquence non adaptée au contexte équatorien.

Il s'agit de vérifier si la réglementation en vigueur est respectée dans : les chemins d'accès au logement, l'espace de vie, au minimum une toilette du logement et dans les éléments pris en compte de manière obligatoire dans cette réglementation.

Le troisième critère a été évalué grâce à l'outil HUM, onglet : « LOG HUM 02-03 Critère 3 » l'évaluation complète peut être consulté en annexe 5

Quelques exigences ont été annulées car elles ne correspondent pas soit au contexte de la maison, soit à l'architecture elle-même. Ceci est le cas des escaliers et rampes, en effet l'outil donne par exemple les exigences de mesures (largeur, hauteur, etc.) des rampes, alors qu'elles sont inexistantes.

- La maison évaluée n'accomplit pas toute la checklist. Seulement 15/36 exigences ont été atteintes. Cela est dû à :
- Seulement une des sept exigences concernant les escaliers a été atteinte. Il est difficile de parler de l'existence d'un escalier. Dans ce modèle de maison, l'objet qui permet de s'élever en hauteur est une espèce d'échelle-escalier (Image 25) qui n'accomplit aucune exigence sauf celle qui concerne la hauteur de passage libre.



Image 25 : escalier-échelle de la maison évaluée (Equateur)

- La largeur des passages ainsi que l'espace de vie est réduit et non apte pour des personnes à mobilité réduite.
- La disposition des objets, des interrupteurs et des armoires est en hauteur, ils sont inaccessibles.

Quatrième critère : pas de demande d'avis effectué auprès d'un conseiller agréé.

Commentaire : Lors de l'évaluation avec la checklist j'ai remarqué que quelques exigences ne sont adaptables au contexte équatorien :

Dans le critère « l'accès à la salle de bain » seules les mesures (largeurs, hauteurs) ont été prises en compte. La maison accomplit largement ces exigences, néanmoins elle ne possède pas les objets de mesure (douche, lavabo, baignoire).

L'accès aux espaces extérieurs selon l'évaluation et ses exigences est adéquat. Néanmoins dans la pratique, cela ne l'est pas, car le terrain est rugueux et difficilement accessible voire dangereux, soit en fauteuil roulant, soit pour des personnes aveugles. Aucune exigence par rapport à la rugosité du terrain n'existe.

1.3.2.2. Accessibilité du coût

Méthode d'évaluation : « En vue de l'accomplissement de cette condition, le logement doit être reconnu comme logement social locatif ou acquisitif » (Gendre & Hauglustaine, 2013). En effet, le référentiel marque dans les limites de l'évaluation qu'il n'existe pas de consensus autour de la définition objectif d'accessibilité du coût du logement. Qu'il s'agisse de délimiter la portée ou d'identifier la méthode de calcul.

Un problème se présente lorsqu'on évalue cette rubrique. Le référentiel fait référence à la reconnaissance en tant que logement social locatif ou acquisitif, néanmoins la définition diffère entre les deux pays et le statut « logement social locatif ou acquisitif » est inexistante en Equateur.

Le « logement social » en Belgique fait référence à « la location d'appartements à un prix raisonnable destiné aux personnes isolées ou aux ménages ayant des revenus modestes. L'offre comporte aussi des maisons. En outre, les acheteurs potentiels d'une habitation ont la possibilité d'obtenir un prêt hypothécaire bon marché » (Service Public Fédéral Belge, 2017).

La définition équatorienne n'est pas claire, néanmoins elle renvoie au concept de « logement qui contribue à la réduction du déficit des logements ». Cette maison peut être considérée comme logement social car elle a été construite par une moyenne entreprise dans laquelle les parents sont employés. C'est d'ailleurs l'entreprise qui se charge du paiement des factures liées à l'utilisation de la maison. De ce fait, cette maison pourrait être considérée comme logement social. Néanmoins, pour octroyer des points, une confirmation qui atteste la reconnaissance de logement social locatif ou acquisitif est nécessaire. Or elle est inexistante. De ce fait, le logement ne peut pas obtenir de points.

Du point de vue économique, (pas pris en compte en raison des limites de la rubrique) il est important souligner qu'une maison avec ces caractéristiques peut coûter 2000 dollars, montant qui est assez accessible dans un pays comme l'Equateur où le salaire minimale est de \$ 375 par mois (chiffre pour 2017) (El Telégrafo, 2016).

Score : 0/10

1.3.2.3. Quartier Vivant

Calcul de la performance (Gendre & Hauglustaine, 2013):

CONTRIBUTION A UN QUARTIER VIVANT		
CRITERE	Points	Score
INTERACTION AVEC L'ESPACE PUBLIC		
<ul style="list-style-type: none"> Le bâtiment n'est pas situé à plus de 5 m de l'alignement. Du côté rue, au moins 1 fenêtre du rez-de-chaussée donne sur la rue et au moins 20 % du rez-de-chaussée sont constitués de baies. Les clôtures ou les murs du jardin côté rue permettent de voir l'espace vert (hauteur maximale d'1,20 m). 	5	(SUR 5)
POSSIBILITES DE RENCONTRE DANS LE PROJET		
<ul style="list-style-type: none"> Au moins 1 équipement collectif est prévu dans le projet. 	5	(SUR 5)
SCORE TOTAL POUR LA MESURE HUM 01-02		10/ 10

• Interaction avec l'espace public :

Le premier critère n'est pas accompli ; en effet le bâtiment se situe à 15,5 mètres de l'alignement. Néanmoins, il faut signaler que la buanderie de la maison se trouve à seulement 3 mètres de la rue (voir image 26) ce qui peut permettre plus d'interactions car les clôtures sont inexistantes. Selon ces considérations, des points peuvent être attribués.



Image 26: plan général de la maison, vue depuis la rue, buanderie en zoom.

Le deuxième critère est accompli : il existe une fenêtre qui donne sur la rue (voir Image 27) et 24% du rez-de-chaussée est constitués de baies (surface du rez-chaussé = 19,9m² et surface de baies = 4,975) (voir image 28)



Image 27 : Vue de la maison depuis la rue



Image 28 : Vue des baies de la maison et de ses habitants

Finalement, dans la maison, il n'existe pas de clôture, raison pour laquelle elle remplit la condition.

La maison accomplit les trois critères relatifs à « l'interaction avec l'espace public », dès lors, 5 points lui sont attribués.

- **Possibilités de rencontre dans le projet :** Les buanderies sont considérées comme équipement collectif par le référentiel. La maison remplit donc cette condition et 5 points lui sont attribués.

Commentaire : Dans ce logement, on ne peut pas parler de l'existence d'un quartier, car il est inexistant. La situation géographique de la maison est plus au moins isolée. La première maison voisinant se trouve à près de 400 mètres. Néanmoins, le seul chemin pour accéder aux autres maisons passe devant la maison évaluée. Ceci et la configuration même de la maison pourront donner lieu à des rencontres formelles et informelles.

Discussion de Ref-b appliqué à la maison en caña guadua

Comme il été attendu, Ref-B est un référentiel Belge, mis en place par rapport au contexte belge. Beaucoup de valeurs comme la température extérieure en été ou le rayonnement solaire ne sont pas compatibles avec l'Equateur.

1.4. Evaluation avec Runa Allpa Sumac :

Les évaluations ont été effectuées par le directeur du projet et créateur du référentiel et conseillé par l'auteure de ce TFE.

1.4.1. Bien-être Humain

1.4.1.1. Maison saine (confort acoustique, luminosité en accord avec la culture, confort en accord avec le climat)

Le bien-être humain est évalué avec l'indicateur « Maison saine » lequel englobe le confort acoustique, visuel, thermique en accord avec le climat et les cultures.

Cet indicateur est évalué lors d'une interview avec les utilisateurs. Les occupants perçoivent leur maison comme un endroit qui offre en général **confort thermique** et visuel. En effet, s'il fait trop chaud ils ouvrent les fenêtres pour permettre une sur ventilation et/ou ils vont réaliser une partie de leurs activités (repos, devoirs) en bas de la maison, où l'ombrage et la fraîcheur sont plus importants. Néanmoins, pour l'enfant de 5 ans, la nuit est assez froide, raison pour laquelle elle doit dormir avec un pyjama plus épais.

Confort visuel : Même si la maison en raison de sa conception permet de faire passer la lumière entre les murs, les habitants se plaignent du confort visuel dans la cuisine, en effet il n'y pas de fenêtre et ils aimeraient en avoir une.

Le confort acoustique est aussi un problème entre les pièces. Les murs très fins et l'absence de portes n'offrent pas un bon confort acoustique. Lors des mesures, on a pu remarquer que les bruits aériens peuvent dépasser facilement les 50db lorsque toute la famille est dans la maison.

Un autre problème de confort selon les habitants est la **perception de sécurité (cambriolages, risque d'incendie)** due à la fine épaisseur des murs.

Score : 6/10

1.4.2. Bien-être social

1.4.2.1. Accessibilité et inclusion sociale :

Cet indicateur a comme objectif de permettre l'accès au logement à tout un chacun. Peu importe sa condition sociale, culturelle, physique, d'âge ou genre.

Il s'agit d'un logement conçu pour une famille en particulier, et uniquement le critère inclusion des personnes de différente condition physique est évalué. Cette condition n'est pas accomplie vu la conception du logement (1,70m d'hauteur).

Cet indicateur évalue également l'accessibilité au site : les chemins d'accès, présence des transports en commun fréquents, piste cyclable, parkings.

Le transport public est très bien fourni. Une route principale se trouve à seulement 40 mètres de la maison. Nous trouvons soit : le bus urbain que circule trois fois pendant la journée ou bien les buses inter-villes que font la route Montecristi –Jipijapa ou Manta – Jipijapa, avec une fréquence d'au moins toutes les 30 minutes. Il n'existe pas d'arrêt bus défini pour les bus inter-villes, néanmoins pour signaler l'arrêt il suffit de le mentionner au chauffeur.

Commentaire : Il est important que l'outil fasse la distinction entre bâtiments bureaux, logements. Car le même indicateur ne s'applique pas de la même façon.

Score : 6/10

1.4.2.2. Contribution à la réduction du déficit de logements :

Ceci, se rapporte aux articles promulgués dans la constitution équatorienne qui reconnaît l'accès à un logement adéquat pour les habitants du pays.

En effet, le déficit de logement est un problème constant en Equateur dont la cause principale est le prix du logement. Il affecte plus de 1,7 millions de logements sur 3,8 millions de manière quantitative et qualitative. Des 1,7 millions de logements, 36% sont affectés de manière qualitative car leur maison est peu sécurisée, construite avec des matériaux inadéquats ou avec une carence de services basiques (eau, électricité, etc.) (MIDUVI, 2009).

Le coût d'une construction en caña guadua peut être de 20 à 30% moins chère qu'une construction dont les matériaux sont le ciment et les briques (El Mercurio, 2013). Cette dernière est la construction la plus répandue et désirée par les équatoriens.

Score : 10/10

Commentaire : Même si la maison contribue effectivement à la réduction du déficit de logement dû à son coût moindre, il faut souligner que ce n'est pas une maison adéquate. En effet, la maison ne possède pas de services basiques tels que l'eau, système d'assainissement, collecte des déchets.

1.4.2.3. Stimulation de l'économie pour produire du travail pour les plus pauvres

La construction la maison a stimulé l'économie lors de l'acquisition des matériaux. Néanmoins, lors de l'étape d'utilisation elle ne contribue pas à la production de travail, dès lors, la moitié des points lui sont attribuées.

Score : 5/10

1.4.2.4. Création des sources de travail national (matériaux, système de construction et utilisation du bâti)

La maison telle quelle ne contribue pas à la création de sources de travail, néanmoins lors de sa construction la maison a donné de l'emploi aux travailleurs locaux (personnes qui coupent la caña, emmagasineurs, vendeurs, constructeurs).

Score : 5/10

1.4.2.5. Consommation de gaz, eau, électricité

- **Consommation de gaz :** La famille consomme une bonbonne de LPG par mois pour une famille de 7 personnes alors que la consommation moyenne en 2006 a été de 2,04 bonbonnes par mois par famille de 4 membres. (IDE Perspectiva, 2008)
- **Consommation d'eau :** 206 litres pour une famille de 7 personnes et par jour. Il est important de remarquer que la consommation d'eau moyenne en Equateur est de 237 litres par personne et par jour (Sorgato, 2015). La maison évaluée présente une consommation nettement moins importante.
- **Consommation d'électricité :** La famille qui habite dans la maison évaluée consomme 1583,68 kWh/ an. La moyenne de consommation en Equateur dans la région côtière de 1704 kWh/ an. La maison consomme un peu moins que la moyenne tout en sachant que c'est une famille de 7 membres.

Score : 10/10

1.4.2.6. Disponibilité des services basiques (eau potable, électricité, système d'assainissement)

La maison évaluée ne dispose pas de tous les services basiques. Seule l'électricité leur est fournie par réseaux. Néanmoins, selon l'auteur de l'outil, Runa Allpa Sumac veut s'approcher le plus possible de l'aspect culturel des gens. Pour lui, la disponibilité des services basiques est une réalité occidentale. Tous les services basiques ne sont pas forcément nécessaires en accord avec les cultures. « On ne peut pas exiger et donner de l'électricité à un natif de la jungle qui n'a jamais eu besoin de cela » dit Cordero, créateur de Runa Allpa Sumac.

Score : 6/10

1.4.2.7. Evite risques de désastres

Ce type de logement est adéquat face à deux désastres naturels qui peuvent arriver dans la zone où il est construit. D'abord, les dangers des inondations ; elles sont dues aux intenses pluies provoquées par le phénomène « el niño » qui affecte principalement les côtes de la zone

équatoriale. L'élévation que présente la maison de 1,70m fait que les inondations n'affectent pas les habitants ni les biens matériels.

Ensuite, puisque l'Equateur est situé dans une zone de risque de tremblements de terre, il est nécessaire que les structures et habitations soient assez résistantes. En 2016, un tremblement de terre de 7,8 (BBC MUNDO, 2016) a affecté la Province de Manabí (où la maison est située) Esmeraldas et Guayas. De façon surprenante, les maisons élaborées en caña guadua ont le mieux résisté. En effet, le matériel est très léger, « En cas de tremblement de terre la structure bouge avec le tremblement de terre et retourne à sa position originale » signale l'architecte Cardoso dans une interview pour le journal BBC (BBC MUNDO, 2016). De nombreuses structures en caña sont restées sur pied lors du tremblement de terre.

La maison évaluée fait partie des survivants. La famille a commenté lors de notre arrivé que même si la structure en caña et en bois n'a pas souffert des dommages, les supports en ciment ont dû être renforcés en plaçant des piquets de caña guadua, car il se sont inclinés (voir Image 29). Pour cette raison la maison aussi a penché de quelques degrés à droite. A l'heure actuelle deux piquets en bois supportent la structure.



Image 29 : Vue de la maison en caña, la maison s'est inclinée de quelques degrés suite au tremblement de terre en 2016.

Score : 10/10

Chapitre IV - Evaluation Belgique

1. EVALUATION DE LA MAISON BELGE – SAINT VITH

1.1. Contexte

La maison évaluée est une nouvelle construction (7 ans), son objectif est d'être autonome. Pour cela, il y a une pompe à chaleur (PAC) reliée à un système de ventilation double flux avec récupérateur de chaleur. L'alimentation en électricité de la PAC se fait au moyen de l'électricité produite par des panneaux photovoltaïques intégrés sur le toit. Le système d'émission de la chaleur est intégré au bâtiment par le sol (plancher chauffant) et régulé au moyen des horaires de temps (jour-nuit) ou option vacances.

Le bâtiment est situé dans la commune de Saint-Vith, appartenant à la province de Liège en région Wallonne – Belgique. Le cadre de vie s'avère tranquille, libre de pollution acoustique, lumineuse et atmosphérique.

L'architecte, le maître d'ouvrage et les futurs occupants ont travaillé ensemble pour la création de ce projet contemporain, qui doit offrir tous les services nécessaires pour atteindre un confort optimal. La famille qui réside dans ce logement est composée de 3 membres, deux adultes et un enfant.

Vous pourrez retrouver les plans architecturaux de la maison en annexe 6

1.2. Evaluation avec BREEAM

1.2.1. Confort humain

1.2.1.1. Performance acoustique

Critère 1 : Condition Préalable : Un acousticien qualifié (SQA) est engagé par le client au moment approprié dans le processus de projet (mais pas plus tard qu'en fin de l'étape de conception) pour fournir des conseils au début du projet sur :

- Les sources externes de bruit impact sur le site choisi ;
- La mise en page du site et le zonage du bâtiment pour une bonne acoustique ;
- Les exigences acoustiques pour les utilisateurs ayant des besoins spéciaux et de communication auditive ;
- Le traitement acoustique des différentes zones et façades.

Aucun acousticien a été engagé pour fournir des conseils au début du projet. Puisque ceci est une condition préalable le logement obtient une note de zéro, aucun crédit ne peut être alloué.

Critère 8 (jusqu'à 4 crédits) : Le bâtiment répond aux normes de performance acoustique et les exigences d'essai :

- Les valeurs d'isolation acoustique aérien et d'impact sont conformes aux normes d'amélioration de la performance, par rapport aux réglementations nationales pertinentes énoncées dans le tableau 23 (en annexe 1)

- Niveaux d'isolation acoustique aériens et d'impact sont conformes aux normes de performance décrites dans le tableau 24 sauf indication contraire à ces critères.

Critère 10 : Le nombre de crédits accordés dépendra de l'amélioration des réglementations nationales déterminées selon le [tableau 23](#)

La norme belge sur la performance acoustique est la norme NB S01-400-1. Selon le maître d'ouvrage en charge de la maison, aucune mesure n'a été effectuée pour déterminer la performance acoustique du bâtiment. Ces mesures n'ont pas pu être effectuées par l'auteur de cet TFE, car les moyens techniques nécessaires au calcul de la performance acoustique n'étaient pas disponibles. Ce critère se voit annulé.

Score performance acoustique : 0/ 4

1.2.1.2. Confort visuel

« Jusqu'à quatre crédits. Rubrique lumière naturelle (dépend du type de bâtiment)

Critère 4 : Les critères de lumière du jour ont été satisfaits en utilisant l'option suivante :

4.a. Les zones importantes de la maison répondent aux facteurs de lumière du jour tels que décrits dans le tableau 10 et le tableau 11 » (BREEAM, 2016)

Tableau 10 : Valeurs minimales du facteur de lumière du jour moyen requis

Type de bâtiment ou de surface	Facteur jour moyen requis par latitude (degrés)						Surface minimale (m²) à respecter	Autres exigences
	≤ 40	40-45	45-50	50-55	55-60	≥ 60	1 Crédit	2 crédits
Logements résidentiels (4 crédits disponibles **)								
Cuisine	1,5%	1,7%	1,8%	2,0%	2,1%	2,2%	-	80%
Salons, salles à manger, études (y compris bureaux à domicile)	1,2%	1,3%	1,4%	1,5%	1,6%	1,6%	-	80%

Figure 10 : Valeurs minimales du facteur de lumière du jour moyen. Source : (BREEAM,2016)

Tableau 11: Critères d'uniformité de la lumière du jour

Ref	Critères
(B)	Au moins 80% de la pièce a une vue sur le ciel depuis la hauteur du bureau ou de la table (0,85 m dans les immeubles résidentiels et les établissements résidentiels, 0,7 m dans d'autres bâtiments).

Figure 11 : Tableau 11 du référentiel BREEAM. Source (BREEAM,2016)

Tableau 10 : Saint -Vith est situé sur la latitude 50°.27' (GPS.net, 2017). Dès lors on prend la quatrième colonne correspondante à 2, 0% (cuisine) et 1,5% (salon) pour cette évaluation.

Le référentiel BREEAM propose des valeurs minimales différentes pour la cuisine et pour le living. Or, dans cette maison, les deux espaces sont unis. La valeur la plus haute sera prise en compte, à savoir 2, 0%. Pour évaluer, le facteur moyen de lumière du jour on utilise la formule issue de l'ouvrage « Construction Sciences and Materials » (Virdi, 2012), ainsi que la formule proposée par le site web énergie plus. Ceci à défaut de formule proposée par BREEAM.

- « Facteur moyen de lumière du jour = $\frac{W}{A} \frac{T_0}{(1-R^2)}$
- Dont :
- W : la surface des fenêtres (m2)
 - A : la surface totale des surfaces internes (m2)
 - T : facteur de transmission lumineuse du vitrage corrigé à cause de la saleté
 - θ : angle du ciel visible depuis le centre de la fenêtre, exprimé en degrés
 - R : facteur de réflexion moyen des surfaces A » (Virdi, 2012)

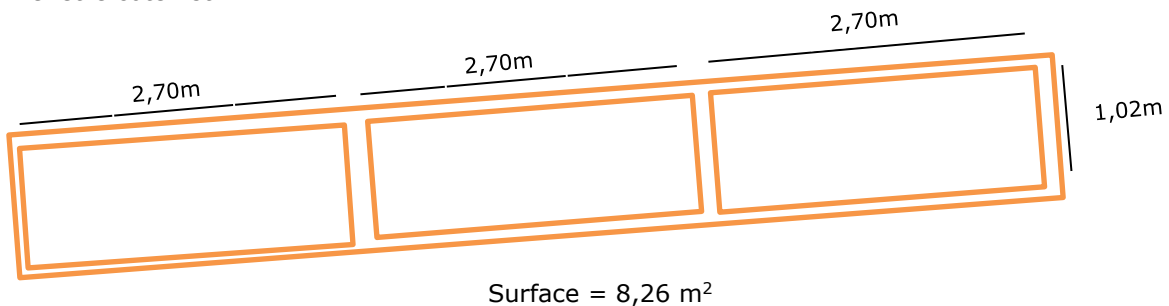
Et

$$^{*}FLJ_{\text{moy}} = S_f \times TL \times a / (S_t \times (1 - R \times R))$$

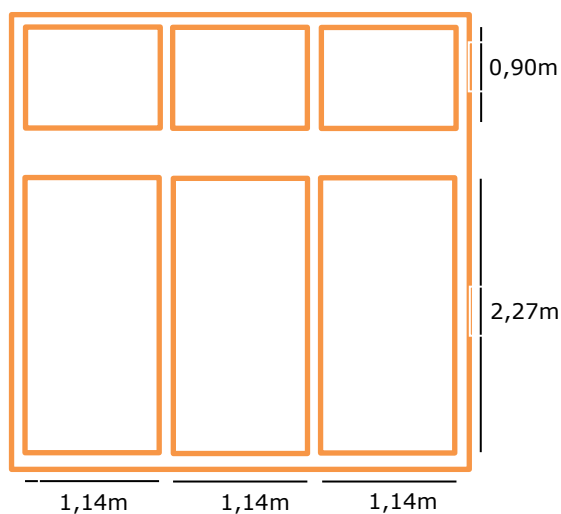
- S_f = surface nette de vitrage (ouverture de baies moins 10% pour les châssis).
- TL = facteur de transmission lumineuse du vitrage, dont on déduit 10 % pour saleté.
- a = angle du ciel visible depuis la fenêtre, exprimé en degrés. Par exemple, il vaut 90° si aucun masque n'est créé par des bâtiments ou l'environnement en face de la fenêtre. Il vaut 60° si un bâtiment crée un ombrage entre le sol et les 30 premiers degrés.
- S_t = surface totale de toutes les parois du local, y compris celle des vitrages
- R = facteur de réflexion moyen des parois du local (prendre 0,5 par défaut) » (energieplus, 2017)

Surface des fenêtres :

Fenêtre côté Est :

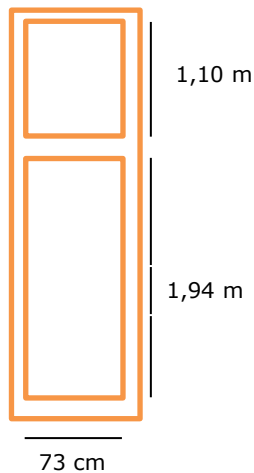


Porte fenêtre donnant sur la terrasse :



$$\text{Surface vitrée totale} = 3,078 \text{ m}^2 + 7,77 \text{ m}^2 = 10,84 \text{ m}^2$$

Porte vitrée donnant sur l'entrée de la maison côté jardin ouest. :



Surface vitrée totale = $0,80\text{m}^2$
 $+1,41\text{m}^2=2,216\text{m}^2$

Fenêtre côté ouest :



Surface vitrée totale = $0,57\text{m}^2$
 $+0,26\text{m}^2=0,83\text{m}^2$

Surface vitrée de toute la pièce : $22,15\text{m}^2$

Surface total des surfaces internes (m^2) : $181,588\text{m}^2$

- Longueur : 11,30m
- Largeur : 4m
- Hauteur : 2,98m

$$=2 \times (11,30 \times 2,98 + 4 \times 2,98) + 11,30 \times 4 + 11,30 \times 4 = \mathbf{181,588 \text{ m}^2}$$

Transmission lumineuse du vitrage (TL ou T) : 0,7 selon les fiches techniques des fenêtres.

Angle de vue (a ou θ) : 80° (une moyenne de toutes les fenêtres a été effectuée)

Facteur de réflexion : 0,5

Résultat avec la formule proposée par l'ouvrage « Construction Sciences and Materials » = $\frac{W}{A} \frac{T_0}{(1-R^2)}$

Ainsi : $\frac{22,15}{181,59} * \frac{0,7*80^\circ}{(1-0,5^2)} = \mathbf{9,11\%}$

Ou avec la formule proposée par le site web énergie plus « FLJmoy = $S_f \times TL \times a / (S_t \times (1 - R \times R))$ » (energieplus, 2017).

Ainsi : $22,15\text{m}^2 * 0,7 * 80^\circ / (181,59\text{m}^2 * (1 - 0,5 \times 0,5)) = \mathbf{9,11\%}$

Le facteur de lumière du jour moyen obtenu (9,11%) dépasse largement le pourcentage minimal exigé par BREEAM dans le critère 4.

En parallèle à l'évaluation du (FLJM), les deux séjours doivent répondre aux exigences du tableau 11 (voir Figure 11 page 66) sur l'uniformité de la lumière du jour qui précise : « au moins 80% de la pièce a une vue du ciel depuis un bureau ou une table d'hauteur (0,85m en logements et en institutions résidentiels) » (BREEAM,2016). Dû la conception du bâtiment, la vue du ciel est presque totale à partir de 80% de la pièce (voir Image 30). Ce critère est donc accompli.



Image 30: Vue général de la pièce de vie. (Saint-Vith)

Bilan : la pièce respecte les exigences des tableaux 10 et 11 du critère 4, raison pour laquelle la maison obtient 4 points.

Score confort visuel : 4/4

1.2.1.3. Confort thermique

« Rubrique - Modélisation thermique (1 crédit)

Une modélisation thermique (ou une mesure analytique des niveaux de confort thermique du bâtiment) a été effectuée en utilisant l'indice de vote moyen prévisible (PMV) et le pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD) selon ISO 7730: 2005 1 prenant en compte le rapport complet des variations saisonnières. » (BREEAM,2016).

Aucune modélisation thermique en utilisant le PMV ou PPD n'a été effectuée dans l'étape de conception. Néanmoins, l'auteure de ce travail a réalisé des mesures thermiques de PMV et PPD lors de l'étape d'utilisation, selon la norme ISO 7730 :2005.

Les mesures ont été effectuées avec l'instrument testo 480. Cet appareil se trouve en conformité avec la norme ISO 7730/2005, comme demandé par le référentiel BREEAM. Les mesures ont été effectuées pendant le mois de juillet pendant 105 heures. Du vendredi 28 juillet à 10h jusqu'au mardi premier août à 19h.

Les mesures ont été effectuées en prenant en compte un habillement constaté de 1 clo et une activité métabolique de 100 W/m².

Un PMV de 0,62 et un PPD de 14,66% sont les valeurs constatées par l'instrument testo 480. Selon Roulet, la maison est satisfaisante si le PPD ne dépasse pas 20% (Roulet, 2004).

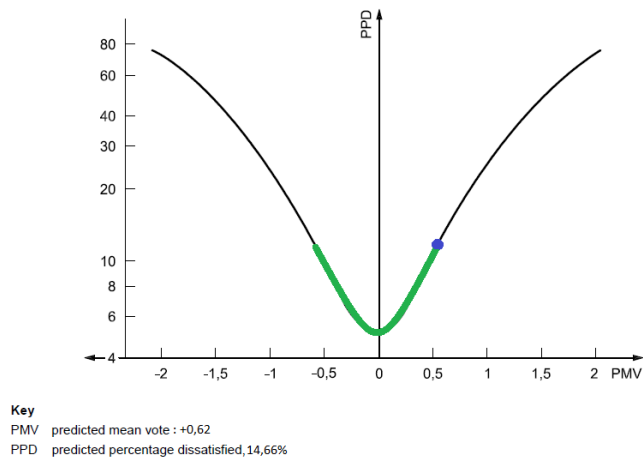


Figure 12 : PMV et PPD de la maison évaluée (Saint Vith)

	Température °C	Température moyenne radiante °C	Humidité relative (%)	Vitesse de l'air m/s	PMV	PPD
Max	27,20	27,60	62,20	0,22	1,16	33,50
Moyen	25,39	25,33	52,52	0,08	0,62	14,66
Min	23,40	23,00	42,80	0,01	0,07	5,10

Tableau 5 : Valeurs obtenues lors des mesures PMV et PPD (Saint Vith)

« 2. Les critères de confort thermique local ont été utilisés pour déterminer le niveau de confort thermique dans le bâtiment, en particulier les températures intérieures d'hiver et d'été seront conformes aux critères de confort recommandés dans ISO 7730: 2005, concernant les zones que représentent insatisfaction locale»(BREEAM,2016).

« 3 Les niveaux de confort thermique dans les espaces occupés répondent aux exigences de la catégorie B énoncées dans le tableau A.1 de l'annexe A de l'ISO 7730: 2005»(BREEAM,2016).

Table A.1 — Categories of thermal environment

Category	Thermal state of the body as a whole		Local discomfort			
	PPD %	PMV	DR %	PD % caused by		
				vertical air temperature difference	warm or cool floor	radiant asymmetry
A	< 6	- 0,2 < PMV < + 0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	- 0,5 < PMV < + 0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	- 0,7 < PMV < + 0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

Figure 13 : Catégories d'environnement thermique. Source : norme ISO 7730 :2005.

- **DR (draught rate) ou sécheresse :** Pour calculer cela on a employé la formule proposée par la norme ISO 7730:2005 « $DR = ((34 - t_{a,l})(\bar{v}_{a,l} - 0.05))^{0.62} (0.37 \cdot \bar{v}_{a,l} \cdot T_{u,l} + 3.14)$ » formule numéro 6 de la page 6.

$\bar{v}_{a,l}$ = vitesse de l'air, quand la vitesse du vent est moins de 0,5 m/s on utilise 0,5 m/s

$t_{a,l}$ = Temperature de l'air local

$T_{u,l}$ = intensité de la turbulence locale, entre 10% et 60%, par défaut prendre 40%

Ainsi :

$$\bar{v}a, l = 0,08$$

$$ta, l = 25,3^{\circ}\text{C}$$

Les valeurs prises sont les valeurs moyennes obtenus lors des mesures PMV et PPD.

$$DR = (34 - 25,3)(0,08 - 0,05)^{0,62}(0,37 \cdot 0,08 \cdot 40\% + 3,14) = 3,12\%$$

- **Différence verticale de température de l'air** : On emploie également la formule numéro 7 proposée par la norme ISO 7730 dans la page 6 « $PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \cdot \Delta ta, v)}$ »

$\Delta ta, v$ = différence verticale de température entre la tête et les pieds : ($1,4^{\circ}\text{C}$). Les mesures ont été effectuées deux fois (le matin et l'après-midi)

$$\Delta ta, v = 1,4, \text{ selon deux mesures effectuées au matin et l'après - midi}$$

$$\text{Ainsi } PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \cdot 1,4)} = 1,034\%$$

- **Murs chauds et sol froid** : Cette formule est issue de la norme ISO 7730, formule 8 issue de la page 8.

$$PD = 100 - 94 \cdot \exp(-1,387 + 0,118 \cdot tf - 0,0025 \cdot tf^2)$$

Tf : température du sol, $^{\circ}\text{C}$

$$\text{Ainsi : } tf = 26,5$$

$$100 - 94 \cdot \exp(-1,387 + 0,118 \cdot 26,5 - 0,0025 \cdot 26,5^2) = 7,45\%$$

- **Asymétrie radiante** : Il s'agit de mesurer l'inconfort d'asymétrie radiante causé par les murs et les toitures chauds et froids. Puisque l'évaluation est effectuée en été et que le temps ne permet pas d'effectuer des mesures en hiver, l'inconfort causé par les murs et les toitures chaudes sera analysé.

Pour ce faire, on utilise les formules 9 et 12 proposées par la norme ISO 7730 :2005 à la page 9. Les voici :

$$PD \text{ toiture chaude} = \frac{100}{1 + \exp(2,84 - 0,174 \cdot \Delta t_{pr})} - 5,5$$

$$\Delta t_{pr} < 23^{\circ}\text{C}$$

$$PD \text{ mur chaud} = \frac{100}{1 + \exp(3,72 - 0,052 \cdot \Delta t_{pr})} - 3,5$$

$$\Delta t_{pr} < 35^{\circ}\text{C}$$

Pour connaître le Δt_{pr} on doit effectuer (INNOVA, 1997): $t_{pr} = \sqrt[4]{\sum_n F_{pl-i} (t_i + 273)^4} - 273$

T_i = température de surface i

F_{pl-i} = Facteur d'angle entre une surface petite et la surface

Le facteur d'angle doit se calculer en fonction de la position des surfaces : ainsi quand l'élément est parallèle à la surface (voir Figure 14) l'équation suivante s'applique (Wang, Meng, Zhang, Yulan, & Enshen, 2014) :

$$F_{a1-a2} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \tan^{-1} \frac{y}{\sqrt{1+x^2}} + \frac{y}{\sqrt{1+y^2}} \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{1+y^2}} \right)$$

$$\text{Dont } x = \frac{a}{c} \text{ et } y = \frac{b}{c}$$

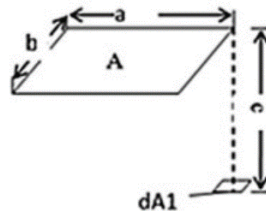


Figure 14 : élément parallèle à la surface. Source : (Wang, Meng, Zhang, Yulan, & Enshen, 2014)

Par contre, quand l'élément est perpendiculaire à la surface (voir Figure 15), l'équation suivante s'applique (Wang, Meng, Zhang, Yulan, & Enshen, 2014) :

$$F_{a1-a2} = \frac{1}{2\pi} \left(\tan^{-1} \frac{1}{y} - \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \tan^{-1} \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right)$$

$$\text{Dont } x = \frac{a}{c} \text{ et } y = \frac{b}{c}$$

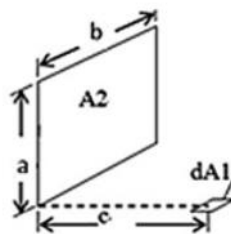


Figure 15 : élément perpendiculaire à la surface. Source: (Wang, Meng, Zhang, Yulan, & Enshen, 2014)

Calcul mur chaud : Les murs est et ouest ont été pris en compte pour la mesure de l'asymétrie radiante des murs chauds. Le mur est étant le plus chaud, la température de surface (moyenne des températures des différentes mesures faites) a été de 27,2°C. La température de surface ouest (moyenne des températures des différents mesures faites) a été déterminée à 26 °C.

$$x_{mur\ est} = \frac{2,97}{1,80}$$

$$x_{mur\ ouest} = \frac{2,97}{2,05}$$

$$y_{mur\ est} = \frac{4}{1,80}$$

$$y_{mur\ ouest} = \frac{2,97}{2,05}$$

Ainsi le pourcentage d'insatisfaction :

$$PD\ mur\ chaud = \frac{100}{1 + \exp(3,72 - 0,052 \cdot \Delta t_{pr})} - 3,5 = 8,19\%$$

Toiture chaude :

Température de surface toit : 27,2 °C (moyennes des mesures faites)

Température du plancher : 26,9 °C (moyennes des mesures faites)

Les mesures ont été réalisées deux fois pendant la journée, le matin et l'après-midi, dans 6 points de la surface.

$$x_{toit} = \frac{11,30}{1,77}$$

$$y_{toit} = \frac{4}{1,77}$$

$$x_{plancher} = \frac{11,30}{1,2}$$

$$x_{plancher} = \frac{4}{1,20}$$

Pourcentage d'insatisfaction :

$$PD\ toiture\ chaude = \frac{100}{1 + \exp(2,84 - 0,174 \cdot \Delta t_{pr})} - 5,5 = 10,84\%$$

Bilan : Les niveaux de confort thermique correspondants à la catégorie B ou catégorie avec un confort moyen du tableau A.1. de la norme ISO 7730 :2005 ne sont pas atteints.

Table A.1 — Categories of thermal environment

Category	Thermal state of the body as a whole		Local discomfort			
	PPD %	PMV	DR %	PD % caused by		
				vertical air temperature difference	warm or cool floor	radiant asymmetry
A	< 6	- 0,2 < PMV < + 0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	- 0,5 < PMV < + 0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	- 0,7 < PMV < + 0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

- PPD=14,66%
- PMV =0,62

- DR= 13,2%
- PD différence de la température verticale =1,03%
- PD sol chaud ou froid = 7,45%
- Asymétrie radiante : mur chaud : 8,19% et toiture chaude :10,84%

Un crédit - zonage et contrôles thermiques

10. L'analyse de la modélisation thermique (entreprise pour l'accomplissement des critères 1 à 4) ainsi que la stratégie de contrôle des températures a été transmise à ses utilisateurs.

Aucune modélisation thermique n'a été effectuée, dès lors le critère est annulé.

11. La stratégie pour les systèmes de chauffage ou de refroidissement proposés démontre que ce qui suit a été abordé :

11.a Les zones situées dans le bâtiment et la façon dont les services de construction pourraient efficacement et adéquatement chauffer ou refroidir ces zones. Par exemple, considérez les différences du noyau central d'un bâtiment par rapport au périmètre externe adjacent aux fenêtres

La maison n'a pas de système de refroidissement, seulement un système de chauffage est prévu pour faire face à la période hivernale. Puisque l'évaluation des différentes sous-thématiques, a été réalisé pendant le mois de juillet 2017, aucun système de climatisation n'était en route. Néanmoins, des mesures ont été effectuées pour permettre de percevoir si les « services de construction » peuvent effectivement refroidir le bâtiment. Ainsi, on constate que les températures des fenêtres et des murs extérieurs sont de 0,2 à 0,6 C plus hautes que les températures trouvées dans les murs intérieurs. Néanmoins, ceci n'est pas suffisant pour considérer un refroidissement effectif, d'ailleurs c'est pendant les heures où les mesures ont été réalisées (18h et 20h) que le pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD) a dépassé les 16%.

Lors de l'évaluation avec le référentiel Ref-B, un calcul PEB a permis d'enregistrer 13 197 Kh de surchauffe.

« **11.b** Le degré de contrôle des occupants requis pour ces zones, en fonction des discussions avec l'utilisateur final (ou, en variante, du type de bâtiment ou d'un guide de conception spécifique, des études de cas, des commentaires) considère :

11.bi. Connaissance des utilisateurs des services de construction.

11.b.ii. Connaissance du type d'utilisation et des fonctions de chaque pièce (et donc le niveau de contrôle approprié requis).

11.b.iii. Comment l'utilisateur est susceptible d'opérer ou d'interagir avec les systèmes, par exemple, ils sont susceptibles d'ouvrir des fenêtres, d'accéder aux vannes de radiateur thermostatiques (TRV) sur les radiateurs, de modifier les paramètres de climatisation etc.

11.b.iv Les attentes de l'utilisateur (cela peut différer en été et en hiver) et le degré de contrôle individuel (c.-à-d. L'obtention de l'équilibre entre les préférences des occupants, par exemple certains occupants préfèrent l'air frais alors que d'autres détestent les courants d'air) »(BREEAM,2016).

La connaissance des occupants est assez précise. En effet, ce sont eux qui ont construit leur maison grâce à l'aide d'un architecte, qui, selon eux, prenait en compte tous leurs souhaits. Le contrôle thermique de la maison s'effectue de manière automatique en fonction d'une plage horaire (matin, midi, après-midi, soirée et nuit). Ils mentionnent l'existence de la configuration « vacances » qui permet de réduire l'utilisation du chauffage au minimum.

En ce qui concerne l'opération des systèmes, un thermostat est disponible au milieu du salon, ce qui permet le contrôle du niveau de chauffage. Le contrôle du débit de ventilation est aussi possible grâce à la mise en place d'un appareil de contrôle.

La porte-fenêtre, coté terrasse ; la porte vitrée côté rue ainsi qu'une fenêtre côté rue, peuvent s'ouvrir, ceci correspond à une surface de 9,76m² (la surface vitrée est de 22,15m²). Pour les occupants, cette surface est suffisante pour avoir la sensation de contrôler leur environnement.

Un des occupants mentionne que, pendant quelques jours en hiver, il a une sensation de froid le matin. Il laisse donc le thermostat à l'extérieur pour permettre d'élever la température rapidement. En ce qui concerne leurs attentes, aucune n'est mentionnée.

11.c « Comment les systèmes proposés vont interagir entre eux et comment ceci va affecter le confort thermique des occupants » (BREEAM, 2016).

Les panneaux photovoltaïques alimentent en électricité la pompe à chaleur (PAC)

Le système de ventilation est un système mécanique type D, qui incorpore un récupérateur de chaleur. La chaleur récupérée sera réutilisée ensuite par la pompe à chaleur (PAC) pour réchauffer la maison.

« **11.d** Le besoin ou pas d'une commande manuelle accessible à destination du bâtiment pour chaque système automatique » (BREEAM, 2016).

Lors de la visite, on a constaté l'existence d'un manuel d'utilisation à côté de l'appareil de ventilation et de la pompe à chaleur. De la même manière, le bâtiment possède des commandes manuelles tels que le thermostat et l'appareil de contrôle de débit d'air de ventilation.

Bilan : La maison ne respecte pas les niveaux de confort thermique du tableau A.1 de l'annexe A de l'ISO 7730 : 2005 (voir Figure 13 page 70) nécessaire à l'accomplissement du critère « modélisation thermique ». Néanmoins un crédit est attribué grâce au respect du critère relatif au « zonage et contrôles thermiques ».

Score confort thermique : 1/ 2

1.2.1.4. Qualité de l'air intérieur

Minimisation des sources de pollution,

Ventilation – 1 crédit. Ceci sera évalué en accord avec les critères 4, 5 et 6. Le critère 6 étant annulé.

« **Critère 4.** Fournir de l'air frais dans le bâtiment conformément aux critères de la norme nationale et les meilleures pratiques en matière de ventilation » (BREEAM, 2016).

La législation belge relative à la ventilation est la norme : NBN D50-001. Afin d'assurer une ventilation de base la norme prévoit un débit de 3,6 m³/h par m². Le débit nominal devra être de $q_N = 3,6 \times \text{Surface} [\text{m}^3/\text{h}]$ (Institut belge de la Normalisation, 1991).

La norme NBN D50-001 a été prise en compte au moment du dimensionnement du système lui-même. Ainsi les calculs effectués par la société Air Ambiance sont les suivants :

	LOCAUX ou ESPACES	Débits de ventilation			Local	Surface de plancher intérieur (m²)	Débit réel q_v (m³/h)
		Nominaux	Min. (m³/h)	Limite (m³/h)			
2.	2.1. Séjour et équivalents	3.6 m³/hm²	75	150	Séjour	28,4	110
					Salle à manger		
	2.2. Chambres, bureaux et équivalents	3.6 m³/hm²	25	72	Chambre 1	12,6	48
					Chambre 2	12,5	50
	TOTAUX ALIMENTATION					$q_{va} = (\Sigma q_{vi})_a =$	208 (m³/h)
	3.	3.1. Cuisine, salle de bains, buanderie et équivalents	3,6 m³/hm²	50	75	Cuisine	16,05
Salle de bains						7	58
Dressing						5	52
3.2. WC		25 m³/h	25		WC 1	1,35	28
					WC 2	1,35	30
TOTAUX EVACUATION					$q_{ve} = (\Sigma q_{vi})_e =$	230 (m³/h)	

Figure 16 : calculs des débits d'alimentation et d'évacuation du système de ventilation- maison évaluée de Saint-Vith. Source : documentation fournie par le maître d'ouvrage.

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un anémomètre testo type 416. On constate un débit réel de pulsion de 208 m³/h, ainsi qu'un débit d'extraction de 230m³/h.

Selon la norme :

ALIMENTATION EN AIR FRAIS			TRANSFERT	ÉVACUATION DE L'AIR VICIÉ		
LOCAUX SECS			OUVERTURES DE TRANSFERT	LOCAUX HUMIDES		
	SÉJOUR	CHAMBRE, BUREAU, SALLE DE JEUX		CUISINE OUVERTE	CUISINE FERMÉE, SDB, BUANDERIE	W.-C.
DÉBIT MINIMUM	75 m³/h	25 m³/h	débit minimum ou section libre ⁽¹⁾ : 25 m³/h ou 70 cm² ⁽²⁾	75 m³/h	50 m³/h	25 m³/h
DÉBIT MAXIMUM	150 m³/h ou 2q _N	36 m³/h par personne ou 2q _N	pour cuisine fermée: 50 m³/h ou 140 cm² ⁽³⁾	pas de limite	75 m³/h	25 m³/h

⁽¹⁾ Il s'agit de la section libre des ouvertures de transfert lorsqu'elles sont constituées de fentes sous les portes.
⁽²⁾ En approximation: 70 cm² correspond à une fente de 1 cm de haut pour une porte de 70 cm de large.
⁽³⁾ En approximation: 140 cm² correspond à une fente de 2 cm de haut pour une porte de 70 cm de large.

Figure 17 : Débits minimums et maximums d'accord avec la norme : NBN D50-001. Source : (Jean-Marie Hauglustaine, 2011)

Pour les locaux humides type cuisine ouverte, seule un débit minimum de 75 m³/h doit être prévu, il n'y a pas de limite de débit d'extraction. Selon les mesures effectuées, la cuisine n'atteint pas le débit minimum requis. Néanmoins, le débit du reste des locaux est en accord avec la norme.

La localisation de la cuisine (à côté d'une porte fenêtre d'une surface de 10,84m²) permettra d'avoir un débit de ventilation important dans un temps court.

Score critère 4 : dû à l'accomplissement de la législation belge (norme NBN D50-001) 0,5/0,5 crédit est attribué

« **Critère 5.** L'emplacement des prises d'air frais est conçu pour minimiser l'entrée de polluants atmosphériques dans le bâtiment, comme suit:

5.a Dans des bâtiments ou espaces climatisés et en mode mixte:

5.ai L'emplacement des prises d'air et des échappements du bâtiment, l'un par rapport à l'autre et les sources externes de pollution, est conçu conformément à la norme EN 13779: 2007 1 Annexe A2 (voir CN3 pour les méthodes alternatives de conformité).

L'annexe A2 de la norme EN 13779 :2007 prévoit en règle générale :

« Le système de conduit devrait être aussi court que possible. Ceci, pour limiter la perte de pression et la demande d'énergie, »(Comité européen de la normalisation, 2007)

Le système de conduits d'amenée d'air a une distance de 1,27mètre et celle de rejet d'air une distance de 1,10 mètre. Comme aperçu dans l'image 31 l'installation est placée de manière à être proche des ouvertures d'amène et de rejet d'air.



Image 31 : Système de ventilation D, conduits d'alimentation et d'extraction d'air.

« Cependant, les conditions suivantes doivent être remplies.

- L'ouverture d'admission pour l'air extérieur doit être agencée de telle sorte que l'air extérieur entrant dans le système soit aussi loin que possible : propre, sec (sans pluie, etc.) et frais en été.
- L'air pollué doit être déchargé à l'extérieur afin de minimiser les risques pour la santé ou les effets néfastes causés au bâtiment, à ses occupants ou à l'environnement. » (Comité européen de la normalisation 2007).

Les recommandations par rapport aux ouvertures d'air vont dépendre de la qualité de l'air extrait du bâtiment. Dans ce cas, la norme propose une classification en accord avec la qualité de l'air absorbée et à la qualité d'air extrait du bâtiment. Ainsi, le logement se trouve en catégorie ETA 1, EHA 1 qui décrit « l'air absorbé avec des niveaux bas en pollution »

De manière précise la norme EN 13779 :2007 propose les recommandations suivantes :

1. Ouvertures d'admission d'air :

- « Aucune prise d'air ne doit être située à moins de 8 m d'une distance horizontale d'un point de collecte des ordures, une aire de stationnement fréquemment utilisée pour trois voitures ou plus, des allées, des zones de chargement, des évènements d'égout, des cheminées et d'autres sources polluantes similaires » (Comité européen de la normalisation 2007).

Selon les constats faits sur place, aucune source de pollution se trouve autour de 8 mètres, la prise d'air se trouve près d'une terrasse aménagée.

- « Une attention particulière doit être accordée à l'emplacement et à la forme des ouvertures à proximité des systèmes de refroidissement par évaporation afin de minimiser le risque d'étalement des impuretés dans l'air d'alimentation.
- Aucune ouverture d'admission d'air ne doit être placée dans les directions principales du vent à partir des systèmes de refroidissement par évaporation » (Comité européen de la normalisation 2007).

Aucun système de refroidissement n'est présent.

- « Aucune prise d'air ne doit être positionnée sur une façade exposée à une rue animée. Là où il s'agit du seul emplacement possible, l'ouverture doit être positionnée au-dessus du sol le plus possible » (Comité européen de la normalisation 2007).

Même si la maison est localisée dans une route peu fréquentée, les ouvertures d'amène d'air ne se trouvent pas face à la rue.

- « Aucune prise d'air ne doit être positionnée lorsqu'un reflux d'air d'extraction, des émissions d'odorants ou autre perturbation polluante sont attendus (voir aussi A.2.4) » (Comité européen de la normalisation 2007).

Pas de pollution prévue.

- « Aucune prise d'air ne doit être positionnée juste au-dessus du sol. Par exemple, une distance d'au moins 1,5 fois l'épaisseur maximale prévue de neige entre le fond de l'admission et le sol est recommandée » (Comité européen de la normalisation 2007).

La prise d'air se trouve à 2,95 mètres de distance du sol.

- « Au-dessus du bâtiment ou lorsque les concentrations des deux côtés du bâtiment sont similaires, l'admission devrait être disposée sur le côté face au vent du bâtiment » (Comité européen de la normalisation 2007).

La prise d'air a été disposée en direction sud-ouest (voir Image 32). Sachant que les vents dominants en Belgique vont de sud à ouest (Institut Royal Météorologique, 2017), on considère que la prise d'air a été disposée de manière adéquate.

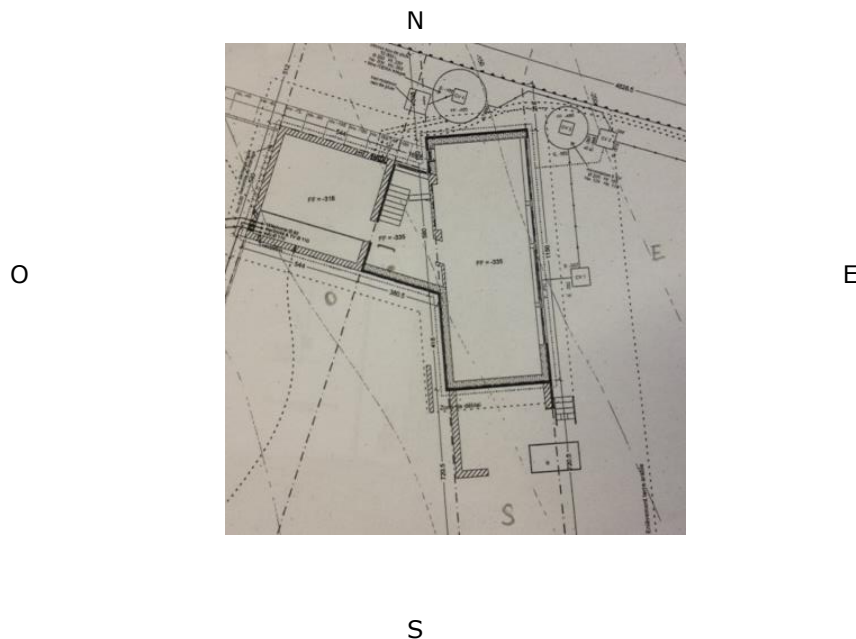


Image 32 : Plans de la maison évaluée (Saint Vith). Point Orange : prise d'air du système de ventilation. Source : Atelier Weiherof, architecte : Pascal Heinen

- « L'ouverture d'admission d'air adjacente à des endroits, des toits ou des murs non ombragés doit être agencée ou protégée, de tel sorte que l'air ne soit pas chauffé excessivement par le soleil en été » (Comité européen de la normalisation 2007).

Aucune protection solaire n'a été mise en place (voir Image 33)

« Lorsque le risque de pénétration de l'eau sous toute forme (neige, pluie, brouillard, etc.) ou de la poussière (y compris les feuilles) dans le système est évident, une ouverture non protégée doit être dimensionnée pour une vitesse d'air maximale dans l'ouverture de 2 ms⁻¹ (voir aussi EN 13030) » (Comité européen de la normalisation 2007).

Prenant en compte le débit maximal mesuré par l'entreprise « Air ambiance » : 294 m³/h et diamètre d'ouverture de 20cm, nous pouvons calculer la vitesse d'air à partir de la formule suivante :

$$qv = v * S$$

- qv = débit volumique en [m³/h]
- v : vitesse du fluide en [m/s]
- S : section de passage en [m²]

$$v = \frac{294}{\pi * 0,10^2} = 2,6m/s$$

La vitesse dépasse 2m/s

« La hauteur du fond d'une ouverture d'admission d'air sur un toit ou un pont devrait être d'au moins 1,5 fois l'épaisseur annuelle maximale prévue de neige. La distance peut être plus faible si la formation d'une couche de neige est exclue par exemple par un bouclier de neige » (Comité européen de la normalisation, 2007)

Pas d'ouverture sur le toit

- « Il faut tenir compte de la possibilité de nettoyage » (Comité européen de la normalisation, 2007)

La prise d'air est d'accès facile, son nettoyage est possible avec une échelle (voir Image 33)



Image 33 : : ouverture de prise d'air neuf du système de ventilation -maison évaluée (Saint Vith)

2. Ouvertures de rejet d'air :

- « La décharge de l'air pollué de la catégorie EHA 1 et EHA 2 par une ouverture à l'extérieur du mur du bâtiment est acceptable à condition que (Comité européen de la normalisation, 2007):
 - o La distance de l'ouverture de rejet d'air est à au moins 8 m d'un bâtiment adjacent; »(Comité européen de la normalisation, 2007)

L'ouverture de rejet d'air se trouve sur un mur vertical à 3,45 mètres du sol, elle donne sur la partie horizontale du toit de la maison. Aucun bâtiment ne se trouve près du logement.

- o « La distance de l'ouverture de décharge se trouve à au moins 2 m d'une ouverture d'admission dans la même paroi (si possible, l'ouverture d'admission devrait être inférieure à l'ouverture de décharge) » (Comité européen de la normalisation, 2007).

Les deux ouvertures d'amène et de rejet d'air ne se trouvent pas sur la même paroi, la distance horizontale entre elles est de 2,91 mètres. L'ouverture d'amène d'air se trouve à une distance vertical inférieure à l'ouverture de rejet d'air.

- « Le débit d'évacuation d'air ne dépasse pas $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ » (Comité européen de la normalisation, 2007)

Selon les fiches techniques du système de ventilation et les débits réels mesurés un débit de $230 \text{ m}^3/\text{h}$ est extrait du bâtiment, ceci correspond à $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$.

- « La vitesse de l'air dans l'ouverture de décharge est d'au moins $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ » (Comité européen de la normalisation, 2007)

Prenant en compte le débit maximal mesuré par l'entreprise air ambiance : $283 \text{ m}^3/\text{h}$ et diamètre d'ouverture = 20 cm , nous pouvons calculer la vitesse d'air à partir de la formule suivante :

$$qv = v * S$$

- $qv = \text{débit volumique en } [\text{m}^3/\text{h}]$
- $v : \text{vitesse du fluide en } [\text{m}/\text{s}]$
- $S : \text{section de passage en } [\text{m}^2]$

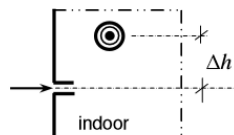
$$v = \frac{283}{\pi * 0,10^2} = 2,5 \text{ m/s}$$

La vitesse n'est pas suffisante.

3. Distance entre les ouvertures d'alimentation et de décharge d'air

Le minimum de distance entre les ouvertures d'admission et d'extraction sont données au tableau A.1. de la norme. Ainsi, la norme propose différents aménagements des ouvertures d'alimentation et de rejet d'air. L'illustration numérotée 15 de la norme semble être la plus proche de la réalité du système (Voir figure Figure 18).

15.
Intake in the façade below or equal to exhaust in a façade around the corner (outdoor angle $\geq 180^\circ$).



- | |
|--|
| <p>A $2l + \Delta h > 0,308 * \sqrt{qv}$</p> <p>B $l > 0,2 * \sqrt{B}$</p> <p>C not applicable</p> |
|--|

Figure 18 : figure correspondant à l'aménagement des ouvertures d'alimentation d'air et de rejet d'air. « L'ouverture de l'air se trouve plus basse ou égale à l'ouverture de rejet d'air. Ce dernier se trouvant sur une façade après le coin du mur (angle extérieur $\geq 180^\circ$) ». Source : (Comité européen de la normalisation, 2007)

C'est la situation A « situation de rejet d'air d'un système ventilation » qui correspond à cette évaluation. De ce fait, on applique la formulé proposée par la norme (fFigure 18) :

- $\Delta h = \text{hauteur verticale}$
- $l = \text{largeur mesurée depuis le centre des deux ouvertures.}$
- $qv = \text{rejet d'air en } l / s$

$$\text{Dès lors } = 2(2,91\text{m} + 0,50\text{m}) = 6,82\text{m} > 0,308 * \sqrt{60}l/s = 2,39\text{m}$$

Le système remplit le critère de la longueur nécessaire entre les ouvertures d'amené et de rejet d'air

Bilan critère 5 : 12/14 recommandations ont été respectées, en raison de cela 0,43/0,5 crédits seront attribués.

Critère 6. S'il y a lieu, les systèmes HVAC doivent intégrer une filtration appropriée pour minimiser la pollution atmosphérique externe, telle que définie dans EN 13779: Annexe 2007 A3

Le système de ventilation ne compte pas de système de filtre destiné à limiter la pollution de l'air. Le seul filtre présent est le filtre G4 localisé à la reprise d'air vicié et à l'aspiration d'air frais, son but est principalement de protéger l'échangeur.

Il faut souligner que les niveaux de polluants dans l'atmosphère à l'endroit où le logement est localisé sont assez bas par rapport aux teneurs limites stipulées par la norme EN 13799:2007 dans l'Annexe A3. Par exemple :

Les concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO₂) sont établies en 40 µg/m³ par la norme EN 13799:2007. Selon la Cellule Interrégionale de l'Environnement (CELINE) la moyenne annuelle (2015) de l'endroit où la maison est située est de 0 à 10 µg/m³(CELINE, 2017a).

Même constat pour les particules fines. Selon la norme, la teneur maximale moyen annuelle est de 40 µg/m³. Selon la Cellule Interrégionale de l'Environnement (CELINE), la moyenne annuelle (2015) de l'endroit où la maison est située est de 0 à 10 µg/m³(CELINE, 2017b).

Selon ces constats il est nécessaire d'annuler ce critère.

Bilan rubrique ventilation : Critère 4 : 0,5/0,5

Critère 5 : 0,39/0,5

Score rubrique ventilation : 0, 89/1 crédit

« 1 crédit : potentiel pour la ventilation naturelle

Critère 18: La stratégie de ventilation du bâtiment est conçue pour être flexible et adaptable aux besoins potentiels des occupants du bâtiment et aux scénarios climatiques. Cela peut être démontré comme suit :

18.a Les espaces occupés du bâtiment sont conçus pour être capables de fournir de l'air frais entièrement via une stratégie de ventilation naturelle. Les méthodes suivantes sont considérées comme satisfaisant ce critère en fonction de la complexité du système proposé :

18.ai La zone de fenêtre ouvrante dans chaque espace occupé équivaut à 5% de la surface de plancher interne brute de cette pièce ou plaque de plancher. Pour les chambres ou salles avec un plancher d'une profondeur entre 7 m et 15 m, la surface de la fenêtre ouvrante doit être sur des côtés opposés et répartir uniformément dans la zone afin de favoriser une ventilation croisée adéquate;»

Ou

18.a.ii La conception démontre que la stratégie de ventilation naturelle offre un flux d'air adéquat pour maintenir les conditions de confort thermique et les vitesses de ventilation requises»(BREEAM,2016).

Salon+ cuisine+ salle à manger

$$- \text{ Fenêtres ouvrantes } = 0,57 \text{ m}^2 + 7,77\text{m}^2 + 1,94 \text{ m}^2 + = 10,28 \text{ m}^2$$

- Surface plancher = 45,2 m²
- Pourcentage de fenêtre ouvrante = 22,7%

Chambre des parents

- Fenêtres ouvrantes = 0,14 m²
- Surface plancher = 12,6 m²
- Pourcentage de fenêtre ouvrante = 1,11%

Chambre enfant, il n'existe pas de fenêtre ouvrante.

Le salon- cuisine-salle à manger, même s'il remplit la condition de 5% des fenêtres ouvrantes par rapport au plancher, la pièce d'une longueur supérieure à 10m, ne remplit pas les conditions de ventilation croisée nécessaire pour la validation de ce critère.

En ce qui concerne les chambres à coucher, aucune des deux, ne remplit les conditions nécessaires.

Il est possible de maintenir des conditions de confort thermique en période estivale, dans la cuisine et la salle à manger, où les fenêtres ouvrantes les plus importantes se trouvent. Néanmoins dans le reste des pièces occupées une ventilation mécanique est nécessaire.

« La stratégie de ventilation naturelle est capable de fournir au moins deux niveaux de contrôle de l'utilisateur sur la fourniture d'air frais dans l'espace occupé.

REMARQUE : Les bâtiments résidentiels et les établissements résidentiels dotés d'appartements autonomes et de chambres individuelles doivent avoir un certain degré de fonction de fenêtre ouvrante. Cela n'a pas besoin de fournir deux niveaux de contrôle utilisateur (selon les critères 18 et 19), mais doit être contrôlé par l'occupant »(BREEAM,2016).

Le contrôle est possible dans la cuisine et une partie de la salle à manger. Ailleurs (salon, chambres) l'utilisateur n'a pas le contrôle de l'environnement.

Aucun crédit n'est attribué à la partie « potentiel de ventilation naturelle » : 0/1

Bilan qualité de l'air intérieur : Score ventilation : 0,93/1

Score potentiel de ventilation naturelle : 0/1

Score qualité de l'air intérieur : 0, 89/2

1.2.2. Bien-être social

1.2.2.1. Accessibilité

« Conception inclusive et accessible (résidentiel seulement)

Deux crédits

- **15** Lorsqu'il existe des normes nationales de meilleure pratique ou une législation locale qui couvre (au minimum) les exigences de la liste de contrôle « LIFETIME HOMES » (voir la liste de contrôle A4), le bâtiment évalué doit accomplir ces normes ou cette législation.
- **16** Lorsque le pays n'a pas de norme locale conforme, le développeur ou le concepteur doit évaluer le logement en utilisant la liste de contrôle A4) qui correspond aux critères « Lifetime Homes » »(BREEAM,2016).

Le concept d'accessibilité, n'est pas compris de la même manière pour BREEAM que pour la législation wallonne. En effet, la législation wallonne (en vigueur depuis Le 15 MAI 2014) a trois catégories pour l'inclusion et l'accès de tous : logement accessible, adaptable et adapté.

Le logement accessible comprend des normes pour un accès sécurisé. L'Article. 2. du chapitre II. « Caractéristiques techniques du logement accessible » de l'arrêté du gouvernement wallon, mentionne que : « Un logement aménagé dans un bâtiment à logements multiples ou une maison unifamiliale est **accessible** s'il répond aux caractéristiques techniques en matière de parking prescrites à l'article 415 du CWATUPE, et aux caractéristiques techniques en matière de voies d'accès, de portes, de couloirs, de cages d'escalier, de niveaux de locaux et d'ascenseur prescrites aux articles 415/1, 415/2, 415/3, 415/4 et 415/5 du Code wallon de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, du Patrimoine et de l'Energie »(Moniteur belge, 2014)

Cependant, le but de cette sous-thématique (accessibilité) est, selon BREEAM, de « reconnaître et encourager les mesures efficaces qui favorisent **l'utilisation et l'accès sécurisé** au bâtiment et à partir du bâtiment. ». L'utilisation est donc aussi un des paramètres à évaluer, pour cela, on devra prendre en compte également la législation concernant le logement adaptable. Cette législation dicte des normes concernant l'utilisation sécurisée du bâtiment, les critères décrits dans les articles 4 à 13 du chapitre « Critères du logement adaptable » de l'arrête du gouvernement wallon devront être aussi évalués.

Comme prescrit par le critère 15, une comparaison entre la législation nationale et la liste de contrôle A4 a été effectuée pour savoir si la législation nationale couvre au minimum les 16 critères de la liste de contrôle. Seules 14 de 16 critères de la liste de contrôle « Lifetime Homes » sont traités par la législation. En raison de cela, l'évaluation sera effectuée selon les 16 critères de la liste de contrôle déjà mentionnée.

La liste de contrôle est disponible en annexe 2. Des détails plus spécifiques concernant l'évaluation se trouvent à la page web :

<http://www.lifetimehomes.org.uk/pages/revised-design-criteria.html>

- **Critère 1 : Parking**, une longueur d'espace de stationnement devrait pouvoir être agrandie pour atteindre une largeur minimale de 3300 mm

Ce critère est atteint, la longueur du parking dépasse les 3300m.

- **Critère 2 : Accès au logement à partir du parking**,
- **Critère 3, Accès de toutes les entrées**, la distance devra être la plus courte possible et nivelée ou en pente douce.

Il existe deux entrées possibles à partir du parking. L'entrée principale (voir Image 34) et l'entrée secondaire qui donne sur la cuisine (voir Image 35).



Image 34 : entrée principale de la maison évaluée (Saint Vith)



Image 35 : entrée secondaire de la maison évaluée (Saint Vith)

L'entrée principale est une entrée antidérapante et ferme avec une largeur de 1,04 mètre, ceci est en accord avec les recommandations de la « Lifetime Homes » qui prévoit une largeur de 90cm minimum. Néanmoins, l'entrée ne respecte pas, ni le niveau de pente nécessaire, ni la longueur de l'entrée (norme : pente inférieure à 2% et longueur inférieure à 10 mètres), la longueur de l'entrée est de 11, 5 mètres.

L'entrée secondaire se trouve à niveau, elle est antidérapante et ferme avec une largeur de 1 mètre si un nettoyage des herbes est effectué.

Puisque l'entrée secondaire donne directement sur la pièce de vie, on considère que ceci remplit tous les critères nécessaires.

- **Critère 4 : Entrées,** « Toutes les entrées internes devraient :
 - Être éclairées ;
 - Avoir un niveau d'accès sur le seuil et ;
 - Avoir des largeurs d'ouverture effective de minimum 800mm pour toutes les entrées internes de la maison.

Toutes les entrées externes devront :

- Avoir une protection adéquate contre les intempéries ;
- Être à niveau » (Lifetime Homes, 2010)

Les entrées internes sont en accord avec les recommandations prescrites, elles sont éclairées, au niveau du seuil avec des ouvertures de 94cm.

En ce qui concerne les entrées externes, l'entrée secondaire n'offre pas de protection contre les intempéries et n'est pas au niveau du sol (une marche de 20 cm donne l'accès à l'intérieur de la maison). L'entrée principale de son côté offre une protection contre les intempéries et est au niveau du seuil. Néanmoins, l'accès est restreint, car l'entrée principale donne sur des escaliers qui mènent aux pièces de vie (voir Image 36.). Ceci n'est donc pas accessible.

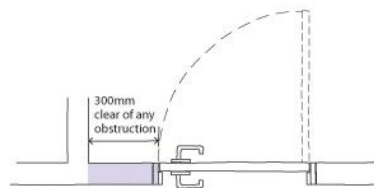


Image 36 : vue depuis l'entrée principale de la maison évaluée (Saint Vith)

Ceci n'est pas accessible, dès lors le critère n'est pas respecté

- **Critère 5 : escaliers et ascenseur collectifs** (ce critère ne s'applique pas)
- **Critère 6 : Portes et couloirs**, « une largeur de minimum 750mm pour l'ouverture de la porte est nécessaire. Le couloir devra y avoir une largeur de 900 mm lorsque l'approche du couloir est directe dans le cas contraire une largeur de 1200mm devra être prévue » (Lifetime Homes, 2010).

Le mur de la porte côté verrou devra avoir 300mm d'espace libre d'obstructions comme indiqué dans le graphique ci- dessous :



© copyright Habinteg Housing Association

Figure 19 : illustration du critère 6, espace libre d'obstruction de 300mm à prévoir. Source : (Lifetime Homes, 2010)

Les couloirs à l'intérieur de la maison ont une largeur de 1004mm (approche directe et indirecte). L'ouverture de portes va au-delà des recommandations prescrites (ouvertures de 800 à 900 mm). Finalement, l'espace libre de 300mm n'est pas prévue dans toutes les portes.

Le critère n'est pas respecté.

- **Critère 7 : circulation**, espace qui permet de faire tourner une chaise roulante dans les espaces communs (salle à manger et living) et ailleurs (Lifetime Homes, 2010).

- Salle à manger et living : un cercle de 1500mm est nécessaire : on constate que seulement un cercle de 120 mm est possible.
- Cuisine : un espace de 1200mm entre la cuisine et des murs est nécessaire lors des mesures sur place, un espace de 1240mm a été mesuré.
- Chambre principale, un espace de 750mm entre les deux côtés du lit est nécessaire. On mesure du côté gauche un espace 750mm et du côté droit un espace de 930mm.
- Chambre secondaire : un espace de 750mm d'un côté du lit est souhaitable. Un espace de 1400mm a été prévu.

Ce critère n'est pas rempli dans sa totalité.

- **Critère 8 : Le salon devrait être au niveau de l'entrée.**

Si l'accès est effectué par l'entrée secondaire, la pièce de séjour est directement atteinte.

- **Critère 9 : Potentiel pour l'installation d'un lit**, dans les maisons de deux étages ou plus, il devrait y avoir un espace au niveau de l'entrée qui pourrait être utilisé comme un espace de lit pratique.

L'espace pourra être situé au coin du salon, moyennant des aménagements au niveau des meubles, une prise électrique se trouvant à proximité (voir Image 37)



Image 37 : Living de la maison évaluée (Saint Vith)

Ce critère est respecté.

- **Critère 10 : WC au niveau de l'entrée et possibilité d'installation d'une douche**, Le WC devra avoir une largeur de 1400mm et une longueur de 1600mm avec un lavabo d'une largeur et une longueur qui ne dépasse pas les 200mm. Aucun de ces critères n'est rempli, le WC a une largeur de 870mm et le lavabo une largeur et une longueur de 450mm. Ainsi l'installation d'une douche temporaire adéquate n'est pas possible (voir Image 38).

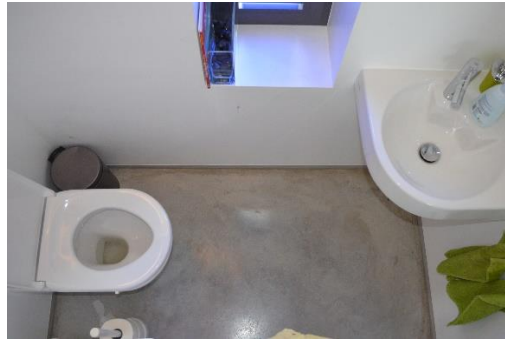


Image 38 : WC de l'étage principal (où se trouvent la pièce de séjour ainsi que la cuisine) de la maison de Saint Vith.

- **Critère 11 : murs du WC et salle de bain, les murs sont susceptibles de supporter des barres d'appui.** Ceci est possible
- **Critère 12 : Ascenseur d'escalier, potentiel pour l'installation d'un ascenseur d'escalier.**

Vu la conception des escaliers (voir Image 36 page 85) l'espace réduit de la largeur des marches ainsi que l'espace réduit pour l'arrivée et la montée des escaliers ne permet pas l'installation d'un ascenseur de ce type. Le critère n'est donc pas respecté.

- **Critère 13 : Système de levage,** le toit de la chambre principale ainsi que de la salle de bain permettent l'installation d'un système de levage.
Ceci est possible, surtout grâce au fait que la salle de bain se trouve à seulement 2 mètres en direction horizontale de la chambre principale.
- **Critère 14 : Disponibilité de la salle de bain,** La salle de bain devrait être conçue pour intégrer la facilité d'accès. Un espace suffisant devra être prévu pour l'accès d'une personne en fauteuil roulant.

La salle de bain ne permet pas la circulation d'une chaise roulante, seulement un diamètre de 1200mm a été mesuré.

L'accès à la salle de bain est également restreint. En effet, elle est située au sous-sol de la maison et son accès est seulement possible en descendant des escaliers non conformes pour des personnes à mobilité réduite. Le critère n'est pas respecté.

- **Critère 15 : fenêtres,** les vitrages de la salle de séjour devraient être à une hauteur d'au moins 800 mm et les fenêtres devraient avoir une facilité d'ouverture. En effet, les gens devraient pouvoir regarder par la fenêtre et ouvrir au moins une fenêtre dans chaque pièce.

La hauteur est respectée ainsi que le contrôle des fenêtres dans la pièce principale, néanmoins dans les chambres le contrôle des fenêtres n'est pas possible.

Le critère n'est pas respecté.

- **Critère 16 : Commandes, Les interrupteurs, les prises :** les commandes de ventilation et de service devraient être à une hauteur utilisable pour tous (c'est-à-dire entre 450mm et 1200mm du sol).

Les prises de courant ne sont pas localisées à une hauteur minimale de 450mm

Ce critère n'est pas rempli dans sa totalité.

Bilan : Puisque tous les critères doivent être respectés pour permettre l'accessibilité intégrale aucun point ne sera alloué. En effet, même si le critère 13 est respecté, de manière globale ceci n'est pas possible vue la largeur réduite des couloirs.

Score accessibilité: 0/2

1.2.2.2. Pratiques de construction responsable

« **Condition préalable :** Tout le bois et les produits à base de bois utilisés lors du processus de construction du projet sont des « **bois légalement récoltés et commercialisés** » Pour d'autres matériaux la condition ne s'applique pas.

BREEAM définit le bois légalement récolté et commercialisé comme :

« Le bois et les produits dérivés du bois sont issus d'une forêt où les critères suivants sont remplis :

Le propriétaire ou le gestionnaire de la forêt détient des droits d'utilisation légaux de la forêt

La responsabilité de l'organisme de gestion forestière et de tous les entrepreneurs ayant des critères juridiques locaux et nationaux, y compris ceux qui sont pertinents pour :

- | | |
|-------------------------|--|
| • La gestion des forêts | • Droit d'occupation et d'utilisation d'autres parties |
| • Environnement | |
| • Travail et bien-être | • Toutes les redevances et taxes sont payées. |
| • Santé et sécurité | |

Répond pleinement aux critères de la CITES.

Les échanges commerciaux font que le bois ou les produits dérivés du bois légalement récolté sont:

- Exportés conformément aux lois des pays exportateurs régissant l'exportation de bois et de produits du bois, y compris le paiement de taxes, droits ou taxes à l'exportation
- Importé conformément aux lois des pays importateurs régissant l'importation de bois et de produits en bois, y compris le paiement de taxes, taxes ou redevances d'importation »

Échangé conformément à la législation relative à la convention sur le commerce international des espèces en voie de disparition (CITES), le cas échéant. » (BREEAM, 2016)

Le bois utilisé pour la construction est du sapin blanc non traité. C'est l'entreprise « Gangolf » situé dans la même rue où la maison est localisée, qui a été le responsable de la menuiserie interne.

L'entreprise « Gangolf » a obtenu le bois de la scierie « Hoffmann Trade AG » localisé à Saint Vith. Le sapin blanc est issu d'une forêt communale proche à la maison. Le bois exploité par la scierie détient la certification PEFC (Programme de reconnaissance des certifications forestières). Cette certification garantit une exploitation forestière durable prenant en compte les exigences décrites par BREEAM. Ci-dessous le site web donne plus de détails: <https://www.pefc.org/forest-issues/sustainability/legality-of-timber>

Puisque le bois n'a pas été importé les exigences concernant les échanges commerciaux et le respect de la législation de la CITES « convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction » n'ont pas lieu. Néanmoins à titre d'information le sapin blanc ne se trouve pas sur la liste de la CITES. Ceci a été vérifié à l'adresse suivante :

<https://cites.org/esp/app/appendices.php>

Bilan : La condition préalable est respectée.

Condition préalable – réglementation concernant la santé et la sécurité : Toutes les normes nationales doivent être respectées.

- Dans la phase du design, minimiser les risques de santé et de sécurité
- Planification et organisation du travail de pré-construction
- Rassembler les informations sur la santé et la sécurité de toutes les parties prenantes concernées
- Configuration du site; mettre en œuvre des dispositifs de santé et de sécurité
- Construction, suivi et faire le rapport sur la santé et la sécurité du personnel du chantier de construction.

Toutes les normes nationales concernant la santé et la sécurité ont été respectées. En effet, monsieur Brend Veithen coordinateur de sécurité-santé : de la société SIGEKO s'est chargé de l'accomplissement des normes. Néanmoins les affirmations se basent sur la confiance accordée au maître d'ouvrage et au conseiller de sécurité, la construction : La construction date d'il y a 7 ans et les documents prouvant le respect des normes n'ont pas été retrouvés. Cependant, l'ex-conseiller de santé et sécurité m'a transmis des documents types qui sont utilisés lors de la construction d'une maison unifamiliale. Ils prennent en compte tous les points dictés par BREEAM concernant la santé et la sécurité dans le site de la construction, c'est pour cela qu'on peut considérer cette condition préalable respectée.

Jusqu'à deux crédits - Construction durable

- Pour Logements individuels :

Un crédit peut être attribué lorsqu'un individu est responsable de la mise en œuvre et du maintien des pratiques de construction suivantes considérées tout au long de la phase de travaux

- Garder le site propre et bien rangé
- Réduire les impacts sur la communauté par l'engagement de la communauté et des voisins
- Amélioration continue de la sécurité
- Engagement à respecter et à assurer un traitement équitable de tous les travailleurs
- Installations de sites appropriées pour les opérateurs et les visiteurs.

Deux crédits peuvent être attribués lorsque l'entrepreneur réalise six articles dans chacune des quatre sections de Checklist A1 (en annexe 3)

Les constats devaient être faits lors de l'étape des travaux. Les responsables de l'amélioration de la sécurité et du maintien des installations appropriées pour les opérateurs et les visiteurs était le conseiller en santé et sécurité M. Veithen et le maître d'ouvrage M. Heinen. Néanmoins personne n'a été responsable de la réduction des impacts sur la communauté ou du traitement équitable des travailleurs.

Aucun crédit ne peut être alloué.

Un crédit - Suivi des impacts du site

La responsabilité a été confiée à un individu pour la surveillance, l'enregistrement et la déclaration de l'utilisation de l'énergie, de la consommation d'eau et des données de transport (le cas échéant) résultant de tous les processus sur place (et surveillance dédiée hors site) pendant tout le programme. Pour assurer une collecte robuste de l'information, cette personne doit avoir l'autorité et la responsabilité appropriées de demander et d'accéder aux données requises. Lorsqu'il a été nommé, le responsable de la durabilité pourrait jouer ce rôle.

Les responsables pour le suivi (d'électricité et de consommation d'eau) pendant l'utilisation sont deux habitants de la maison. Néanmoins selon le maître d'ouvrage et l'architecte personne n'a suivi les consommations pendant l'étape des travaux. Dès lors, aucun crédit peut être alloué.

Surveillance - Consommation d'électricité :

Surveiller et enregistrer les données sur la consommation d'énergie du site en kWh (et, le cas échéant, les carburants utilisés) en raison de l'utilisation de l'installation de construction, de l'équipement (mobile et fixe) et de l'hébergement du site (selon le type de projet)

Aucune surveillance ni enregistrement n'a été effectué lors de l'étape de construction.

Pour information (ceci ne fait pas partie de l'évaluation), lors de l'utilisation, la famille surveille ses consommations mais n'enregistre pas les données. La consommation annuelle en électricité en 2016 s'élevait à 9 360 kWh dont 2 840 kWh (heures pleines) et 6 520 (heures creuses). Ceci correspond à un foyer « gros consommateur » selon la page web energuide.be. Elle définit comme gros consommateur un foyer qui consomme 3 600 kWh (heures pleines) et 3 900 kWh (heures creuses) (Sibelga, 2017).

Consommation d'eau

Surveiller et enregistrer des données sur la consommation d'eau potable du constructeur principal et des sous-traitants (m³) découlant de l'utilisation de l'installation de construction, de l'équipement (mobile et fixe) et de l'hébergement du site (selon le type de projet, voir les notes de conformité.

Aucune surveillance ni enregistrement n'a été effectué lors de l'étape de construction.

Mais pour information (ceci ne fait pas partie de l'évaluation). Lors de l'utilisation la famille surveille ses consommations mais n'enregistre pas les données. Durant l'année 2016, la consommation commune s'élevait à 280 litres par jour, ce qui veut dire 93 litres par jour et par personne (voir Figure 20). Selon le site web aquawal, en 2009, « la consommation d'eau par les ménages wallons, pour des usages domestiques était estimée à 93,6 litres par jour et par habitant » (AQUAWAL, 2017)

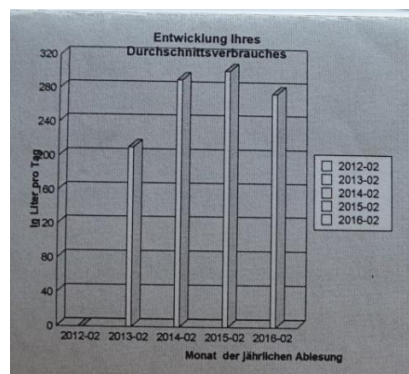


Figure 20 : consommation d'eau, en litres, de la maison évaluée (Saint-Vith). Source : documentation fournie par les occupants

Il faut savoir que la maison a une citerne de collecte d'eau de pluie. Cette eau est employée pour les toilettes, le lavage des voitures et l'arrosage des plantes.

Score pratiques de construction responsable : 0/3

1.3. Evaluation Ref-B

L'évaluation a été effectuée par le bureau d'études Arcadis Belgium et l'unité de recherche Energy and Sustainable Development (Energy SuD) de Université de Liège lors du test phase 2 du Référentiel Ref-B

1.3.1. Bien-être humain

1.3.1.1. Confort acoustique

- **Façade calme** : elle a pour objectif de réduire les nuisances liées aux bruits aériens entre les différents locaux d'un bâtiment (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Calcul du niveau de performance (Gendre & Hauglustaine, 2013):

FAÇADE CALME			
CRITERE		SATISFAIT	SCORE OBTENU
1	L'ensemble des logements du bâtiment dispose d'une façade donnant sur un intérieur d'îlot	10	(SUR 10)
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 01-01			10 / 10

La face arrière donne sur l'intérieur de la parcelle.

- **Niveau de bruit maximal dans les locaux occupés** : « l'objectif est de réduire les nuisances liées aux bruits émis dans les espaces occupés » (Gendre & Hauglustaine, 2013).
- **Méthode d'évaluation** : le nombre de situations examinées sera au minimum de 5% du nombre de situations similaires (d'un point de vue acoustique) existant dans le bâtiment, avec un minimum de 3 situations.

Calcul de la performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

NIVEAU DE BRUIT MAXIMAL DANS LES ESPACES OCCUPÉS	
CRITERE	SCORE OBTENU
Moyenne des situations type (confort normal/supérieur)	(SUR 10)
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 01-06	2,5/ 10

Les évaluateurs considèrent que le confort normal demandé par la norme est atteint. Puisque aucune mesure in situ n'a été réalisée, un facteur correctif de 0,5 doit être appliqué au résultat obtenu.

- **Emergences** : « a pour objectif de réduire les nuisances liées aux bruits de fond dans les logements (installations techniques et conduites/canalisation) » (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Calcul de la performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

EMERGENCES	
CRITERE	SCORE OBTENU
Moyenne des situations type (confort normal/supérieur)	(SUR 10)
X facteur correctif (si valeur intentionnelle)	
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 01-05	2,5 / 10

Les évaluateurs considèrent que le confort normal demandé par la norme est atteint selon les exigences reprises pour les logements existants. Puisque aucune mesure in situ n'a été réalisée, un facteur correctif de 0,5 est appliqué au résultat obtenu.

1.3.1.2. Confort visuel

- **Approche du confort visuel** : « permet de rendre compte de l'environnement visuel disponible dans le bâtiment » (Gendre & Hauglustaine, 2013). Le critère pour l'évaluation est le contact visuel avec l'extérieur.

Calcul de la performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

APPROCHE DU CONFORT VISUEL			
CRITÈRE		SATISFAIT	SCORE OBTENU
1	Séjour : milieu fermé	OUI	0
		NON	0
2	Séjour : milieu ouvert	OUI	5
		NON	0
3	Chambre : milieu fermé	OUI	0
		NON	0
4	Chambre : milieu ouvert	OUI	3
		NON	0
5	Cuisine : milieu fermé	OUI	0
		NON	0
6	Cuisine : milieu ouvert	OUI	2
		NON	0
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 03-01			10 / 10

Milieu ouvert : le contact avec l'extérieur est effectif, la perspective de vision (sur un angle de 90° minimum) est supérieure à 20 mètres dans une cour intérieure (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Milieu fermé : le contact avec l'extérieur est effectif, la perspective de vision (sur un angle de 90° minimum) est inférieure à 20 mètres dans une cour intérieure (Gendre & Hauglustaine, 2013).

10 points sont attribués vu l'accomplissement des exigences en matière de contact avec l'extérieur.

- **Eclairage naturel** : valorise l'optimisation de l'éclairage naturel dans un bâtiment tout en maîtrisant les sources d'inconfort (Gendre & Hauglustaine, 2013). Il est évalué selon l'Iv : indice de surface vitrée (somme des surfaces des vitrages d'une pièce en laissant passer la lumière extérieure divisée par la surface de la pièce)

Calcul du niveau de performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

ECLAIRAGE NATUREL (SCORES DISTINCTIFS)	
CRITÈRE	SCORE OBTENU
LOCAUX DE JOUR ET DE NUIT	
$Iv < 1/8$	-
$Iv \geq 1/8$ ET $< 1/7$	-
$Iv \geq 1/7$ ET $< 1/6$	-
$Iv \geq 1/6$ ET $< 1/5$	-
$Iv \geq 1/5^1$	10
SCORE TOTAL MESURE WEL 03-02	10/10

Le IV (moyen) = 0,26 ce qui donne une cotation de 10 points.

- **Eclairage artificiel** : Valorise les dispositifs d'éclairage artificiel mis en place permettant de réaliser des activités dans un confort optimal (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Calcul du niveau de performance(Gendre & Hauglustaine, 2013).

ECLAIRAGE ARTIFICIEL	
EXIGENCES OBLIGATOIRES PREALABLES : <ul style="list-style-type: none"> • Circulations horizontales et escaliers : niveau d'éclairement de 100 LUX minimum • Parking : niveau d'éclairement de 60 LUX minimum • Circulations horizontales, escaliers, parking : IRC ≥ 80 	
CRITÈRES(DISTINCTIFS)	SCORE OBTENU
CIRCULATIONS HORIZONTALES, ESCALIERS, PARKING : RESPECT DU DIAGRAMME DE KRUTHOF²	-
ABSENCE DE PARTIES COMMUNES	10
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 03-03	10/ 10

¹ En Région de Bruxelles-Capitale, $Iv \geq 1/5$ est une exigence légale.

1.3.1.3. Confort thermique

- **Confort thermique en période estivale :** « l'objectif est d'assurer le confort thermique grâce à des mesures dites passives et à un éventuel système de refroidissement » (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Calcul niveau de performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

RISQUE DE SURCHAUFFE		SCORE : 2	POINTS
Possibilité n°1 (PEB) : indicateur de surchauffe	> 17000 Kh	0	(SUR 5)
	15.000 – 17.000 Kh	-	
	13.000 – 15.000 Kh	2	
	11.000 – 13.000 Kh	-	
	9.000 – 11.000 Kh	-	
	< 9.000 Kh	-	
PROTECTIONS SOLAIRES		SCORE = 2,5	POINTS
Les habitants ont la possibilité d'actionner des protections solaires efficaces ($g \leq 0.5$) afin d'ombrer les fenêtres de toiture et les vitrages ou ensembles de vitrages situés dans la course du soleil d'une superficie supérieure à 4m ²		2,5	(SUR 2,5)
VENTILATION NATURELLE INTENSIVE		SCORE= 2,5	POINTS
Les habitants ont la possibilité d'effectuer une ventilation naturelle intensive, par l'ouverture de fenêtres ou autres dispositifs sur l'extérieur. → Présence d'ouvertures d'amenée, de transfert et d'évacuation d'air avec une section nette de 2% de la surface nette du sol. Les ouvertures d'amenée d'air sont positionnées dans le 1er tiers de la hauteur du logement, les ouvertures d'extraction dans le dernier. Si cette dernière règle ne peut être réalisée, les sections sont doublées. Pas de risque d'effraction lié à la ventilation naturelle.		2,5	(SUR 2,5)
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 02-01			7/ 10

Une simulation PEB a été faite donnant comme résultat une surchauffe de 13 197 Kh.

- **Confort thermique en période hivernale**

Calcul niveau de performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

DIMENSIONNEMENT DE LA PUISSANCE DE CHAUFFAGE	SCORE	POINTS
CONDITION OBLIGATOIRE Dimensionnement du système de chauffage sur base des valeurs suivantes : température extérieure de base de -7°C à -12°C en fonction de la localisation, selon la nbn b 62-003 ; température intérieure de base de 20°C pour les pièces de vie (séjour, cuisine, chambres, bureau...), 24°C pour les salles de bain ou douche, 16°C pour circulations et locaux de service – OUI		
REGULATION DE LA TEMPERATURE	SCORE	POINTS
Un dispositif de régulation de la température par pièce de vie (séjour, cuisine, chambres, bureau...) ET possibilité de régulation horaire de la température par zone (jour/nuit).	7	(SUR 7)
INCONFORT THERMIQUE LOCAL	SCORE	POINTS
Le logement possède des <i>parois froides non compensées</i> dans les pièces de vie (séjour, cuisine, chambres, bureau...)	-	(SUR 3)
Le logement possède des « <i>parois froides compensées</i> »	-	
Aucun des éléments ci-dessus	3	
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 02-02		10/ 10

- **Vitesse de l'air**

Calcul de niveau de performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

COURANTS D'AIR LIÉS AUX DISPOSITIFS D'AMENÉE D'AIR DES SYSTÈMES TECHNIQUES	SCORE	POINTS
Dans la <i>zone d'occupation</i> des locaux secs, les dispositifs d'amenée d'air du système de ventilation hygiénique (aérateurs ou bouches de pulsion) ne créent pas de gêne due à une vitesse de l'air supérieure à :	0.24m/s en été et 0.21m/s en hiver	CONDITION OBLIGATOIRE ACOMPLIE
	0.19m/s en été et 0.16m/s en hiver	-
	0.12m/s en été et 0.10m/s en hiver	-
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 02-03		0/ 10

Les évaluateurs considèrent que la condition obligatoire concernant la vitesse d'air est remplie, mais aucun effort supplémentaire n'a été réalisé.

1.3.1.4. Qualité de l'air intérieur

Les deux conditions préalables ou exigences relatives au radon et à la pollution du site ont été remplies.

« Exigences : Radon : attestation de l'architecte d'avoir pris en compte le radon dans le projet de construction.
Pollution du site : si une pollution du site est avérée, un dispositif barrière est mis en place » (Gendre & Hauglustaine, 2013).

- **Disposer d'un air neuf de qualité**

Calcul du niveau de performance (Gendre & Hauglustaine, 2013).

DISPOSER D'UN AIR NEUF DE QUALITE	
CRITÈRE	SCORE OBTENU
PRISE D'AIR NEUF (SCORES CUMULATIFS)	
L'emplacement de la prise d'air neuf	
est à plus de 5 mètres (distance à l'horizontale) d'une zone de stockage de déchets	0.5
est à plus de 8 mètres (distance à l'horizontale) d'une zone de stockage de déchets	0.5
est à plus de 5 mètres (distance à l'horizontale) d'un parking de plus de trois voitures (à partir de la place de stationnement la plus proche)	0.5
est à plus de 10 mètres (distance à l'horizontale) d'un parking de plus de trois voitures (à partir de la place de stationnement la plus proche)	0.5
est à plus de 5 mètres (distance à l'horizontale) d'un conduit de fumée	0.5
est à plus de 10 mètres (distance à l'horizontale) d'un conduit de fumée	0.5
est à plus de 5 mètres (distance à l'horizontale) d'une voirie de circulation automobile	0.5
est à plus de 10 mètres (distance à l'horizontale) d'une voirie de circulation automobile	0.5
est à plus de 2 mètres (distance à l'horizontale) d'un groupe de ventilation situé sur une même paroi	0.75
n'est pas influencé par le rejet d'air d'une tour/d'un groupe de refroidissement adiabatique via les vents dominants	0.75
La vitesse d'air maximale à l'aspiration	
ne dépasse pas 2m/s (EN 13779)	0.5
FILTRATION (SCORES DISTINCTIFS)	
Le choix du filtre permet une qualité de l'air	
INT 3 (3 ou 4 spécifiquement en logement)	2
INT 2	-
INT 1	-
SCORE TOTAL POUR LA MESURE WEL 04-01	8/ 10

La prise d'air est distante de plus de 10 mètres des parkings, conduits de cheminées, voies de circulation, et n'est pas située dans l'axe des vents dominants. La vitesse des conduits ne dépasse pas 2 m/s.

- **Renouvellement d'air** : « assurer le renouvellement d'air permettant d'extraire l'ensemble des polluants d'activité et résultant des émissions des éléments installés » (Gendre & Hauglustaine, 2013).

Le calcul de performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

RENOUVELLEMENT D'AIR		
CRITÈRE	POINTS	SCORE OBTENU
INSTALLATION DE VENTILATION		
EXIGENCE OBLIGATOIRE PREALABLE : La conception de l'installation de ventilation répond à la norme NBN D 50 001		
La conception de l'installation de ventilation du local est de type (selon NBN D 50 001)	A	-
	B/B+	-
	C/C+	-
	D	7
DEBIT D'AIR NEUF		
EXIGENCE OBLIGATOIRE L'installateur contrôle et atteste que les débits de ventilation sont conformes à la norme NBN D 50.001		
VENTILATION PAR OUVERTURE DES FENETRES		
Possibilité d'ouverture suffisante des fenêtres pour une ventilation	3	(SUR 3)
SCORE TOTAL MESURE WEL 04-03		10/ 10

1.3.2. Bien-être social

1.3.2.1. Accessibilité intégrale

Quatre critères ont été évalués à l'aide de l'outil HUM (Gendre & Hauglustaine, 2013).

1. Visibilité du logement suivant la réglementation régionale (critère obligatoire)
2. Visibilité du logement y compris espace de vie et toilette
3. Adaptabilité du logement aux occupants handicapés
4. Demande d'avis à un cabinet de conseil agréé.

Calcul de la performance :

ACCESSIBILITE INTEGRALE		
CRITERE	Points	Score
VISIBILITÉ DES LOCAUX ACCESSIBLES AU PUBLIC SUIVANT LA RÉGLEMENTATION (OBLIGATOIRE)		
Si exigences non satisfaites, score 0/10 pour la mesure		
VISIBILITÉ DES LOCAUX ACCESSIBLES AU PUBLIC (CUMULATIF)		
L'unité d'habitation est accessible et l'espace de vie est visitable	0	(SUR 3)
Au moins une toilette est disponible pour les utilisateurs en fauteuil roulant	0	(SUR 1)
ADAPTABILITE DU LOGEMENT		
Le logement est adaptable	0	(SUR 4)
DEMANDE D'AVIS À UN CABINET DE CONSEIL AGRÉÉ (CUMULATIF)		
A la phase préliminaire	0	(SUR 2)
Pour le dossier d'exécution	0	
SCORE TOTAL POUR LA MESURE HUM 02-03		0/ 10

Selon les évaluateurs de cette rubrique, la maison évaluée ne remplit aucune de ces exigences. En effet, le référentiel Ref-B se voit comme une certification innovatrice qui va au-delà de la réglementation existante.

Score accessibilité intégrale : 0/10

1.3.2.2. Accessibilité du coût

Méthode d'évaluation : En vue de l'accomplissement de cette condition, le logement doit être reconnu comme logement social ou acquisitif (Gendre & Hauglustaine, 2013).

La maison évaluée n'est pas reconnue. Dès lors, aucun point lui est attribué.

Score accessibilité du coût : 0/10

1.3.2.3. Quartier vivant

Calcul de la performance (Gendre & Hauglustaine, 2013) :

CONTRIBUTION A UN QUARTIER VIVANT		
CRITERE	Points	Score
INTERACTION AVEC L'ESPACE PUBLIC		
<ul style="list-style-type: none"> Le bâtiment n'est pas situé à plus de 5 m de l'alignement. Du côté rue, au moins 1 fenêtre du rez-de-chaussée donne sur la rue et au moins 20 % du rez-de-chaussée sont constitués de baies. Les clôtures ou les murs du jardin côté rue permettent de voir l'espace vert (hauteur maximale d'1,20 m). 	0	(SUR 5)
POSSIBILITES DE RENCONTRE DANS LE PROJET		
<ul style="list-style-type: none"> Au moins 1 équipement collectif est prévu dans le projet. 	0	(SUR 5)
SCORE TOTAL POUR LA MESURE HUM 01-02		0/ 10

Selon les évaluateurs, la maison évaluée ne remplit aucune de ces exigences. La conception de la maison ne permet aucune interaction avec l'espace public.

Score quartier vivant : 0/10

Bilan thématique : Pour cette thématique qui concerne le bien-être social, aucun point n'as été alloué à la maison évaluée.

Score thématique bien-être social : 0/30

1.4. Evaluation Runa Allpa Sumac

Les évaluations ont été effectuées par le directeur du projet et créateur du référentiel et conseillé par l'auteure de ce TFE.

1.4.1. Confort humain

1.4.1.1. Maison saine (confort acoustique, luminosité en accord avec la culture, confort d'accord avec le climat)

Le bien-être humain est évalué avec l'indicateur « Maison saine » lequel englobe le confort acoustique, visuel, thermique en accord avec le climat et les cultures.

Cet indicateur est évalué par une interview avec les utilisateurs dont leur avis est sollicité. Les occupants ont une perception positive de l'endroit où ils habitent.

Confort visuel : La maison offre aux habitants un taux de luminosité assez important. Selon l'un des occupants, la maison a été construite en fonction du soleil, en suivant ses habitudes de vie. La vue est un point important pour les occupants, c'est pour cela qu'ils ont décidé de construire la pièce du séjour orientée à l'est, depuis là ils peuvent apprécier une vue générale de la campagne.



Image 39 : Vue vers l'extérieur depuis la pièce de séjour de la maison évaluée (Saint Vith)

Confort thermique : De manière générale, les occupants se sentent confortables dans leur maison. Néanmoins, selon l'un des occupants, en cas de températures extrêmes (canicule et de grand froid) il ressent de l'inconfort. En période de canicule, la pièce de séjour est en surchauffe, car, elle offre un taux de surface vitrée très important et pas de système de refroidissement. Et en hiver, spécialement le matin, au moment du réveil, la température est un peu basse selon la perception d'un des occupants. En effet le système de chauffage est programmé pour diminuer sa puissance pendant la nuit, donc la température descend.

Confort acoustique : Selon ses habitants la maison offre un excellent confort acoustique. Ceci est d'abord dû, à l'emplacement rural de la maison, la rue est très peu fréquentée et la maison

compte seulement un voisin du côté sud. Deuxièmement, toutes les portes extérieures contiennent un isolant avec des bonnes propriétés acoustiques.

Score : 8/10

1.4.2. Bien-être social

1.4.2.1. Accessibilité et inclusion sociale :

Cet indicateur évalue l'accessibilité au logement de toute personne peu importe sa condition sociale, culturelle, physique, d'âge ou de genre. Le critère « inclusion des personnes de différents conditions physiques » est évalué.

Vu les caractéristiques de ce logement celui-ci n'est pas accessible à tout le monde : l'entrée secondaire peut être utilisée dans le cas de la visite d'une personne à mobilité réduite ou âgée. Néanmoins, un séjour plus long en temps n'est pas envisageable, car une salle de bain n'est pas disponible dans le même étage.

L'indicateur « accessibilité » fait aussi référence aux chemins d'accès au logement, à la présence des transports en commun, pistes cyclables et parkings.

La maison évaluée est située dans le secteur rural, un endroit peu accessible par des transports en commun, surtout s'il s'agit de joindre une des villes principales. Depuis Liège on compte selon google maps, 55min en voiture, par contre 2h42 sont à prévoir en transport en commun avec l'itinéraire le plus court, dont une marche de 35 minutes. Une des villes la plus proche et plus grande est « Malmédy », elle se trouve à 30 minutes en voiture, par contre il faut prévoir 1h30 avec un itinéraire en transport en commun.

Score : 3/10

1.4.2.2. Contribution à la réduction du déficit de logements :

Selon la libre Belgique, l'écart entre les revenus et les prix des loyers ne cesse pas de croître. En effet, les ménages belges consacrent en moyenne 21% de leur revenu au logement (OECD.ORG, 2015). A Bruxelles, en décembre 2013, le nombre des logements sociaux disponibles a été de 36.073 alors que le nombre de ménages en attente était, lui, de 44.332 » (La Libre Belgique, 2016). Néanmoins ce logement ne contribue pas à la réduction du déficit car il n'offre pas la possibilité de loger une autre famille voire même une autre personne, car manque des pièces supplémentaires.

Score : 3/10

1.4.2.3. Stimulation de l'économie pour produire du travail aux plus pauvres

L'entreprise chargée de la ventilation est installée à Barchon, la menuiserie interne a été en charge de l'entreprise située dans la même rue que la maison. Les fenêtres et les châssis viennent du centre de Saint Vith, ainsi que le maçon en charge des travaux. Les matériaux tels que le béton ont été obtenus à moins de 50 km.

La maison a pu stimuler l'économie de la région dans l'étape de construction en choisissant des entrepreneurs proches. En ce qui concerne l'étape d'utilisation, les occupants ont un contrat de maintenance pour le système de ventilation stimulant l'économie locale.

Score : 7/10

1.4.2.4. Création des sources de travail national (matériaux, système de construction et utilisation du bâti)

La construction n'a pas créé de sources de travail. Néanmoins elle a donné de l'emploi à différents entrepreneurs de la région.

Score : 5/10

1.4.2.5. Consommation de gaz, eau, électricité

Electricité : la consommation annuelle en 2016 a été de 9 360 kWh dont 2 840 kWh (heures pleines) et 6,520 (heures creuses). Une chiffre assez élevée en sachant que la moyenne belge de consommation électrique en 2010 a été de 3 765 kWh (Selectra, 2017).

Gaz : pas de consommation de gaz

Eau : 93 litres par jour/habitant. Ceci est en accord avec la moyenne wallonne de consommation d'eau qui est fixé à 93l/jour/habitant selon le site web Aquawal (AQUAWAL, 2017).

Score : 5/10

1.4.2.6. Disponibilité des services basiques (eau potable, électricité, système d'assainissement)

La maison dispose de tous les services basiques. En effet ceci n'est pas un problème dans les pays développés comme la Belgique.

Score : 10/10

1.4.2.7. Evite risques de désastres

Il existe neuf risques de catastrophes naturelles en Belgique, selon la liste rouge de la Direction des calamités ce sont : « pluies intenses, inondations, grêle, pluies de longue durée, pluies intenses + grêle, tempêtes, tornades, neige et calamités tectoniques. »(Masquelier, 2014).

Selon l'architecte qui a construit la maison, le risque de désastres naturels est évité par le soin apporté aux détails techniques de construction.

Score : 10/10

Chapitre V - comparaison et discussion

1. EVALUATION DU BÂTIMENT VERT OU DE LA DURABILITÉ DU BÂTIMENT ?

BREEAM se voit comme « le premier système d'évaluation de **la durabilité des bâtiments** au niveau mondial » (BREEAM,2017). Son but est de (BREEAM, 2017) :

- « Atténuer les impacts du cycle de vie des bâtiments sur l'environnement
- Permettre aux bâtiments d'être reconnus en fonction de leurs avantages environnementaux
- Fournir une étiquette environnementale crédible pour les bâtiments
- Stimuler la demande et créer de la valeur pour les bâtiments durables, le développement des produits et les chaînes d'approvisionnement » (BREEAM, 2017).

Il peut se résumer à la réduction de l'impact environnemental et l'amélioration des conditions de confort et de productivité (Cole, 2005). En effet cette certification ainsi que les plus connues dans le monde tels que GB Tool ou LEED se basent sur l'évaluation de la performance du bâtiment lui-même. Elles ne prennent pas en compte les trois dimensions du développement durable (environnementales, économiques et sociales) même si elles se définissent comme un système qui évalue **la durabilité**.

La dimension sociale est évaluée depuis l'angle de la santé et le bien-être humain avec un esprit d'amélioration du confort et de la productivité. Seulement deux sous-thématiques sont accordées de près ou de loin aux aspects sociaux, ce sont l'accessibilité et les pratiques de construction responsable. Cette dernière est principalement focalisée sur l'impact environnemental du chantier alors que l'aspect social est pris en compte lors qu'on parle de santé et de sécurité des travailleurs.

L'aspect économique est abordé lors de la thématique gestion dont le coût est évalué par rapport à toute la durée de vie et du service du bâtiment.

Kaatz, 2006 qualifie ces outils comme « méthodes d'évaluation du bâtiment vert » car évaluent principalement les aspects environnementaux du bâtiment.

Il y a des outils qui vont au-delà et évaluent la durabilité depuis les aspects sociaux, économiques et environnementaux. A ces certifications Kaatz appelle « méthodes d'évaluation de la durabilité du bâtiment » (Kaatz, 2006).

Ref-B, l'outil d'évaluation belge se définit également comme une « certification des bâtiments durables ». Cependant sa « volonté est de placer les aspects énergétiques et environnementaux en avant » (Gendre & Hauglustaine, 2013). En effet le contexte du pays fait que ces deux aspects soient prioritaires au niveau du pays comme au niveau Européen.

Même si le référentiel est focalisé sur l'énergie et les aspects environnementaux ce n'est pas pour autant qu'il ne traite pas la dimension sociale. Deux thématiques lui sont consacré : « Bien-être, confort et santé » et « environnement humain ou aspects sociaux ». Malgré les efforts faits par le référentiel, l'évaluation des aspects sociaux détient la pondération la plus faible du référentiel car elle est essentiellement focalisée sur l'accessibilité du bâtiment.

L'aspect économique est abordé par la thématique « gestion » qui traite de la faisabilité financière à long terme ainsi que par la thématique « environnement humain », dont le but est de lutter contre la pauvreté matérielle et l'insécurité des revenus.

Les buts sociaux et économiques d'un bâtiment vont au-delà de son accessibilité et au-delà du plan financier comme abordé par les instruments d'évaluation BREEAM et Ref-B. En effet, les caractéristiques du bâtiment peuvent contribuer à la création des places d'emploi et/ou assurer l'accès des grands publics aux différents services tels que des installations sportives, des banques ou des zones vertes (Gibberd, 2008).

L'instrument d'évaluation Runa Allpa Sumac essaie d'aborder les trois dimensions du développement durable. Il propose toute une liste d'indicateurs de durabilité qu'abordent les aspects sociaux et environnementaux ; les aspects économiques de leur côté sont abordés par les indicateurs sociaux et ont un but social. Exemple : stimuler l'économie locale, réduire le déficit de logements, donner du travail aux plus pauvres, etc.

Même si les trois certifications se voient comme des systèmes qui évaluent la durabilité des bâtiments, ce n'est pas le cas à 100%. Les instruments mis en place par les pays développés doivent aborder les aspects sociaux au même titre que la partie environnementale. Tandis que, l'outil développé en Equateur, qui a pour but de répondre aux besoins sociaux des pays en développement doit aborder l'aspect économique et environnemental de manière plus minutieuse. En effet, si on aborde la durabilité on ne peut pas laisser de côté une des dimensions car elles se voient indissociables l'une de l'autre.

2. COMMENT LES INSTRUMENTS ÉVALUENT-ILS LA DIMENSION SOCIALE ?

Les deux certifications des pays développés privilégient les performances énergétiques et environnementales en dépit des aspects sociaux (UNEP-IETC & CIB, 2002). En effet, la durabilité est un concept nouveau dans le secteur du bâtiment et elle n'est pas encore perçue comme un modèle intégré dans la prise de décisions. À l'heure actuelle, elle est considérée comme un atout « bon à avoir » et « bon à montrer ».

Les trois instruments d'évaluation perçoivent les aspects sociaux de différents points de vue. Dans cet exercice, deux habitations unifamiliales ont été évaluées, ceci nous amène à penser l'habitation comme un endroit qui va au-delà de sa construction physique. Un logement, qui prend en compte la dimension sociale devra être adéquat, salubre, confortable, intégré à la ville, et son espace physique devra faciliter l'interaction sociale des occupants avec son environnement.

Pour les deux référentiels issus des pays développés le bien-être humain, la santé, et le confort sont des thématiques bien développées et rigoureuses. Dans le cas de BREEAM, la thématique santé et bien-être a pour but d'améliorer la qualité de vie des occupants (BREEAM, 2017), le référentiel évalue 9 sous-thématiques, parmi elles, le confort visuel, thermique, acoustique... etc. Deux conditions préalables sont à remplir, l'interdiction d'amiante, dans l'évaluation de la qualité d'air et l'imposition du choix de ballasts électroniques pour les luminaires.

La certification s'ajuste aux normes du pays. Néanmoins si elles sont inexistantes une alternative d'évaluation n'est pas toujours proposée, c'est le cas de la sous-thématique qualité de l'air ou des pratiques de construction responsable.

En ce qui concerne le bien-être/ aspects sociaux deux sous-thématiques ont été identifiées : l'accessibilité, prise en compte dans la thématique santé et bien-être et les pratiques de construction responsables de la thématique gestion.

Pour BREEAM l'accessibilité est prise en compte comme l'accès et l'utilisation sécurisée d'un bâtiment, principalement pour les personnes âgées et à mobilité réduite. La sous-thématique « pratiques de construction responsable » prend en compte les aspects environnementaux et sociaux en phase de conception et de construction. Elle se limite à l'évaluation du chantier.

Pour le référentiel belge Ref-B le confort humain est pris en compte par la thématique « bien-être, santé et confort ». Le but de cette thématique est d'offrir des bonnes conditions d'usage et de confort pour le plus grand nombre.

Cet instrument d'évaluation fait référence aux normes belges et européennes. Dès lors, des spécialistes et des appareils sophistiqués sont nécessaires, ce fut le cas du confort acoustique.

Ref-B prend en compte les aspects sociaux, une thématique lui est dédiée. Pour le référentiel, les bâtiments hébergent et organisent des activités sociales, dès lors l'évaluation des impacts sociaux est importante. Malgré les efforts faits par le référentiel, l'évaluation des aspects sociaux détient la pondération la plus faible du référentiel. En effet, elle est essentiellement focalisée sur l'accessibilité du bâtiment.

L'instrument d'évaluation Runa Allpa Sumac aborde davantage les aspects sociaux. Toute une série d'indicateurs lui sont consacrés. En effet, vu le contexte dans lequel le référentiel est appliqué, des politiques sociales sont non seulement importantes mais nécessaires.

En ce qui concerne les aspects du confort humain, l'outil résume le bien-être et le confort à un seul indicateur : Maison saine, ceci fait référence au confort thermique, visuel et acoustique.

L'un des aspects le plus important se voit réduit à un seul indicateur. En effet, en Equateur le problème du déficit de logement est un problème principalement qualitatif et pas quantitatif « le 45% de 3,8 millions de familles équatoriennes habitent dans une maison insalubre et inadéquate »(MIDUVI, 2009).

Un des apports importants que fait l'instrument d'évaluation est celui de considérer dans la phase de conception la prévention des risques occasionnés par les désastres naturels. Dans un pays comme l'Equateur cette mesure de prévention peut être très importante.

Cet indicateur peut être utilisé comme faisant partie du volet social mais aussi de l'économique en prenant en compte les économies qui peuvent représenter la conception d'un bâtiment qui peut faire face aux catastrophes naturelles du contexte.

Discussion :

Puisque c'est une certification internationale qui offre une valeur commerciale, BREEAM met l'accent sur les thématiques rentables financièrement. Ces thématiques sont les performances énergétiques, environnementales, et dans le cas d'un bâtiment tertiaire le bien-être de l'occupant. Néanmoins, les thématiques sociales n'ont pas encore une importance réelle.

Même si l'aspect social n'est pas oublié par le référentiel Ref-B les indicateurs se limitent au bâtiment. Les impacts sociaux externes du bâtiment ne sont pas analysés. Le traitement et le respect de la législation des travailleurs ne sont pris en compte, alors qu'en Belgique le secteur de la construction est un des plus touchés par le travail en noir.

Privilégier des postes de travail aux personnes précarisées et devra aussi être encouragé au moyen de ce référentiel. En plus des bénéfices sociaux ceci permettra aussi la stimulation de l'économie.

Runa Allpa Sumac met l'accent sur les aspects sociaux qu'un bâtiment doit accomplir dans un pays en voie de développement, néanmoins le référentiel n'indique pas comment son évaluation devra être effectuée. Dans les pages qui suivent un point de discussion sera dédié à l'exhaustivité de cet outil. L'outil réduit le confort humain à seulement un indicateur, qui d'ailleurs est évalué

de manière subjective, alors que c'est un des points les plus importants pour le contexte dans lequel il a été développé.

Ces outils sont-ils adéquats à une évaluation locale ? Quelle importance dans les pays développés (PD), pays en développement (PED) et dans les certifications internationales.

3. UNE CERTIFICATION INTERNATIONALE ?

Depuis 2008 BREEAM s'est établie comme certification internationale spécialement destinée aux pays européens. Son approche fait appel à certaines adaptations des réglementations locales. Ceci fait son point fort : être une certification de renom mondial adaptée au contexte local (Vallejo, 2014). Néanmoins, puisque c'est un référentiel conçu par les pays développés il est dirigé pour les bâtiments conçus selon le modèle européen.

Lorsqu'on évalue le critère « normes de santé et de sécurité » de la sous-thématique « pratiques de construction responsable » : en Equateur le secteur de la petite construction spécialement des logements n'est pas normalisé par l'état, il est « normal » que les indépendants travaillent en noir. Souvent les voisins ou membres de la famille sont ceux qui rendent service et aident à la construction, dès lors aucune mesure de santé ou de sécurité est respectée voire connue. La certification passe à côté de l'évaluation des aspects sociaux et culturels que peut avoir ce type d'organisation.

Même si ces aspects sont difficiles à évaluer car basés sur des entretiens et des hypothèses, il faudra d'abord normaliser les activités économiques dans le pays avant de passer à une certification des bâtiments telle que proposée par BREEAM. Ceci n'est pas le cas de la maison en Belgique puisqu'elle intègre la réglementation nécessaire pour effectuer l'évaluation de cette sous-thématique.

Également, le référentiel passe à côté des priorités du pays, ainsi que des aspects sociaux. En effet ce référentiel se focalise sur l'analyse des performances énergétiques et environnementales du bâtiment et du confort de ses occupants. Il passe à côté des impacts collatéraux du bâtiment tels que la pauvreté du pays, le taux de chômage, ou la nécessité des logements.

Pour privilégier l'architecture traditionnelle, prendre en compte les priorités du pays ainsi que ses aspects sociaux et culturels une connaissance préalable du pays est nécessaire, et dès lors, une adaptation de l'outil au contexte local. Une solution peut être l'accréditation d'un « National Scheme Operator » ou l'opérateur national BREEAM. Cet opérateur peut se charger de l'adaptation des normes, de la langue et de la pratique de construction du pays. Pour le moment, il existe dans neuf pays européens (Vallejo, 2014).

C'est évident que l'application de Ref-B en Equateur révèle quelques d'incohérences lors qu'on a appliqué un référentiel national à un contexte tout à fait différent. Voici les plus évidentes :

- Le critère « accès aux espaces extérieurs » : Selon l'évaluation soumise aux exigences du référentiel Ref-B, l'accès est adéquat et sécurisé. Néanmoins dans la pratique, cela ne l'est pas, car le terrain est rugueux, difficilement accessible voire dangereux pour des personnes à mobilité réduite. Aucune exigence n'existe par rapport à l'irrégularité du terrain, en effet, l'évaluation est centrée sur le bâtiment et non sur l'extérieur.
- Lors de l'évaluation du confort thermique en période estivale une simulation thermique de risque de surchauffe a été nécessaire. Le référentiel exige une limite de température de 26° C or, selon le climat équatorien 26° est une température moyenne. Résultat de cela, selon la simulation thermique un risque de surchauffe est présente près de la moitié du temps (3 958h de l'année).
- Le critère « l'accessibilité au coût du logement » est une des incohérences dans l'applicabilité de l'outil d'évaluation. D'abord, pour son accomplissement le logement doit être reconnu en tant que logement social locatif ou acquisitif. Néanmoins ce n'est pas le cas, car en effet, le statut de « logement social » est inexistant en Equateur. Deuxièmement, ce type de maison coûte environ 2000 dollars, un prix bas en comparaison aux autres logements en Equateur. Il sera intéressant d'attribuer des points non seulement aux logements type sociaux mais aussi aux logements qui ont la même vocation sociale, tels que des projets « low-cost ».

L'applicabilité du référentiel Runa Allpa Sumac n'a pas posé des problèmes. En effet, les indicateurs à évaluer n'ont aucune méthodologie ni critères d'évaluation, elle s'avère assez subjective. Le point rigueur de Runa Allpa Sumac traitera plus en détail ce point.

Lors de l'évaluation on a constaté que les indicateurs sociaux tels que : stimulation de l'économie, création de travail pour les locaux, réduction du déficit de logements peuvent également s'appliquer au contexte belge. Même si les indicateurs ont été pensés en accord aux besoins sociaux des pays en développement on constate que ces besoins sociaux peuvent aussi avoir une importance pour les classes les plus précarisées des pays développés.

Finalement on constate, lors de l'application des certifications dans la maison en Equateur que les référentiels BREEAM et Ref-B ne prennent pas en compte les caractéristiques du pays.

BREEAM se voit plus adapté au contexte belge car la Belgique est plus réglementée par rapport au contexte « européen » et les modèles de construction ainsi que la culture et les besoins font partie du modèle occidental pris en compte par BREEAM.

Dès lors on arrive à la conclusion que, puisque l'Equateur et la Belgique (pays en développement ou pays développé) n'ont pas les mêmes caractéristiques, la pondération des critères devra être en accord avec les priorités du pays, la typologie, le climat, les aspects culturels...

Si une certification internationale ou issue d'un pays développé veut être appliquée à un autre contexte, il est important d'adapter le référentiel au contexte local et d'établir des pondérations en accord à la situation.

4. RÉSULTATS

Ces constats établis, le point qui suit traite l'analyse des résultats issus des évaluations effectuées

RESULTATS BREEAM				
Section BREEAM	Sous-thématique	Maison Equateur Crédits obtenus	Maison Belgique Crédits obtenus	Crédits disponibles
SANTÉ ET BIEN-ÊTRE	Performance acoustique	0	0	4
	Confort visuel	2	4	4
	Confort Thermique	1,5	1	2
	Qualité de l'air	1,75	0,89	2
	Accessibilité	0	0	2
	Total crédits	5,25	5,93	14
	Pourcentage de crédits obtenus	37,50%	42,07%	
	Pondération pour la section santé, bien-être	0,14	0,14	
	TOTAL SECTION	5,25%	5,89%	
GESTION	Pratiques de construction responsable	0	0	3
	Total crédits	0	0	3
	Pourcentage des crédits obtenus (%)	0,00%	0,00%	
	Pondération pour la section gestion	0,12	0,12	
	TOTAL SECTION	0	0	
	SCORE DE L'ÉVALUATION /100%	20%	23%	

Tableau 6 : Résultats BREEAM

On constate que les scores obtenus sont assez similaires. Les différences les plus importantes se trouvent dans les sous-thématiques le confort visuel et qualité de l'air intérieur. En effet, la maison belge ayant un système de ventilation double-flux, l'évaluation est plus rigoureuse par rapport à la conception et localisation du système.

Par rapport au confort visuel la maison équatorienne n'a pas suffisamment d'entrées de lumière dans la cuisine, la mise en place d'une seule fenêtre pourra augmenter la cotation.

Pour la sous-thématique « pratiques de construction responsable » aucune maison n'a respecté les critères. Les critères ont été spécialement dirigés à la phase de conception et de construction. Les deux maisons construites il y a 15 et 7 ans. Les documents de preuve n'ont jamais existé (cas équatorien) ou n'ont pas été retrouvés (cas belge). Néanmoins des constats ont été réalisés lors de la phase d'utilisation, ainsi :

Maison belge : consommation élevée d'électricité par rapport à la moyenne belge et consommation d'eau normale, il faut souligner que la maison a une citerne de collecte d'eau de pluie. Les consommations sont disponibles à

Maison équatorienne : consommation basse en eau et en électricité par rapport à la moyenne du pays. Les consommations sont disponibles à la Figure 20 : consommation d'eau, en litres, de la maison évaluée (Saint-Vith). Source : documentation fournie par les occupants 43.

Le logement belge est une maison à basse consommation d'énergie et qui a des mécanismes de réduction de consommation d'eau. Or ce n'est pas le cas. Quelle donc est la raison de cette consommation ? Je m'interroge sur l'action de « l'effet rebond »³, néanmoins ceci ne fait pas l'objet de cette étude, dès lors il ne sera pas abordé.

RESULTATS Ref-B

SECTION	Sous-thématique	Maison Equateur		Maison Belgique			
		Crédits obtenus (P)	(P * W)	Crédits obtenus (P)	(P * W)	Crédits disponibles	Pondération (W)
BIEN-ÊTRE, CONFORT SANTÉ	Performance acoustique	Façade calme	10	3,3	10	3,3	0,33
		Emergences	10	3,3	2,5	0,825	0,33
		Niveau de bruit max dans les espaces occupés	0	0	2,5	0,825	0,33
		$\Sigma(P*W) = /10$			4,95		
	Confort visuel	Poids relatif de la rubrique = 0,3	Score max pondéré /3		1,98		
		Approche du confort visuel	7,5	2,25	10	3	0,3
		Eclairage naturel	0	0	10	6	0,6
		Eclairage artificiel	10	1	10	1	0,1
		$\Sigma(P*W) = /10$		3,25		10	
		Poids relatif de la rubrique = 0,3	Score max. pondéré /3		0,975		3
	Confort Thermique	Confort en période estivale	5	5	7	5,25	0,75
		Vitesse de l'air	Annulé		0	0	0,25
		$\Sigma(P*W) = /10$		5		5,25	
		Poids relatif de la rubrique = 0,15	Score max pondéré /1,5		0,75		0,788
	Qualité de l'air	Disposer de l'air neuf	Condition préalable non respecté		8	4,8	0,6
		Renouvellement de l'air	0	0	10	4	0,4
		$\Sigma(P*W) = /10$			8,8		
		Poids relatif de la rubrique = 0,25	Score max pondéré /2,5		0		2,2
	Score obtenu pour le thème /10		3,705		7,473		

Tableau 7 : Résultats Ref-B confort humain

3 « On appelle "effet rebond" la façon dont certains gains environnementaux obtenus grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique (isolation, chauffage plus performant, etc.) vont être annulés par une augmentation des usages » (Alternatives économiques, 2017)

Dans le tableau précédent, le non-respect de la condition préalable « prise en compte du radon » de la sous-thématique « qualité de l'air » a été pris en compte. Dès lors la sous-thématique obtient une cote de 0. Néanmoins sans prendre en compte cette condition les résultats seront les suivants :

Qualité de l'air	Disposer de l'air neuf	10	6	8	4,8	10	0,6
	Renouvellement de l'air	10	4	10	4	10	0,4
	$\Sigma(P*W) = /10$		10		8,8		
	Poids relatif de la rubrique = 0,25		Score max pondéré /2,5	2,5	2,2		
Score obtenu pour le thème /10			6,205		7,473		

Sans prendre en compte la condition préalable la sous-thématique, les résultats sont plus égaux.

Néanmoins, cette condition ne peut pas être ignorée dû au constat de la présence de radon dans le pays. En effet, l'Equateur est un des pays d'Amérique latine qui présente un risque majeur d'exposition au radon. Des investigations concernant ce sujet sont d'importance majeure dans ce pays.

RESULTATS Ref-B

Section	Critère	Maison Equateur		Maison Belgique			
		Crédits obtenus (P)	(P * W)	Crédits obtenus (P)	(P * W)	Crédits disponibles	Pondération (W)
Environnement humain	Quartier vivant	10	10	0	0	10	1
		$\Sigma(P*W) = /10$		10	0		
		Poids relatif de la rubrique = 0,3166	Score max pondéré /3,166	3,166	0		
	Accessibilité du coût	0	0	0	0	10	1
		$\Sigma(P*W) = /10$		0	0		
		Poids relatif de la rubrique = 0,3416	Score max. pondéré /3,416	0	0		
	Accessibilité Intégrale	0	0	0	0	10	1
		$\Sigma(P*W) = /10$		0	0		
		Poids relatif de la rubrique = 0,3416	Score max pondéré /3,416	0	0		
Score obtenu pour le thème /10		3,17	0				

Tableau 8 : Résultats Ref-B thématique « environnement humain »

Score Totale Ref-B obtenu par les deux thématiques en RESPECTANT les conditions préalables	Maison Equateur	Maison Belgique
	3,44	3,74

Score Totale Ref-B obtenu par les deux thématiques SANS prendre en compte les conditions préalables	Maison Equateur	Maison Belgique
	4,69	3,74

Lorsqu'on évalue les deux logements avec un instrument belge qui est adapté au contexte belge, on constate que lors de l'évaluation du confort humain la maison belge a obtenu une cote beaucoup plus importante que la maison équatorienne, cela est surtout dû au non-respect de la condition préalable concernant la prise en compte du radon et à l'inadéquation des normes belges dans un contexte équatorien.

Lors de l'évaluation de la thématique « environnement humain » on constate que la maison équatorienne obtient une cote supérieure à la maison belge principalement due au respect du critère « quartier vivant ». Ceci fait remarquer que la tendance occidentale est de posséder un espace privé sans interaction avec le quartier, dès lors une communauté vivante et inclusive est plus difficilement atteignable surtout pour les générations futures. C'est là, qu'on perçoit l'importance d'octroyer plus de poids aux aspects sociaux dans le référentiel « Ref-B ».

RÉSULTATS RUNA ALLPA SUMAC

Indicateurs	Maison Equateur	Maison Belgique	Points disponibles
	Points obtenus	Points obtenus	
MAISON Saine	6	8	10
ACCESSIBILITÉ ET INCLUSION SOCIALE	6	3	10
CONTRIBUTION À LA RÉDUCTION DU DÉFICIT DE LOGEMENT	10	3	10
STIMULATION DE L'ÉCONOMIE	5	7	10
CRÉATION DES SOURCES DE TRAVAIL	5	5	10
CONSOMMATION DE GAZ, EAU, ÉLECTRICITÉ	10	5	10
DISPONIBILITÉ DES SERVICES BASIQUES	6	10	10
ÉVITE RISQUES DE DÉSASTRES	10	10	10
Total	8,29	7,29	

Tableau 9 : Résultats Runa Allpa Sumac

Les indicateurs ci-dessus pris en compte par l'instrument d'évaluation peuvent effectivement être appliqués au contexte belge, avec certaines modifications et ayant une cotation adéquate selon les priorités du pays.

On vient d'évaluer deux contextes tout à fait différents. Une maison belge avec une famille de trois personnes. Elle a été construite en prenant en compte la façon de vivre et les envies des futurs habitants pour leur offrir un maximum de confort et d'autonomie. De son côté la maison équatorienne héberge 7 personnes (deux parents, le grand-père, et quatre enfants) et n'a été construite dans le but uniquement d'abri.

Néanmoins, contrairement à ce qu'on aurait pu penser, il s'avère que les deux maisons ont un résultat assez similaire par rapport à l'évaluation de la dimension sociale. La maison belge a obtenu des excellents points en ce qui concerne l'évaluation Ref-B du confort humain. Cependant, la maison ne respecte pas les critères de la thématique environnement humain, raison pour laquelle son résultat général a baissé. En effet, en Belgique les aspects sociaux ne sont pas prioritaires à l'heure de construire.

Ayant obtenu des côtes similaires des deux maisons évaluées, on constate que les maisons traditionnelles équatoriennes peuvent être aussi confortables qu'une maison construite de façon occidentale. Elle peut également contribuer à la satisfaction des besoins sociaux des pays en développement en même temps qu'elle renforce l'identité culturelle de la population, aspect assez important de la dimension sociale du développement durable (Boucher et al., 2010).

5. L'ACCESSIBILITÉ, UN TERME REMPLI DE NUANCES

L'accessibilité est perçue de différentes manières par les trois certifications. Selon BREEAM la sous-thématique « accessibilité » a pour but de permettre un accès et une utilisation sécurisée du bâtiment. Les critères d'évaluation renvoient vers la législation du pays. Dans le cas équatorien, celle-ci est inexistante. Des lors, BREEAM renvoie vers la vérification de 16 critères développés par la fondation britannique « Life Time homes »⁴

Dans le cas belge la législation est assez complète. Néanmoins la législation belge perçoit l'accessibilité comme l'accès sécurisé au bâtiment, elle emploie les termes logement « adapté et adaptable » pour se référer à l'utilisation du bâtiment.

Pour le Référentiel Ref-B, l'accessibilité peut être intégrale et économique. L'accessibilité intégrale fait référence à la « visitabilité » et à l'adaptabilité du logement aux personnes handicapées, alors que l'accessibilité économique fait référence au prix d'achat ou de loyer du logement.

Finalement l'outil Runa Allpa Sumac interprète le terme accessibilité comme accessibilité au bâtiment et non comme l'accessibilité et inclusion sociale de tout un chacun.

Par rapport à l'accessibilité comprise telle que l'accès et l'utilisation sécurisée du bâtiment pour des personnes à mobilité réduite, sans effectuer une évaluation on pouvait constater, uniquement en visitant l'endroit que le bâtiment ne répondait pas aux exigences. Ce fût le cas

⁴ Les 16 critères peuvent être consultés à l'adresse suivante : <http://www.lifetimehomes.org.uk/>

des deux maisons. A mon avis BREEAM et Ref-B peuvent diviser cette thématique en logement accessible, adaptable, et adapté, comme dicté par la législation belge, laissant une marge de manœuvre aux personnes de choisir leur logement en accord aux besoins. En plus de cette remarque des conditions préalables devraient être exigées. En effet, lors de l'évaluation BREEAM on a remarqué que les chambres de la maison belge accomplissent pleinement les exigences du « Life time Homes ». Néanmoins elles sont inaccessibles pour une personne en fauteuil roulant (entrée possible seulement via des escaliers non conformes aux exigences).

6. MANQUE DE RIGUEUR EN RUNA ALLPA SUMAC

Même si le référentiel est beaucoup plus adéquat au contexte équatorien que les autres deux référentiels, il manque à mon point de vue une méthodologie d'évaluation qui permette à chaque indicateur d'avoir des critères d'évaluation pour une cotation beaucoup plus objective. Pour le moment l'évaluation est très intuitive et laissée à la libre interprétation de l'évaluateur.

Des problèmes ont été rencontrés lors de l'évaluation de l'indicateur « accessibilité et inclusion sociale ». Puisqu'il n'y a pas de méthodologie existante, il est difficile de savoir ce qui implique le terme accessibilité. Même constat pour l'inclusion sociale, de quelle manière peut-elle être évaluée ? à quels types de bâtiments s'adresse-t-elle ?

Un autre constat est le confort humain, son évaluation se réduit à un seul indicateur. Assez simpliste car en Equateur cet indicateur a une réelle importance dû au déficit de qualité des logements et en Belgique cette thématique commence à être une des raisons les plus importantes pour construire durable. De plus cet indicateur n'a pas de méthodologie d'évaluation, il se contente de la perception des occupants au moment de l'évaluation.

Une distinction par type de bâtiment (tertiaire -commercial -logement) est nécessaire. Lors des deux évaluations, différents indicateurs ont obtenu une cotation assez basse due à ce manque de distinction, un des exemples est l'indicateur « création d'emploi ». Le but est d'évaluer si le projet crée de l'emploi, mais lors de la phase d'utilisation aucune des deux maisons ne le fait. En effet, l'activité commerciale n'est pas le but premier d'un logement, dès lors ce critère devra être principalement destiné aux bâtiments tertiaires et commerciaux. Masi ceci ne signifie pas l'élimination de cet indicateur pour les logements ; il devra seulement être pondéré en accord au type de bâtiment. En effet, il arrive qu'une partie des logements peut être aménagée et accueillir une activité commerciale.

Finalement, je veux souligner que le but d'une certification n'est pas seulement d'évaluer la durabilité du bâtiment mais de donner des pistes d'amélioration pour atteindre la durabilité. Il est important que le référentiel établisse une méthodologie appropriée d'évaluation pour qu'elle permette, par la suite, d'établir des indices d'amélioration.

7. ÉVALUATION PENDANT LA CONSTRUCTION ET APRÈS ?

Les certifications sont prises en compte principalement lors du processus de conception et de construction. L'évaluation Ref-B de la thématique gestion du bâtiment « s'arrête au moment où le bâtiment est livré. Pour tout ce qui concerne l'exploitation du bâtiment, seuls les moyens mis en œuvre pour l'anticiper, la faciliter et la préparer sont évalués » (Ref-B, 2012). Même constat pour la sous-thématique qui concerne la qualité de l'air intérieur. Seule la conception de l'installation de ventilation est évaluée et non l'utilisation. Aucun critère n'exige le contrôle et la maintenance du système.

BREEAM évalue seulement les étapes de conception et les mesures de construction. Néanmoins, pour l'évaluation de l'utilisation une autre type de certification « In-Use » est disponible, l'évaluation de ceci n'as pas fait partie de cette étude.

Ref-B de son côté évalue les étapes de conception, construction et utilisation, par exemple :

Conception : le bâtiment évite les risques de désastres

la maison est construite selon des techniques traditionnelles

Construction : maison saine

Utilisation : stimulation de l'économie locale

suivi des consommations d'eau, gaz, électricité.

Cependant, un bâtiment durable devra prendre en compte les impacts qu'il va générer tout au long de son cycle de vie, or ce n'est pas toujours le cas. Dans cette étude, nous analysons seulement la dimension sociale d'un bâtiment durable, or lors des évaluations on constate que le confort humain doit être pensé depuis l'étape de conception jusqu'à l'étape de renovation en passant par l'utilisation et la maintenance. Dans le cas des aspect sociaux, l'évaluation du bâtiment peut aller même jusqu'à l'étape de destruction. De ce fait, il est important de prendre cette dimension au sérieux et penser aux conséquences sociales que le bâtiment peut générer. En effet, selon mon avis il faudrait pousser l'analyse jusqu'à la possibilité d'ajouter une espèce de « condition préalable éthique ». Ce seront des indicateurs qui empêcheront la certification si des facteurs contraires à la dignité humaine se développent à l'intérieur du bâtiment.

8. LES CERTIFICATIONS SONT-ELLES ACCESSIBLES POUR UN CHANGEMENT AU NIVEAU MONDIAL ?

En vue d'un changement radical du modèle actuel de la construction vers la durabilité, les instruments d'évaluation devront être accessibles au plus grand nombre de constructions, que ce soit aux pays développés comme en voie de développement. Or ceci n'est pas encore le cas,

la certification BREEAM que ce soit en Amérique Latine ou en Europe reste accessible seulement à certains projets d'un niveaux socio-économique élevé.

Ref-B se voit comme un référentiel qui pourra être accessible pour l'ensemble de la population. Néanmoins pour mettre en place l'évaluation, des nombreux instruments et connaissances en matière de durabilité sont nécessaires. Ceci implique la sous-traitance par un bureau d'études.

Dans le cas de l'instrument Runa Allpa Sumac, le projet universitaire devra compter sur un appui technique pour la révision des indicateurs et l'établissement d'une méthodologie d'évaluation avant sa publication. Une fois l'instrument publié, une entité devra se charger de l'évaluation et de la certification.

Pour éviter que les certifications soient destinées uniquement à une partie du parc immobilier, selon mon avis, elles devront être coordonnées et supervisées par l'administration publique. Ce qui veut dire avoir une certification qui veille aux intérêts sociaux et non privés et qui cesse d'être une simple stratégie de marketing pour devenir un véritable instrument de politique environnementale.

Conclusions

Même si à l'heure actuelle les instruments d'évaluation environnementale sont utilisés comme outils de marketing et pour ses bénéfices économiques, (prix de l'immobilier plus cher, coût d'opération moindre), ces instruments ont un rôle important à jouer, puisqu'ils vont au-delà des réglementations. Ils peuvent semer les bases de transformation dans la façon de concevoir, de construire et d'utiliser un bâtiment. Dès lors, ces évaluations contribuent au changement radical du système actuel de construction vers la durabilité.

Néanmoins, un changement véritable ne peut être possible que si la durabilité est évaluée en tant que système incluant les trois dimensions du développement durable (environnementale, social et économique).

Le bâtiment et principalement le logement est complexe dans son essence, vu sa relation avec l'homme, l'environnement, l'économie et la société. Une analyse qui privilège seulement les aspects techniques ou économiques n'est pas envisageable vu l'importance de l'aspect social et culturel, qui ne peut pas être laissé de côté.

Les thématiques relatives au confort humain sont pris en compte de manière exhaustive par BREEAM et Ref-B contrairement à l'outil Runa Allpa Sumac. Cependant BREEAM n'octroie pas d'importance réelle aux aspects sociaux et même si le référentiel Ref-B prend en compte ces aspects, les critères se limitent aux impacts du bâtiment en tant que tel mais les impacts collatéraux ne sont pas pris en compte (création d'emploi, stimulation de l'économie local...).

La prise en compte de cette dimension devra être essentielle pour assurer les besoins des générations futures dans les pays développés. En effet on constate, à partir de l'application de l'outil Ref-B à un logement belge que les aspects sociaux (contribution à un quartier vivant, ou accessibilité) ne sont pas pris en compte à l'heure de concevoir et de construire un logement. Ces pays, pourront également utiliser certains des indicateurs du référentiel Runa Allpa Sumac tels que « création d'emploi locaux ou stimulation de l'économie » non seulement pour les bénéfices sociaux mais aussi économiques qu'ils peuvent engendrer.

Pour les pays en développement, il est clair que les priorités sont plus de l'ordre social, et surtout liées aux problématiques de pauvreté. Néanmoins, il ne faut pas négliger des aspects tels que le confort humain, qui englobe « la santé, le bien-être et le confort ». Prendre en compte ces éléments en rapport avec les principes de durabilité permettra, selon moi, d'élever à un certain niveau, la qualité de vie des habitants. Pour cela l'établissement des réglementations adéquates et l'investigation niveau santé (radon, pollution atmosphérique) sont nécessaires.

Mais cette dimension ne devra pas seulement être analysée lors de la phase de conception et de construction mais bien plus encore. En effet, le confort humain peut avoir des impacts sur les occupants jusqu'à la phase de rénovation en passant par l'utilisation et la maintenance. De leur

côté, les aspects sociaux peuvent avoir des impacts même jusqu'à la phase de destruction du bâtiment.

De ce fait, il devra être impensable qu'un bâtiment certifié puisse développer des activités contraires à la dignité humaine (« esclavage moderne », travail d'enfants, greenwashing...) en son intérieur. Dès lors, une « condition préalable éthique » pourrait être ajoutée à l'évaluation jusqu'à empêcher la certification.

Implémenter un outil d'évaluation dans un projet implique le choix entre un référentiel tel que BREEAM, reconnu à niveau international et qui applique les normes du pays mais qui ne prend pas en compte son contexte. Ou bien, utiliser (s'il existe) le système d'évaluation et certification nationale (Ref-B et Runa Allpa Sumac) développé pour intégrer les caractéristiques et les besoins du pays, par exemple : développement économique, politiques publiques, normes etc.

En vue d'une certification internationale, et pour implémenter des transformations profondes vers la durabilité du secteur du bâtiment BREEAM devra prendre en compte les caractéristiques du contexte et adapter le référentiel en fonction. La pondération des critères devra être aussi en accord avec les priorités, les besoins du pays, la typologie, le climat et les aspects culturels.

Néanmoins l'application d'un modèle international comme BREEAM peut amener à l'homogénéisation d'un type de construction au détriment des formes d'architecture traditionnelle.

Vu le coût élevé de la certification, uniquement certains projets d'un niveau socio-économique élevé peuvent y avoir accès. Or pour un changement profond, les instruments d'évaluation devraient être accessibles au plus grand nombre possible de constructions.

De leur côté, les systèmes d'évaluation nationale tels que Ref-B et Runa Allpa Sumac sont des référentiels qui ont été mis en place par des organisations sans but lucratif ou dans le cadre d'une investigation académique. Ils pourront permettre une transformation radicale du modèle chacun dans leur pays.

L'outil d'évaluation Runa Allpa Sumac devrait avant tout fixer une méthodologie d'évaluation plus exhaustive qui permette d'évaluer de manière plus objective les indicateurs de durabilité ainsi qu'établir des pondérations plus en accord avec la réalité équatorienne.

Pour éviter que les certifications soient destinées à seulement une partie du parc immobilier, elles devraient être coordonnées et supervisées par l'administration publique. Cela veut dire promouvoir une certification qui cesse d'être une simple stratégie de marketing pour devenir un véritable instrument de politique environnementale.

Bibliographie

- Alternatives économiques. (2017). L'effet rebond : quand l'efficacité énergétique accroît la demande | Alternatives Economiques. Retrieved August 14, 2017, from <https://www.alternatives-economiques.fr/leffet-rebond-lefficacite-energetique-accroit-demande/00066786>
- AQUAWAL. (2017). La consommation d'eau | AQUAWAL, tout savoir sur l'eau. Retrieved August 3, 2017, from <https://www.aquawal.be/fr/consommation-d-eau.html?IDC=528>
- BBC MUNDO. (2016). El secreto de los edificios que no se cayeron durante el terremoto de Ecuador - BBC Mundo. Retrieved August 18, 2017, from http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160422_ecuador_terremoto_problemas_construccion_es_arquitectura_ab
- BREEAM. (2016). *BREEAM International New Construction 2016 -Technical Manual*. Retrieved August 19, 2017, from http://www.breeam.com/filelibrary/TechnicalManuals/BREEAM_International_NC_2016_Technical_Manual_2.0.pdf
- BREEAM. (2017). BREEAM. Retrieved August 17, 2017, from <http://www.breeam.com/>
- Canoba, A., López, F. O., Arnaud, M. I., Oliveira, A. A., Neman, R. S., Hadler, J. C., Iunes, P. J., et al. (n.d.). Indoor radon measurements in six Latin American countries. Retrieved June 26, 2017, from http://www.geofisica.unam.mx/unid_apoyo/editorial/publicaciones/investigacion/geofisica_internacional/anteriores/2002/04/canoba.pdf
- CELINE. (2017a). Moyenne annuelle NO2 — Français. Retrieved July 31, 2017, from <http://www.irceline.be/fr/qualite-de-lair/mesures/dioxyde-dazote/history>
- CELINE. (2017b). PM 10 Moyenne annuelle — Français. Retrieved July 31, 2017, from <http://www.irceline.be/fr/qualite-de-lair/mesures/particules-fines/history>
- CEPAL. (2015). Se estanca la reducción de la pobreza y la indigencia en la mayoría de los países de América Latina | Comunicado de prensa | Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Retrieved July 9, 2017, from <http://www.cepal.org/es/comunicados/se-estanca-la-reduccion-de-la-pobreza-y-la-indigencia-en-la-mayoria-de-los-paises-de>
- Cesano, D., & Russell. (2015). Construcciones ecológicas en América Latina. *Apuntes de InvestigAcción* N° 4,. Retrieved May 3, 2017, from <file:///C:/Users/vdb/Downloads/22318892015713202622.pdf>
- Coeudevez, C.-S., & Déoux, S. (2011). *Batiments, santé le tour des labels*. (MEDIECO, Ed.) (1st ed.).
- Cole, R. J. (2005). Building environmental assessment methods: redefining intentions and roles. *Building Research & Information*, 33(5), 455-467.
- Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la Construcción. (2011). NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN.
- Comité européen de la normalisation, C. (2007). EN 13779 - Ventilation for Residential Building- performance Requirements for Ventilation and Room-Conditioning Systems.

- COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. (2006). Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. Retrieved July 25, 2017, from http://www.sysecol2.ethz.ch/OptiControl/LiteratureOC/CEN_06_prEN_15251_FinalDraft.pdf
- Cordero, R. (2016). For Education : Evaluation Of The Sustainability Of Universal Architecture Which Includes Social Issues : Culture , Aesthetics , And Landmarks As An Emotional Aspect, 7881 (May).
- Cordero, R., Garcia, J., & Pérez, M. (2017). Aspectos estéticos en los métodos de evaluación de la sostenibilidad en edificaciones. Método runa allpa sumac. *INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN*.
- energieplus. (2017). Le facteur de lumière du jour. Retrieved August 18, 2017, from <https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10719#c21017573>
- EPA. (2016). Basic Information | Green Building | US EPA. Retrieved May 29, 2017, from <https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/html/about.html>
- European Commission. (2017). 2020 climate & energy package | Climate Action. Retrieved August 20, 2017, from https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en
- European Commission DG. (2007). *Buildings and Climate Change: Current Status, Challenges and Opportunities*. Retrieved August 10, 2017, from [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7783/-Buildings and Climate Change - Status, Challenges and Opportunities-20073934.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7783/-Buildings%20and%20Climate%20Change%20-%20Status,%20Challenges%20and%20Opportunities-20073934.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- France Diplomatie. (2017). Présentation de l'Equateur. Retrieved August 20, 2017, from <http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/dossiers-pays/equateur/presentation-de-l-equateur>
- France GBC. (2015). LES CERTIFICATIONS ENVIRONNEMENTALES INTERNATIONALES POUR LA CONCEPTION ET LA CONSTRUCTION DES BÂTIMENTS NON RÉSIDENTIELS, 1–65.
- Gendre, A., & Hauglustaine, J.-M. (2013). *Certification des bâtiments durables – Ref _ B Test Référentiel Phase 2, Rapport final Version 2 |* (Vol. 32).
- General Assembly UN. (1987). Brundtland Report. *Africa*. Retrieved from http://www2.ohchr.org/spanish/bodies/hrcouncil/docs/gaA.RES.60.1_Sp.pdf
- Girard, A. (2013). Certificaciones de sustentabilidad, herramientas para la evaluación del desarrollo de edificación sustentable en Chile - uai. Retrieved May 3, 2017, from <http://www.uai.cl/columnas-de-opinion/certificaciones-de-sustentabilidad-herramientas-para-la-evaluacion-del-desarrollo-de-edificacion-sustentable-en-chile>
- GPS.net. (2017). Longitude, latitude, coordonnées GPS de Saint-Vith. Retrieved August 20, 2017, from <https://www.gps-longitude-latitude.net/coordonnees-gps-de-saint-vith>
- Grace. (2000). A practical method for assessing the sustainability of buildings for the new millennium. *In proceedings of the sustainable building conference 2000*. Maastrich.
- Guillén, V., Quesada, F., Catalan, M., Orellana, D., & Serrano, A. (2015). Eficiencia energética en edificaciones residenciales Energetic efficiency in residential buildings, 4(7), 59–67.
- Gurgun, A. P., Polat, G., Damci, A., & Bayhan, H. G. (2016). ScienceDirect Performance of LEED energy

- credit requirements in European countries. *Procedia Engineering*, 164(164), 432–438. Retrieved April 21, 2017, from http://ac.els-cdn.com/S1877705816339820/1-s2.0-S1877705816339820-main.pdf?_tid=7544ffac-267b-11e7-bd20-00000aab0f6b&acdnat=1492769914_815c43fa2628d60ee0241f003e3732a7
- Hauglustaine, J.-M. (2011). La ventilation dans les batiments résidentiels. Retrieved from [http://www.confederatiebouw.be/Portals/19/Userfiles/Files/18.05.2011 Présentation 1 - Jean-Marie Hauglustaine.pdf](http://www.confederatiebouw.be/Portals/19/Userfiles/Files/18.05.2011%20Pr%C3%A9sentation%201%20-%20Jean-Marie%20Hauglustaine.pdf)
- Hauglustaine, J.-M., Baltus, C., & Dupont, G. (2008). *Rénovons et construisons durable*.
- Hauglustaine, J.-M., & Simon, F. (2017). *La ventilation et l'énergie Guide pratique pour les architectes*. (SPW-DGO4, Ed.) (2ème., Vol. 2017). Retrieved from www.energie.wallonie.be
- Huang, P. (2017). *Hygrothermal performance of Moso bamboo-based building material*. Retrieved July 14, 2017, from http://opus.bath.ac.uk/56127/1/thesis_final_hard_bound_Puxi_Huang.pdf
- INEC. (2012). *INFORMACIÓN AMBIENTAL EN HOGARES*. Retrieved June 28, 2017, from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Ambientales2012dic/Presentacion_Comparables_Practicas_Hogares.pdf
- INEC. (2015). *INDICADORES LABORALES Marzo 2015 -Reporte de Economía Laboral -Marzo 2015*. Retrieved July 9, 2017, from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2015/Marzo-2015/Informe_Ejecutivo_Mar15.pdf
- INEC. (2016). *Reporte de Pobreza y Desigualdad*. Retrieved from [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/POBREZA/2016/Diciembre_2016/Reporte pobreza y desigualdad-dic16.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/POBREZA/2016/Diciembre_2016/Reporte_pobreza_y_desigualdad-dic16.pdf)
- INNOVA. (1997). Thermal Comfort. Retrieved July 30, 2017, from http://www.labee.ufsc.br/antigo/arquivos/publicacoes/Thermal_Booklet.pdf
- Institut belge de la Normalisation, I. (1991). Norme belge Nbn D 50-001.
- Institut Royal Météorologique, I. (2017). Caractéristiques de quelques paramètres climatiques. Retrieved August 2, 2017, from <https://www.meteo.be/meteo/view/fr/360361-Parametres.html>
- Isabelle Boucher, Blais, P., & Ville, V. en. (2010). *Le bâtiment durable. Guide des bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable. ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire*. Retrieved May 30, 2017, from http://www.mamot.gouv.qc.ca/pub/amenagement_territoire/urbanisme/guide_batiment_durable.pdf
- Josse. (2013). *Équateur et les îles Galápagos*. (Hachette, Ed.). Paris.
- Kamal, A., & Shamseldin, M. (2016). Considering coexistence with nature in the environmental assessment of buildings. Retrieved May 31, 2017, from http://ac.els-cdn.com/S1687404816300372/1-s2.0-S1687404816300372-main.pdf?_tid=607902be-4622-11e7-adc5-00000aab0f26&acdnat=1496250092_706fd67cc8e2b9a486ce33bfcac0c12a
- Kleinn, C., & Morales-Hidalgo, D. (2006). An inventory of Guadua (*Guadua angustifolia*) bamboo in the Coffee Region of Colombia. *European Journal of Forest Research*, 125(4), 361–368.

- Komurlu, R., Arditi, D., & Gurgun, A. P. (2014). Applicability of LEED's energy and atmosphere category in three developing countries. *Energy & Buildings*, 84, 690–697. Retrieved May 3, 2017, from http://ac.els-cdn.com/S0378778814007063/1-s2.0-S0378778814007063-main.pdf?_tid=29f43920-2fed-11e7-bba1-00000aab0f27&acdnat=1493808311_e7476a0e9e3aee2e87fd1a341dbf817d
- Kubba, S., & Kubba, S. (2016). Chapter 1 – The Meaning of “Green Design” and “Sustainability.” *LEED v4 Practices, Certification, and Accreditation Handbook* (pp. 1–28).
- La Libre Belgique. (2016). Logement social : 9 000 chambres inoccupées - La Libre. Retrieved August 4, 2017, from <http://www.lalibre.be/actu/belgique/logement-social-9-000-chambres-inoccupees-56df261b35702a22d52d5b80>
- Lifetime Homes. (2010). *Lifetime Home (LTH) Revised Criteria*. Retrieved August 3, 2017, from http://www.lifetimehomes.org.uk/data/files/For_Professionals/accessible_revisedlthstandard_final.pdf
- Martinez, S. (2014). *BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL: GENERALIDADES, APLICACIONES Y MODELIZACIÓN DE UNA ESTRUCTURA TIPO*. Retrieved July 14, 2017, from [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55983/MARTINEZ - Bambú como material estructural%3AGeneralidades%2C aplicaciones y modelización de una est....pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55983/MARTINEZ_Bambú_como_material_estructural%3AGeneralidades%2C aplicaciones y modelización de una est....pdf?sequence=1)
- Masquelier, F. (2014). Catastrophes naturelles belges : 420 millions de coût en vingt ans - Belgique - LeVif.be. Retrieved August 4, 2017, from <http://www.levif.be/actualite/belgique/catastrophes-naturelles-belges-420-millions-de-cout-en-vingt-ans/article-normal-355577.html>
- El Mercurio, D. independiente. (2013). Casa ecológica con barro y caña guadúa | Diario El Mercurio - Cuenca Ecuador. Retrieved August 18, 2017, from <http://www.elmercurio.com.ec/387870-casa-ecologica-con-barro-y-cana-guadua/>
- MIDUVI. (2009). MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA Programa Nacional de Vivienda Social. Retrieved June 28, 2017, from <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/PROYECTO-PROGRAMA-NACIONAL-DE-VIVIENDA-SOCIAL-9nov-1.pdf>
- MIDUVI. (2017). Presentación Norma Ecuatoriana de la Construcción – Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Retrieved August 20, 2017, from <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/presentacion-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Ministerio del trabajo y empleo. (2008). *Registro oficial "REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA CONSTRUCCION Y OBRAS PÚBLICAS."* Registro oficial (p. 249).
- Moniteur belge, J. (2014). Arrêté du Gouvernement wallon relatif au logement accessible, au logement adaptable et au logement adapté.
- MONTEROTTI, C. (2013). *ANÁLISIS Y PROPUESTA SOBRE LA CONTRIBUCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LOS EDIFICIOS A SU EFICIENCIA AMBIENTAL*. Retrieved August 9, 2017, from <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/116445/TCM1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mormont, M. (2011). *Introduction au développement durable*.

- Naciones Unidas. (n.d.). *CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS (HABITAT II)*. Retrieved July 9, 2017, from <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G96/025/03/PDF/G9602503.pdf?OpenElement>
- OECD.ORG. (2015). *Votre Indicateur Du Vivre Mieux*. Retrieved August 4, 2017, from <http://www.oecdbetterlifeindex.org/fr/countries/belgique-fr/>
- Pauta, F. (2012). Ordenación territorial y urbanística. Un camino para su aplicación en el Ecuador. *VIII Simposio Nacional de Desarrollo Urbano y Planificación Territorial* (p. 2). Cuenca.
- PLATZER, M. (2009). *Mesurer la qualité environnmentale des bâtiments*. Ed. *Le Moniteur* (Vol. Méthodes g).
- Romain, A. (2016). *Gestion des effluents gazeux, notions de qualité d 'air intérieur*.
- Roulet, C. A. (2004). *Santé et qualité de l'environnement int dans les batimens*.
- Salas, E. (2006). ACTUALIDAD Y FUTURO DE LA ARQUITECTURA DE BAMBU EN COLOMBIA. *Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia*, 81.
- Selectra. (2017). Consommation moyenne d'électricité en Belgique | Callmepower.be. Retrieved August 4, 2017, from <http://callmepower.be/fr/faq/consommation-moyenne-electricite>
- Service Public Fédéral Belge. (2017). Logement social | Belgium.be. 2017. Retrieved August 8, 2017, from https://www.belgium.be/fr/logement/logement_social
- Sibelga. (2017). Quelle est la consommation moyenne d'électricité et de gaz en région bruxelloise? – Energiguide. Retrieved August 3, 2017, from <https://www.energuide.be/fr/questions-reponses/quelle-est-la-consommation-moyenne-deelectricite-et-de-gaz-en-region-bruxelloise/273/>
- SIPPT. (2017). Environnement - Permis d'environnement - généralités. Retrieved August 20, 2017, from http://www.espace.cfwb.be/sippt/Vega_III.php?consult=1736
- Sorgato, V. (2015). Ecuador consume más agua en la región :: Planeta :: EL COMERCIO. Retrieved August 20, 2017, from <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/noviembre-14-del-2015/ecuador-consume-mas-agua-en-la-region>
- Stassart, P. (2016). *Introduction au développement durable*.
- El Telégrafo. (2016). \$ 375 es el nuevo salario básico unificado que regirá desde 2017. Retrieved August 20, 2017, from <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/usd375-sera-el-nuevo-salario-para-2017>
- Topay, M. (2012). Importance of thermal comfort in the sustainable landscape planning. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 13(3), 1480–1487.
- Del Toro, & Antunez. (2013). Sustentable & Sostenible: Arquitectura Sustentable & Sostenible. Retrieved August 17, 2017, from <http://blog.deltoroantunez.com/2013/03/arquitectura-sustentable-sostenible.html>
- UNEP-IETC, & CIB. (2002). Agenda 21, Sustainable Construction in Developing Countries. Retrieved May 3, 2017, from [http://www.unep.or.jp/ietc/Focus/Agenda 21 BOOK.pdf](http://www.unep.or.jp/ietc/Focus/Agenda%2021%20BOOK.pdf)

- Valero, R. (2015). *DESARROLLO DEL DISEÑO CONSTRUCTIVO EN LA ARQUITECTURA SOSTENIBLE. APORTACIONES DE LA ARQUITECTURA TRADICIONAL*. Uniersitat politecnica de valencia.
- Vallejo, V. M. (2014). Las Diversas Certificaciones Aplicables a los Edificios Sustentables en México. *Multidisciplina*, 18(Diseño y Edificación), 29–58.
- Virdi, S. (2012). *Construction Science and Materials*. Retrieved July 29, 2017, from <http://www.wiley.com/legacy/wileychi/virdi/material.html>
- Vlaamse milieumaatschappij. (2017). VLAREM - Environnement flamand. Retrieved August 20, 2017, from <https://www.vmm.be/wetgeving/vlarem-i>
- Wallhagen, M. (2010). *Environmental Assessment of Buildings and the influence on architectural design. Licentiate Dissertation*. Retrieved from papers2://publication/uuid/95A1100D-2733-4B6E-BFE5-4FD3885E79A8
- Wang, D.-Y., Meng, X., Zhang, L., Yulan, L., & Enshen, L. (2014). Angle Factor Calculation for the Thermal Radiation Environment of the Human Body. *Proceedings of the 8th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning* (p. 447). Retrieved July 20, 2017, from <https://vpn.gw.ulg.ac.be/content/pdf/,DanaInfo=link.springer.com,SSL+10.1007%2F978-3-642-39584-0.pdf>

Résume :

Les certifications environnementales peuvent contribuer au changement radical du système actuel de construction vers la durabilité. Ceci, est seulement envisageable si les trois dimensions du développement durable sont analysées. La dimension sociale ne peut pas être laissée de côté en privilégiant les aspects environnementaux.

Les cotations obtenues lors de l'application des trois outils d'évaluation sont assez similaires. Les plus grandes différences sont remarquées dans le poids accordé aux aspects sociaux et au confort humain par chaque certification. Alors que Runa Allpa Sumac privilégie les aspects sociaux, BREEAM et Ref-B privilégient les aspects confort. Néanmoins, un poids plus important aux thématiques d'évaluation devra être accordé selon les priorités actuelles et futures du pays dont le projet sera évalué.

Les évaluations devraient être effectuées en accord au contexte du pays, ainsi si le choix est d'utiliser BREEAM, la certification devrait s'adapter et prendre en compte les caractéristiques du contexte.

#durabilité #certifications #dimension sociale #Belgique #Equateur

Abstract:

The environmental certifications can contribute to the radical change of the current system of construction towards the durability. This, is only possible if three sustainable development dimensions are evaluated. The social dimension cannot be set aside preferring environmental criteria.

The scoring obtained during the application of three evaluation tools are rather similar. The biggest differences are noticed in the weight given to the social aspects and to the human comfort by each certification. While Runa Allpa Sumac favors social aspects, BREEAM and Ref-B favors comfort aspects. Nevertheless, a weight more important should attribute to the subjects according to the current and future priorities of the project country.

The evaluations should be made according to the country context. If BREEAM is choicen pour a project evaluation, the certification should adapt to the country characteristics and context.

#sustainability #certification #social dimension #Belgium #Ecuador