

RÉPERCUSSIONS DE LA CERTIFICATION WELL.v2 SUR LA PERFORMANCE
ENVIRONNEMENTALE DU CYCLE DE VIE D'UN BÂTIMENT

Par
Catherine Lambert

Essai présenté au Centre universitaire de formation
en environnement et développement durable en vue
de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de Monsieur Ben Amor

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Juin 2019

SOMMAIRE

Mots clés : certification WELL, analyse du cycle de vie (ACV), systèmes d'évaluation et de certification de bâtiments, impact environnemental, performance environnementale, bâtiment

Depuis les années 1990, différents systèmes d'évaluation et de certification de bâtiments ont été créés avec pour objectif d'amener les multiples acteurs du secteur de la construction à adopter des pratiques plus durables et ainsi réduire l'impact environnemental des bâtiments. L'un des systèmes les plus répandus en Amérique du Nord est le *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) qui s'attaque essentiellement aux enjeux environnementaux entourant le bâtiment. Plus récemment, l'*International WELL Building Institute* a créé la certification WELL qui propose, non pas de réduire les impacts environnementaux des bâtiments, mais plutôt d'améliorer la santé, le confort et le bien-être des occupants. Les mesures proposées par la certification ciblent, entre autres, la qualité de l'air, le confort thermique, visuel et acoustique ainsi que l'activité physique. Or, la mise en œuvre de telles mesures requiert des ressources matérielles et énergétiques, ce qui peut avoir un impact sur l'environnement. Ainsi, il est légitime de se demander si améliorer la santé, le confort et le bien-être des occupants compromet, en contrepartie, la performance environnementale des bâtiments.

L'objectif principal de cet essai est donc d'évaluer l'impact environnemental potentiel des différents critères de la certification WELL à l'aide de l'analyse du cycle de vie. Ces derniers sont modélisés par rapport à un bâtiment type soit un édifice à bureaux de trois étages situé au Québec. De plus, les résultats de ces analyses sont mis en opposition avec les bienfaits humains que procurent les critères afin d'en valider la pertinence. Sur les 112 critères WELL, 52 ont été identifiés comme ayant un impact environnemental nul ou négligeable. Cela signifie que leur mise en œuvre est bénéfique pour la santé, le confort et le bien-être des occupants, et ce, sans contrecoups sur l'environnement. Par ailleurs, 14 critères ont été évalués à l'aide de l'analyse du cycle de vie. Parmi ceux-ci, deux ressortent prédominants en termes d'impact environnemental alors que sept autres présentent des impacts relativement faibles. Finalement, 46 critères n'ont pas pu être évalués dans le cadre de cet essai, faute de temps et de ressources.

À partir des résultats obtenus, diverses conclusions peuvent être tirées. D'abord, il n'est pas possible de certifier des bâtiments WELL sans affecter leur performance environnementale. Toutefois, grâce aux 52 critères considérés comme ayant un impact nul ou négligeable, il est possible de limiter considérablement les effets négatifs associés à la mise en œuvre des critères. Ensuite, les critères ayant des niveaux de bienfaits humains supérieurs à la moyenne ont généralement un impact environnemental faible ou nul. Finalement, le système de pointage de la certification ne semble pas corrélé avec le niveau de bienfaits humains des critères et encore moins avec leur impact environnemental. En ce sens, il serait pertinent d'adapter le système de pointage afin de favoriser les critères ayant des bienfaits humains importants tout en ayant un impact environnemental faible. L'analyse des 46 critères non évalués permettrait, toutefois d'obtenir un portrait plus global de l'impact environnemental de la certification WELL et serait à raffiner lors de travaux futurs.

REMERCIEMENTS

J'aimerais d'abord remercier mon directeur d'essai, Ben Amor, de m'avoir confié ce projet stimulant, qui rejoint mes intérêts professionnels. Merci de m'avoir accompagné et conseillé dans la réalisation de cet essai malgré la distance. J'aimerais également remercier Michaël Ménard de m'avoir fait visiter ses salles mécaniques et d'avoir généreusement répondu à mes nombreuses questions.

Par ailleurs, la réalisation de cet essai a nécessité une collecte de données allant parfois au-delà des informations disponibles publiquement. En ce sens, merci à Benoit Despatis et tous ceux qui ont répondu à mes demandes d'information.

Finalement, merci à Julien, Marie et Geneviève pour leurs relectures attentives, leurs précieux conseils et leur soutien tout au long de ce projet.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|----|
| INTRODUCTION | 1 |
| 1. MISE EN CONTEXTE | 3 |
| 1.1 Enjeux environnementaux des bâtiments | 3 |
| 1.1.1 Consommation d'énergie..... | 3 |
| 1.1.2 Consommation d'eau..... | 4 |
| 1.1.3 Consommation de matériaux..... | 5 |
| 1.1.4 Choix et aménagement du site..... | 6 |
| 1.2 Enjeux de santé et de bien-être des occupants | 7 |
| 1.2.1 Qualité de l'air | 7 |
| 1.2.2 Confort thermique..... | 8 |
| 1.2.3 Confort acoustique | 8 |
| 1.2.4 Confort visuel..... | 9 |
| 1.2.5 Aménagement et santé des occupants | 10 |
| 1.3 Présentation de la certification WELL..... | 11 |
| 1.3.1 Objectifs et principes de la certification | 11 |
| 1.3.2 Types de projets visés..... | 12 |
| 1.3.3 Structure de la certification | 12 |
| 1.3.4 Notation et niveaux de certification | 15 |
| 1.4 Évaluation de la performance environnementale des certifications..... | 16 |
| 2. MÉTHODOLOGIE | 22 |
| 2.1 Évaluation de l'impact environnemental des critères WELL..... | 23 |
| 2.1.1 Définition des objectifs..... | 25 |
| 2.1.2 Définition du bâtiment de référence | 25 |
| 2.1.3 Sélection des critères WELL | 27 |
| 2.1.4 Fonctions, unité fonctionnelle et flux de référence | 28 |
| 2.1.5 Définition des systèmes de produits..... | 32 |
| 2.1.6 Outils d'ACV | 33 |
| 2.2 Évaluation des bienfaits humains des critères WELL..... | 34 |
| 3. RÉSULTATS ET ANALYSE | 36 |
| 3.1 Niveau de bienfaits humains des critères WELL | 36 |

| | |
|---|-----|
| 3.2 Critères ayant un impact considéré nul | 37 |
| 3.3 Critères évalués par ACV | 39 |
| 3.4 Discussion..... | 45 |
| 4. LIMITES DE L'ÉTUDE..... | 48 |
| 5. RECOMMANDATIONS | 50 |
| 5.1 Certification WELL | 50 |
| 5.2 Suites de l'étude | 51 |
| CONCLUSION..... | 53 |
| RÉFÉRENCES | 54 |
| ANNEXE 1 - EXIGENCES DES CRITÈRES WELL CONSIDÉRÉS COMME AYANT UN IMPACT ENVIRONNEMENTAL NUL OU NÉGLIGEABLE | 64 |
| ANNEXE 2 - FLUX DE RÉFÉRENCE ET PARAMÈTRES CLÉS DES CRITÈRES WELL ÉVALUÉS..... | 75 |
| ANNEXE 3 - SYSTÈMES DE PRODUITS DES CRITÈRES WELL ÉVALUÉS..... | 84 |
| ANNEXE 4 - PRINCIPALES HYPOTHÈSES POUR LA DÉFINITION DES SYSTÈMES DE PRODUITS DES CRITÈRES WELL ÉVALUÉS..... | 96 |
| ANNEXE 5 - PARAMÈTRES DE LA MODÉLISATION DE L'AGRANDISSEMENT | 105 |
| ANNEXE 6 - CLASSEMENT DES CRITÈRES WELL SELON LEUR NIVEAU DE BIENFAITS HUMAINS..... | 109 |

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Figure 1.1 - Répartition de la consommation énergétique mondiale par source d'énergie | 3 |
| Figure 1.2 - Étapes du cycle de vie d'un bâtiment | 18 |
| Figure 1.3 - Bénéfices des critères LEED sur les changements climatiques..... | 19 |
| Figure 1.4 - Influence du type de bâtiment sur les bénéfices des critères LEED | 19 |
| Figure 2.1 - Graphique de résultats illustrant la relation entre l'impact environnemental et les bienfaits humains des critères WELL..... | 22 |
| Figure 2.2 - Étapes de l'ACV | 23 |
| Figure 2.3 - Bâtiment de référence correspondant à un édifice à bureaux de format moyen..... | 26 |
| Figure 2.4 - Catégories d'impact intermédiaires et catégories de dommage d'IMPACT 2002+ | 34 |
| Figure 2.5 - Systèmes du corps humain potentiellement affectés par les critères WELL..... | 34 |
| Figure 3.1 - Répartition des critères WELL selon leur niveau de bienfaits humains..... | 37 |
| Figure 3.2 - Niveau de bienfaits humains des critères WELL ayant un impact environnemental considéré nul ou négligeable | 38 |
| Figure 3.3 - Comparaison relative de l'impact environnemental potentiel des critères WELL..... | 41 |
| Figure 3.4 - Niveau de bienfaits humains des critères évalués en fonction de l'impact sur la santé humaine | 42 |
| Figure 3.5 - Niveau de bienfaits humains des critères évalués en fonction de l'impact sur la qualité des écosystèmes | 43 |
| Figure 3.6 - Niveau de bienfaits humains des critères évalués en fonction de l'impact sur les changements climatiques | 44 |
| Figure 3.7 - Niveau de bienfaits humains des critères évalués en fonction de l'impact sur les ressources..... | 44 |
| | |
| Tableau 1.1 - Liste des concepts de la certification WELL | 13 |
| Tableau 1.2 - Niveaux de certification | 15 |
| Tableau 2.1 - Caractéristiques du bâtiment de référence | 26 |
| Tableau 2.2 - Liste des critères qui feront l'objet d'une ACV | 29 |
| Tableau 3.1 - Niveau de bienfaits humains et impact environnemental potentiel des critères évalués..... | 39 |
| Tableau 3.2 - Potentiel d'atténuation des dommages sur la santé versus impact sur la santé humaine | 46 |

LISTE DES ACRONYMES ET SIGLES

| | |
|--------|--|
| ACV | Analyse du cycle de vie |
| ASHRAE | American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers |
| BRE | Building Research Establishment |
| BREEAM | Building Research Establishment Environmental Assessment Method |
| COV | Composés organiques volatils |
| GES | Gaz à effet de serre |
| ISO | International Standard Organisation |
| IWBI | International WELL Building Institute |
| LEED | Leadership in Energy and Environmental Design |
| NBI | New Building Institute |
| USGBC | United States Green Building Council |

INTRODUCTION

Les systèmes d'évaluation et de certification de bâtiments durables ont fait leur apparition au début des années 1990, en réponse aux enjeux environnementaux liés au secteur de la construction (Dridi, 2017). C'est le *Building Research Establishment* (BRE) qui fut la première institution à mettre en place un système certifiant la performance environnementale des bâtiments, nommé *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM). Développée au Royaume-Uni, cette méthode a par la suite été adoptée dans plusieurs autres pays, dont le Canada, et a influencé la création de nombreux autres systèmes d'évaluation et de certification à échelles locale et internationale. (Ding, 2008) En 2000, dix ans après la création de BREEAM, le *US Green Building Council* (USGBC) lançait la certification *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) aux États-Unis (Vierra, 2016). À ce jour, BREEAM et LEED sont les deux systèmes les plus utilisés mondialement, bien qu'il en existe maintenant au-delà de 500 (Dridi, 2017). De façon générale, les systèmes d'évaluation et de certification ont pour objectif de guider les multiples parties prenantes impliquées dans les différentes phases du cycle de vie des bâtiments afin de réduire l'impact environnemental de ces derniers. Ces systèmes fournissent une série de directives et de critères ciblant différents enjeux environnementaux et dont l'application témoigne de la performance environnementale du bâtiment. Un système de pointage permet généralement de pondérer les critères et d'évaluer le niveau de performance d'un projet. (Vierra, 2016)

Au fil du temps, les systèmes d'évaluation et de certification ont évolué et se sont adaptés, notamment, aux différents types de projet (résidentiel, institutionnel, nouvelle construction, rénovation, etc.) et aux contextes géographiques (climat, disponibilité des ressources, sources énergétiques, etc.). La définition de bâtiment durable a également évolué dans le temps, intégrant les différents enjeux environnementaux, sociaux et économiques. (Dridi, 2017) Plus récemment, l'*International WELL Building Institute* (IWBI) a intégré la notion de santé et de bien-être des occupants du bâtiment par la création de la certification WELL. Lancée en 2014, WELL est la première certification à cibler exclusivement les enjeux de santé physique et psychologique, de confort et de bien-être entourant l'occupant. Elle se présente comme une certification complémentaire pouvant être jumelée à des certifications tels LEED dont le cadre est essentiellement orienté vers les enjeux environnementaux relatifs au bâtiment. (Matos, 2014) Ainsi, « [n]ous sommes passés, au fil des ans, du bâtiment vert au bâtiment durable, puis au bâtiment sain, dans lequel le bien-être contribue à accroître la productivité, la satisfaction et, par conséquent, la rétention des occupants » (Dridi cité dans Gauvreau, 2018, para 3).

Assurer la santé et le confort des occupants ne se fait toutefois pas sans compromis. En effet, maintenir une bonne qualité d'air, assurer le confort thermique et sonore ou maximiser l'apport en lumière naturelle requièrent, entre autres, des systèmes mécaniques, des matériaux et de l'énergie. Ainsi, est-ce que les critères de la certification WELL compromettent la performance environnementale des bâtiments telle qu'initialement promue par les systèmes d'évaluation et de certification ? Quels sont les impacts environnementaux de l'application de ces critères et peuvent-ils être justifiés par les bienfaits dont bénéficient les occupants ?

L'objectif principal de cet essai est donc d'évaluer l'impact environnemental potentiel de la certification WELL sur le cycle de vie d'un édifice à bureaux type situé au Québec. C'est l'analyse du cycle de vie (ACV) qui permettra de quantifier l'impact environnemental des critères WELL. De plus, l'impact de ces derniers sera opposé aux bienfaits qu'ils procurent aux occupants du bâtiment afin de trouver le meilleur compromis entre l'aspect environnemental et santé.

Les chapitres qui suivent présenteront plus en détail les étapes ayant permis de répondre aux objectifs de cet essai. Dans un premier temps, une mise en contexte présentera les différents enjeux relatifs à l'environnement et à la santé entourant le bâtiment. La certification WELL y sera également présentée en détail, suivie d'une revue de littérature sur l'évaluation de la performance environnementale des certifications de bâtiments. En second lieu, le chapitre 2 présentera la méthodologie employée afin d'évaluer l'impact environnemental potentiel des critères WELL ainsi que leurs bienfaits humains. Les résultats suivant l'analyse des critères seront illustrés au chapitre 3, accompagné d'une discussion. Finalement, les chapitres 4 et 5 présenteront respectivement les limites et recommandations de cet essai.

1. MISE EN CONTEXTE

Afin de mieux cerner le contexte dans lequel s'inscrit cet essai, ce chapitre présentera, de façon sommaire, les différents enjeux qui touchent le bâtiment, autant sur le plan environnemental que de la santé et du bien-être des occupants. La certification WELL sera ensuite présentée à travers ses objectifs, sa structure ainsi que son système de notation. Finalement, une revue de la littérature présentera différentes études ayant porté sur l'évaluation de la performance environnementale des certifications de bâtiment.

1.1 Enjeux environnementaux des bâtiments

Le bâtiment est un système dynamique en constante adaptation aux besoins de ses occupants ainsi qu'aux fluctuations de son environnement. De sa construction jusqu'à sa démolition ou déconstruction, il requiert des ressources pour fonctionner et cette consommation impacte l'environnement à différents niveaux. Parmi les principaux enjeux associés aux bâtiments, on trouve la consommation d'énergie, d'eau, de matériaux ainsi que le choix et l'aménagement du site.

1.1.1 Consommation d'énergie

Le secteur du bâtiment représente à lui seul 40 % de la consommation énergétique mondiale et contribue au tiers des émissions de gaz à effet de serre (GES). Sur toute la durée de vie du bâtiment, c'est durant la phase d'utilisation que la majorité de cette énergie est consommée, essentiellement pour le conditionnement de l'air. En effet, le chauffage, la climatisation et la ventilation contribuent de façon importante à la consommation énergétique des bâtiments, suivi de l'éclairage et des différents appareils électriques. (United Nations Environmental Programme [UNEP], 2009) À l'échelle mondiale, l'énergie consommée par les bâtiments provient à 79 % d'énergie fossile, 18 % d'énergie renouvelable et 3 % d'énergie nucléaire, d'où l'importance des émissions de GES associées (Kumar, Kumar, Kaushik, Sharma et Mishra, 2010). La figure 1.1 illustre la répartition de la consommation énergétique mondiale selon la source.

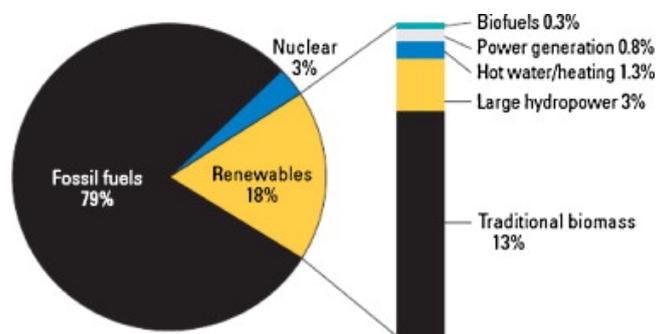


Figure 1.1 - Répartition de la consommation énergétique mondiale par source d'énergie
(Tiré de: Kumar et al., 2010)

Or, fort de sa production hydroélectrique, le Québec profite d'un contexte énergétique unique. En effet, 99 % de l'électricité produite provient de sources d'énergie renouvelable (Whitmore et Pineau, 2018). Ainsi, « le secteur du bâtiment ne représente pas, au Québec, une part aussi importante des émissions de GES que dans les régions où on a massivement recours au charbon, au mazout ou au gaz naturel pour le chauffage » (Bourque, 2018). Le bâtiment demeure toutefois le deuxième secteur le plus

énergivore après l'industrie et le troisième plus grand émetteur de GES (Bourque, 2018). En 2014, le secteur résidentiel représentait 19 % de la consommation québécoise et le secteur des commerces et institutions en représentait 12 %. Dans les deux cas, c'est le chauffage qui consomme la plus grande part d'énergie. Pour les commerces et institutions, l'énergie provient essentiellement de l'électricité (49 %) et du gaz naturel (42 %) et le secteur contribue à 9 % des émissions de GES. Ce sont les édifices à bureaux qui représentent la plus grande superficie de plancher parmi les commerces et institutions soit plus de 70 %. (Whitmore et Pineau, 2018) Maintenant, bien que le réseau électrique québécois soit un faible émetteur de GES, la réduction de la consommation énergétique des bâtiments n'en demeure pas moins importante. En effet, si le réseau hydroélectrique n'est pas en mesure de fournir à la demande, il devra s'approvisionner auprès d'autres fournisseurs électriques, dont la source n'est pas nécessairement renouvelable, ou bien développer davantage son réseau, ce qui n'est pas sans impact (Hydro-Québec, 2019).

En somme, la consommation énergétique des bâtiments est nécessaire pour assurer le confort des occupants, mais peut être responsable d'une part importante des émissions de GES. L'enjeu principal est donc de maintenir le niveau de confort des occupants en réduisant le plus possible la consommation d'énergie.

1.1.2 Consommation d'eau

Au Québec, en 2016, la moyenne d'eau distribuée par personne par jour était de 551 litres (Gouvernement du Québec) alors qu'entre 50 et 100 litres par individu seraient suffisants (Letarte, 2010, 23 octobre). Au Canada, 14 % de l'eau prélevée était destinée à l'usage des bâtiments résidentiels, commerciaux et institutionnels (67 % étant prélevé par les centrales thermiques d'électricité, 14 % par le secteur industriel et 5 % par le secteur agricole) (Environnement et Changement climatique Canada, 2016).

Une part importante de la consommation d'eau est attribuable aux habitudes comportementales des Québécois. En moyenne, 35 % de l'eau potable est utilisé pour les bains et douches, 30 % pour les toilettes, 25 % pour le nettoyage et le lavage et 10 % pour l'alimentation (Université McGill, 2019). En ce sens, l'utilisation de toilettes, de lavabos et d'appareils à faible consommation d'eau permet de réduire considérablement la consommation d'eau potable des bâtiments (Maison du développement durable, s.d.). Au-delà des habitudes des occupants, les fuites à travers le réseau peuvent également causer des pertes importantes. Ainsi, les usines de traitement des eaux doivent traiter des volumes d'eau beaucoup plus importants que ce qui est réellement consommé (Université McGill, 2019).

D'ailleurs, en plus d'appauvrir les réserves d'eau mondiales, la consommation d'eau potable requiert des traitements importants et plus la demande est grande, plus les volumes à traiter sont importants. En effet, l'eau douce à l'état naturel n'est pas prête à la consommation. Elle doit être filtrée et traitée dans des usines de traitement des eaux, ce qui requiert des ressources et, entre autres, des produits chimiques. De plus, une fois l'eau consommée, elle doit être épurée avant d'être retournée à la nature,

encore une fois à l'aide de traitements en usine. (Le Parisien, 2015) Toutefois, le conditionnement de l'eau n'est pas toujours suffisant pour éliminer les polluants dans l'eau (Environnement et Changement climatique Canada, 2014). Ainsi, l'ensemble du cycle de traitement de l'eau n'est pas sans impacts et représente des coûts importants pour la société.

1.1.3 Consommation de matériaux

La construction, la rénovation et l'entretien des bâtiments requièrent des quantités importantes en ressources matérielles. Ces dernières sont extraites, puis transformées avant d'être acheminées sur les lieux de construction. (avnir, s.d.a) À l'échelle mondiale, c'est 60 % des matières premières qui sont extraites aux fins de l'industrie de la construction, dont 40 % sont destinés aux bâtiments, spécifiquement (Zabalza Bribián, Valero Capilla et Aranda Usón, 2011). Par ailleurs, « [d]es analyses de flux de matières pour l'Allemagne, le Japon et les États-Unis montrent que le secteur du bâtiment représente entre un tiers et la moitié des flux de biens de consommation exprimés en poids » (OCDE, 2003). Pour ce qui est du Québec, il est difficile d'obtenir des chiffres sur la consommation de matériaux de construction destinés au secteur du bâtiment. Toutefois, 2,5 millions de tonnes de matériaux résiduels issues du secteur de la construction, rénovation et démolition (CRD) auraient été générées en 2015, ce qui représente environ 20 % de l'ensemble des matières résiduelles produites au Québec (Pépin, 2018).

Or, l'exploitation des ressources naturelles de la planète est, entre autres, à l'origine de la dégradation des écosystèmes, de la pollution de notre environnement ainsi que des changements climatiques. À titre d'exemple, l'exploitation minière contribue, entre autres, à la contamination et l'acidification des sols et des cours d'eau (Gouvernement du Canada, 2018). La production de bois de construction entraîne, quant à elle, la perte de forêts et de biodiversité dont dépendent les populations humaines (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). De plus, l'extraction et la transformation des matières premières requièrent des quantités non négligeables d'énergie. Or, les matériaux utilisés pour la construction de bâtiments au Québec peuvent avoir été fabriqués et transformés à différents endroits sur la planète où, comme le montre la figure 1.1, la source d'énergie n'est pas nécessairement renouvelable. Ainsi, l'énergie intrinsèque, c'est-à-dire l'énergie totale consommée par un bien sur l'ensemble de son cycle de vie, peut être à l'origine d'émissions importantes de GES, même si le bâtiment se situe au Québec. (Lessard, 2017)

Plusieurs facteurs peuvent expliquer la consommation importante de ressources matérielles des bâtiments au-delà de sa construction initiale. D'abord, les bâtiments commerciaux et institutionnels sont souvent dépendants des besoins des locataires. Ces derniers louent des espaces qui seront ensuite aménagés à leur gré, ce qui peut impliquer la construction ou la démolition de murs. (Green Building Education Services [GBES], s.d.a) Ainsi, au cours de son cycle de vie, le bâtiment peut accueillir une variété de locataires avec des besoins spécifiques et donc entraîner la consommation de ressources. Pour ne nommer qu'un autre facteur, le secteur du bâtiment s'inscrit dans un système économique qui cherche à produire de la valeur à moindre coût. Ainsi, il arrive que des promoteurs immobiliers sacrifient

la qualité des bâtiments dans le but d'accélérer la construction et d'en tirer profit le plus rapidement possible (Remax, 2017). Moins de temps est accordé aux étapes de conception ainsi qu'au choix de matériaux et la surveillance de chantier est quasi inexistante afin de réduire les coûts. De telles pratiques engendrent des problèmes qui vont nécessiter des travaux de rénovation et souvent très tôt dans la phase d'occupation. Cela augmente donc la consommation de matériaux sur la durée de vie du bâtiment. (D. Germain, 2017)

Ainsi, le choix des matériaux et les méthodes de construction peuvent avoir une influence majeure sur la performance environnementale du bâtiment. L'enjeu principal est donc de construire des bâtiments de qualité avec des matériaux durables tout en répondant aux besoins des occupants.

1.1.4 Choix et aménagement du site

En plus des flux d'énergie, d'eau et de matériaux associés au bâtiment, le choix et l'aménagement du site peuvent avoir un impact important à plusieurs égards. En effet, la construction de bâtiments nécessite l'aménagement de site afin de libérer l'espace requis pour la construction, mais également pour accueillir la machinerie et les matériaux le temps des travaux. Cela contribue à l'altération des écosystèmes, à l'érosion des sols ainsi qu'à la sédimentation des cours d'eau. (Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire [MAMROT], 2010) En ce sens, la réhabilitation de bâtiments existants, la sélection de sites contaminés ou ayant déjà été aménagés permettent d'éviter la destruction d'espaces verts et de terres agricoles (Whole Building Design Guide [WBDG], 2018).

De plus, une fois le bâtiment construit, le site peut être aménagé de façon à réduire l'empreinte du bâti. Limiter la superficie du bâtiment, préserver les caractéristiques naturelles du site et privilégier les espèces indigènes pour l'aménagement paysager sont quelques exemples de mesures qui contribuent à l'intégration harmonieuse du bâti dans son environnement (MAMROT, 2010). D'ailleurs, la végétalisation des sites permet d'augmenter la rétention des eaux pluviales et ainsi limiter le ruissellement pouvant mener à la saturation des réseaux d'égout (Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs [MDDEFP], s.d.).

Par ailleurs, le choix de site peut représenter un enjeu majeur en ce qui a trait à la densité, à la mobilité ainsi qu'à la proximité des services. Un bâtiment situé en zone dense nécessitera moins d'infrastructures pour relier ce dernier au réseau urbain, réduira les distances à parcourir pour avoir accès aux services et atténuera la dépendance à l'automobile (VIVRE EN VILLE, s.d.a). De plus, les zones densément peuplées permettent le développement des réseaux de transport en commun, dont l'utilisation contribue à réduire les émissions de GES (MAMROT, 2010).

En somme, le choix et l'aménagement de site sont des enjeux importants qui peuvent avoir des répercussions majeures sur les écosystèmes, sur la gestion des eaux pluviales, sur la mobilité et sur la proximité des services. Cette étape ne doit donc pas être négligée dans la réalisation des projets.

1.2 Enjeux de santé et de bien-être des occupants

Les préoccupations face à la santé et le bien-être des occupants de bâtiments ont commencé à être considérées plus sérieusement par les autorités publiques dans les années 1970 alors que des individus d'un même immeuble étaient atteints de symptômes variés et inexplicables (Institut national de santé publique du Québec [INSPQ], 2006). De là est né le « syndrome du bâtiment malsain », un terme qui englobe tous les maux dont sont victimes les occupants d'un bâtiment, mais dont les causes demeurent inconnues (Barthe et Rémy, 2010). Des recherches ont permis d'identifier diverses causes potentielles à ces symptômes, dont la plus citée est la mécanisation de la ventilation. En effet, suite à l'embargo sur le pétrole en 1970, les normes de ventilation se sont assouplies afin de permettre des économies d'énergie. Cela s'est traduit par une plus grande herméticité des bâtiments ainsi que par la récupération de l'air intérieur. (INSPQ, 2006) Ce serait donc les faibles niveaux de ventilation et de qualité de l'air qui seraient mis en cause. Par ailleurs, « les années 1960 et 1970 sont caractérisées par la modernisation de nombreux univers de travail, dont les bureaux : l'air conditionné, notamment aux États-Unis, devient incontournable, toute une panoplie de nouveaux matériaux, plastiques, solvants, moquettes synthétiques, ainsi que de nouveaux objets, photocopieuses, ordinateurs, imprimantes, sont utilisés » (Barthe et Rémy, 2010). Des facteurs psychologiques sont également mis en cause, soulevant, entre autres, le stress, l'insatisfaction au travail ainsi que les faibles relations interpersonnelles (Joshi, 2008). Plus récemment, les modes de vie sédentaires soulèvent de plus en plus de questionnements quant à leur impact sur la santé. Une étude révèle que l'inactivité des Canadiens coûterait 6,8 milliards de dollars en soins de santé soit 3,7 % des coûts totaux en santé (Janssen, 2012). Ainsi, les conditions intérieures des bâtiments joueraient un rôle dans la santé et le bien-être des occupants, mais également les modes de vie de plus en plus sédentaires.

1.2.1 Qualité de l'air

Les Nord-Américains passent en moyenne 90 % de leur temps à l'intérieur, que ce soit au bureau ou à la maison. Or, l'air intérieur serait deux à cinq fois plus pollué qu'à l'extérieur. (US Consumer Product Safety Commission [CPSC], s.d.) D'ailleurs, des études montrent qu'en 2010 l'air intérieur des bâtiments était classé au 4^e rang des causes de maladies à l'échelle mondiale (Lim et al., 2012). Les symptômes associés à une mauvaise qualité de l'air sont variables et peuvent aller de simples maux de gorge ou de tête à des problèmes respiratoires tels que l'asthme ou la légionellose (Joshi, 2008). Différents types de contaminants de sources diverses peuvent se retrouver à l'intérieur des bâtiments et c'est leur trop grande concentration ou bien une trop longue exposition à ces derniers qui peuvent entraîner des problèmes de santé aux occupants (International WELL Building Institute [IWBI], 2015). Un taux de ventilation trop faible favorisera la concentration de ces contaminants dans l'air et donc augmentera les risques de malaise des occupants (OCDE, 2003).

« Les principales sources de contaminants présents dans les bâtiments sont liées à l'humidité, à la combustion et à la présence de composés organiques volatils (COV) et de radon. » (MAMROT, 2010) L'eau offre un environnement idéal au développement des bactéries, des virus et des moisissures. Ainsi, les taux d'humidité élevés, la condensation ou toutes autres accumulations d'eau à l'intérieur du

bâtiment favorisent la propagation de ces contaminants. Une fois asséchés, ces derniers peuvent se volatiliser dans l'air et ainsi causer des infections et des problèmes respiratoires. (CPSC, s.d.) Par ailleurs, la fumée de cigarette et les appareils à combustion, tels que les fournaies et foyers, sont entre autres des sources d'émissions de monoxyde de carbone, de dioxyde d'azote et de particules fines (IWBI, 2018b). En trop fortes concentrations, ces gaz affectent le système respiratoire et peuvent aller jusqu'à causer la mort. Quant aux particules fines, elles s'accumulent dans les poumons et peuvent causer des problèmes de santé à long terme. (CPSC, s.d.) Finalement, les matériaux de construction, les fournitures et les produits d'entretien émettent également des contaminants dans l'air, et ce, sur toute la durée de vie des bâtiments. Il peut s'agir de COV, de formaldéhyde, de pesticides, mais également d'amiante et de plomb lorsqu'il s'agit de plus vieux bâtiments. (CPSC, s.d.)

En somme, le bâtiment doit être en mesure de maintenir une bonne qualité d'air pour ses occupants, peu importe les conditions intérieures et extérieures. Cela se fait, entre autres, en réduisant les sources de contaminants, notamment par le choix des matériaux, et en assurant une ventilation adéquate.

1.2.2 Confort thermique

La température ambiante du bâtiment peut avoir une influence sur le confort des occupants et compromettre leur expérience au sein de ce dernier. Dans un contexte de travail, le confort thermique influencerait la productivité des employés. D'après une étude menée par Seppänen, Fisk et Lei (2006), la performance des employés augmente à des températures de 21-22 °C, mais diminue à partir de 23-24 °C. À 30 °C, une baisse de performance de 8,9 % est observée. La température optimale, en termes de productivité, serait donc de 22 °C.

Toutefois, outre la température, plusieurs facteurs influencent le confort thermique d'un individu. En effet, le taux d'humidité, la vitesse de l'air et le rayonnement thermique sont quelques éléments qui font varier le confort des occupants de bâtiments. À cela s'ajoutent l'activité métabolique et l'habillement de chaque individu. (Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec [CSST], 2004) Ainsi, plusieurs variables interfèrent dans le confort thermique des occupants et il est difficile de conditionner un environnement intérieur qui soit satisfaisant pour tous. En ce sens, la norme ASHRAE 55 définit les combinaisons de facteurs environnementaux et personnels qui résulteront en des conditions acceptables pour la majorité des occupants, soit plus de 80 % (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], 2013). Or, d'après une autre étude menée en Finlande et aux États-Unis, seulement 11 % des édifices à bureaux obtiennent un taux de satisfaction d'au moins 80 %. Un sondage conduit auprès de 34 169 occupants à travers 215 bâtiments révèle que 42 % d'entre eux sont insatisfaits de la température dans leurs locaux de travail. (Huizenga, Abbaszadeh, Zagreus et Arens, 2006)

1.2.3 Confort acoustique

Plusieurs études ont démontré les effets néfastes du bruit sur la santé et le bien-être des occupants de bâtiments. Les résultats de Chang, Lai, Hsieh, lai, et Liu (2009) révèlent qu'une exposition prolongée

au bruit entraîne une augmentation de la pression artérielle et que ses effets peuvent se poursuivre jusqu'à 60 minutes après l'exposition. L'étude affirme également que les femmes sont plus affectées par le bruit que les hommes. Les nuisances sonores auraient aussi un impact sur la qualité du sommeil (Fyhri et Aasvang, 2010). Au-delà des effets sur la santé, le bruit affecterait la concentration et la mémoire et nuirait ainsi à la performance des individus dans leurs activités (Belojević, Öhrström et Rylander, 1992; Jones, Miles et Page, 1990). Dans un contexte de travail, une étude menée auprès de 2 391 employés à travers 58 environnements de travail différents démontre une corrélation entre l'insatisfaction au travail et l'augmentation du niveau de bruit (Sundstrom, Town, Rice, Osborn et Brill, 1994).

Les nuisances sonores dans le milieu du travail sont de sources variables et peuvent venir autant de l'environnement extérieur qu'intérieur. Tout dépendant de la densité du secteur dans lequel se trouve le bâtiment, la circulation et les activités du voisinage peuvent émettre du bruit audible depuis les lieux de travail. À l'intérieur du bâtiment, les équipements mécaniques, assurant entre autres le conditionnement de l'air, fonctionnent généralement en continu et sont une source de bruit relativement constante. De plus, s'ils sont mal isolés des éléments structuraux du bâtiment, ces derniers peuvent transmettre des vibrations aux différents locaux de travail. (CSST, 1998) À cela peut s'ajouter le bruit des appareils électroniques, tels que les téléphones et ordinateurs, ou tout autre équipement de travail. Finalement, les conversations des occupants, que ce soit par téléphone ou en personne, sont source de bruit et l'aménagement et l'architecture des bureaux peuvent en accentuer les effets. (Bruyere, s.d.; Conseil Canadien de la Sécurité, s.d.)

1.2.4 Confort visuel

L'éclairage ainsi que les ouvertures offrant un visuel avec l'extérieur peuvent influencer la santé et la productivité des occupants de bâtiments. Un mauvais éclairage demande aux muscles oculaires de fournir un plus grand effort, ce qui fatigue l'œil plus rapidement et peut résulter en une augmentation de la tension nerveuse (Sartin, 1971). Au-delà de la fatigue visuelle, l'éclairage joue un rôle important dans les rythmes circadiens, c'est-à-dire qu'il peut affecter l'horloge biologique interne des êtres humains. Selon LeGates, Fernandez et Hattar (2014), l'éclairage aurait un effet direct sur l'humeur et les capacités d'apprentissage des individus et un effet indirect sur les rythmes circadiens et le sommeil, ce qui, ultimement, peut également nuire à l'humeur et l'apprentissage. Des études ont également soulevé que l'irrégularité de l'éclairage pourrait être mise en cause dans le développement de cancers du sein (Cho et al., 2015) et de dépressions (A. Germain et Kupfer, 2008). Les troubles associés aux rythmes circadiens ne seraient pas seulement associés à l'usage d'éclairage artificiel le soir, prolongeant ainsi la durée d'éveil, mais également à l'irrégularité de l'exposition à la lumière durant le jour (Figueiro, 2017). L'éclairage des bâtiments serait conçu pour assurer un niveau d'éclairage suffisant pour l'usage, mais non adapté aux rythmes circadiens (Figueiro et al., 2017).

Par ailleurs, une étude menée auprès d'employés d'édifices à bureaux démontre l'influence de l'exposition à la lumière naturelle sur l'activité physique, l'humeur et la qualité du sommeil. Les

occupants n'ayant pas accès à des fenêtres ont démontré une plus faible mobilité physique, moins de vitalité et ont une qualité de sommeil inférieure à leurs homologues ayant accès à des fenêtres. La fenestration des bâtiments offre également un visuel sur l'environnement extérieur ce qui peut contribuer au confort et à la productivité des employés (GBES, s.d.b). De plus, les environnements de travail ayant un contact avec la nature permettraient de réduire le sentiment de stress des employés et contribueraient à la réduction des problèmes de santé (Largo-Wight, Chen, Dodd et Weiler, 2011).

1.2.5 Aménagement et santé des occupants

En plus de passer 90 % de leur temps à l'intérieur, les populations occidentales se retrouvent dans des environnements où l'activité physique est limitée et où les tâches s'accomplissent majoritairement en position assise. Les bâtiments sont souvent conçus pour minimiser les mouvements par souci d'efficacité ou de commodité. De plus, le temps passé devant un écran a également augmenté de façon importante depuis les années 1990. (Owen, Sparling, Healy, Dunstan et Matthews, 2010) Cette réalité a fait émerger deux enjeux de santé publique importants soient l'inactivité physique et la sédentarité.

En 2010, à l'échelle mondiale, 23 % des adultes et 81 % des adolescents n'étaient pas suffisamment actifs selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) et cette tendance est plus marquée dans les pays à revenu élevé (2018). En 2013, les coûts de santé associés à cette inactivité s'élevaient à 53,8 millions de dollars et des pertes de 13,7 millions de dollars étaient attribuables à la perte de productivité (Ding et al., 2016). Comme l'ont démontré plusieurs études, l'inactivité et la sédentarité seraient responsables de nombreux problèmes de santé dont l'obésité, le diabète de type 2, les maladies cardiovasculaires, les cancers et la dépression (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 1999; Owen, Salmon, Koohsari, Turrell et Giles-Corti, 2014). Ces dernières auraient également des effets sur l'humeur, le stress et la productivité (CDC, 1999). De plus, une étude révèle que rester assis 10 heures par jour augmenterait le taux de mortalité de 34 % chez les adultes (Chau et al., 2013).

Par ailleurs, l'environnement bâti aurait une influence sur le niveau d'activité physique ainsi que la santé et le bien-être. En effet, une étude révèle que les quartiers aménagés pour favoriser la marche, autant pour les déplacements que pour les loisirs, engendrent une augmentation de l'activité physique et des rapports sociaux et diminuent les taux d'obésité, de dépression et d'abus d'alcool (Renalds, Smith et Hale, 2010).

La santé mentale est également un enjeu important auquel l'environnement intérieur des bâtiments peut contribuer. Il ne sera pas abordé dans le cadre de cet essai, toutefois la qualité de l'air, le confort thermique, acoustique et visuel ainsi que la promotion de l'activité physique sont des facteurs importants qui contribuent au bien-être et à la santé physique et mentale des occupants. En ce sens, la certification WELL tente de répondre à ces enjeux en proposant un ensemble de pratiques, de politiques et de stratégies applicables au bâtiment.

1.3 Présentation de la certification WELL

La certification WELL a été créée sous sa première version en 2014, aux États-Unis, s'ajoutant ainsi à la liste des systèmes d'évaluation et de certification de bâtiment, au même titre que LEED et BREEAM (Matos, 2014). Elle est administrée par l'IWBI fondée par Paul Scialla, également fondateur de la compagnie Delos qui œuvre dans la recherche et la promotion de la santé au sein de l'environnement bâti. À ce jour, plus de 1 600 projets ont été certifiés WELL ou sont en voie de l'être dans 50 pays différents. (IWBI, s.d.a)

L'IWBI lançait, en mai 2018, sa seconde et plus récente version de la certification WELL incorporant des améliorations s'appuyant sur les leçons et rétroactions tirées des différents projets certifiés (IWBI, 2018a). Les prochaines sections présenteront plus en détail les objectifs et la structure de cette dernière.

1.3.1 Objectifs et principes de la certification

WELL est le premier système d'évaluation et de certification de bâtiment à s'intéresser exclusivement à la santé, au confort et au bien-être des occupants des bâtiments. Avec son système, l'IWBI cherche à combler le vide normatif en ce qui a trait à la santé et au bien-être des individus dans l'environnement bâti. En effet, alors que les normes de construction ont rapidement évolué sur le plan environnemental, favorisant l'émergence de pratiques écoresponsables et de bâtiments dits plus verts, les mesures relatives à la santé et au bien-être n'ont pas connu le même essor. Ainsi, la certification WELL a pour principal objectif de définir des lignes directrices afin d'intégrer les notions de santé et de bien-être au bâtiment, au même titre que celles relatives à l'environnement. Les mesures proposées par l'IWBI visent à intégrer les meilleures pratiques pour la santé, le confort et le bien-être des individus liés au bâtiment, de sa conception jusqu'à son occupation. Pour l'IWBI, le bâtiment se définit, entre autres, comme « un instrument au service de la santé, du bien-être et du confort de l'homme ». (IWBI, 2015)

La seconde version de la certification se base sur six principes directeurs dans l'établissement de stratégies visant la santé et le bien-être :

- **Équitable** – procure le plus de bénéfices au plus grand nombre de personnes, et ce, en incluant tous les groupes démographiques et économiques, en portant une attention particulière aux plus vulnérables.
- **Global** – propose des mesures qui sont réalisables et pertinentes pour la plupart des régions du monde.
- **Fondé sur des preuves** – propose des mesures qui sont supportées par des recherches rigoureuses dont les résultats sont acceptés par la communauté scientifique.
- **Robuste techniquement** – s'appuie sur les meilleures pratiques et sur des stratégies confirmées du secteur.
- **Axé sur le client** – définit les exigences du client par un processus dynamique engageant l'ensemble des parties prenantes impliquées dans le projet et en s'appuyant sur l'expertise de professionnels du milieu.

- **Résilient** – intègre dans la pratique les avancées scientifiques et technologiques de manière continue. (IWBI, 2018b)

1.3.2 Types de projets visés

Initialement élaborée pour les édifices à bureaux, la certification WELL élargit son champ d'application, à travers sa seconde version, en proposant des mesures qui s'adressent à des types d'espaces plutôt qu'à des types de bâtiment. Ainsi, chaque mesure s'applique soit à tous les espaces du projet soit à un type d'espace spécifique tel que les salles de classe, les cuisines commerciales, les unités d'habitation, les espaces à bureaux, les espaces commerciaux, etc. De façon similaire, certaines mesures peuvent également s'adresser à un type d'occupant, tel que des employés ou bien des étudiants. (IWBI, 2018b)

Par ailleurs, WELL offre deux cheminements de certification selon le type de projet. Le premier cheminement, le plus commun, vise l'ensemble du bâtiment alors que le second ne cible que le noyau et l'enveloppe de ce dernier. Ainsi, un promoteur peut certifier le bâtiment de base au profit de futures locataires. Dans un tel cas, ce sont les mesures qui se rapportent aux systèmes de ventilation, aux systèmes de climatisation et de chauffage, aux matériaux, à la fenestration et à l'architecture du bâtiment qui devront être mis en œuvre en vue de l'obtention de la certification. Ce cheminement ne sera toutefois par abordé plus longuement dans le cadre de cet essai. Dans tous les cas, WELL certifie les bâtiments existants comme les bâtiments neufs. (IWBI, 2018b)

1.3.3 Structure de la certification

La certification WELL s'organise autour de 10 catégories appelées concepts. Ces derniers sont ensuite divisés en une série de critères qui proposent chacun des mesures spécifiques ayant pour objectif la santé, le confort et le bien-être des occupants des bâtiments. Le tableau 1.1 présente chacun des concepts, leur objectif ainsi que les critères qui s'y rattachent. Au total, 112 critères sont répartis à travers les concepts, selon deux catégories : les prérequis et les optimisations. Les prérequis sont des critères dont la mise en œuvre est obligatoire pour l'obtention de la certification WELL. Sur les 112 critères, 23 d'entre eux sont des prérequis. Les optimisations, quant à elles, ne sont pas obligatoires, mais leur réalisation permet de cumuler un certain nombre de points. Un minimum de points est toutefois nécessaire pour l'obtention de la certification. Le pointage des optimisations varie entre 1 et 3 points, à l'exception du critère A05 qui en vaut 4. La notation sera davantage expliquée dans la sous-section suivante. (IWBI, 2018b)

Tableau 1.1 - Liste des concepts de la certification WELL (IWBI, 2018b, 2015)

| CONCEPT | OBJECTIF | CRITÈRES |
|-----------|--|--|
| Air | Assurer un niveau élevé de qualité d'air intérieur à l'aide de stratégies visant, entre autres, l'élimination ou la réduction à la source des contaminants dans l'air, | A01. Normes de qualité de l'air (P) A02. Environnement sans fumée (P) A03. Efficacité de la ventilation (P) A04. Gestion de la pollution de construction (P) A05. Normes de qualité de l'air supérieur (4 pts) A06. Ventilation accrue (3 pts) A07. Fenêtres ouvrantes (2 pts) A08. Surveillance de la qualité de l'air (2 pts) A09. Gestion de l'infiltration d'air (1 pt) A10. Minimisation de la combustion (1 pt) A11. Séparation à la source (1 pt) A12. Filtration de l'air (1 pt) A13. Contrôle actif des COV (1 pt) A14. Contrôle des microbes et moisissures (2 pts) |
| Eau | Assurer la qualité, la distribution et le contrôle de l'eau à l'intérieur du bâtiment en s'attaquant, entre autres, aux contaminants dans l'eau et en évitant les dommages matériels et environnementaux occasionnés par cette dernière. | W01. Normes de qualité de l'eau (P) W02. Contaminants dans l'eau (P) W03. Contrôle de la légionellose (P) W04. Qualité d'eau supérieure (1 pt) W05. Maintien de la qualité de l'eau (2 pts) W06. Promotion de l'eau potable (1 pt) W07. Gestion des moisissures (3 pts) W08. Lavage des mains (2 pts) |
| Nutrition | Favoriser une saine alimentation par une offre de fruits et légumes variés, une transparence nutritionnelle ainsi qu'un environnement facilitant les choix sains. | N01. Fruits et légumes (P) N02. Transparence nutritionnelle (P) N03. Produits alimentaires transformés (3 pts) N04. Publicité alimentaire (2 pts) N05. Ingrédients artificiels (1 pt) N06. Taille des portions (1 pt) N07. Éducation nutritionnelle (1 pt) N08. Alimentation consciente (2 pts) N09. Restrictions alimentaires (2 pts) N10. Préparation des aliments (1 pt) N11. Approvisionnement responsable (1 pt) N12. Production alimentaire (2 pts) N13. Alimentation locale (1 pt) |
| Lumière | Promouvoir une exposition à la lumière naturelle et créer des environnements lumineux optimaux pour la santé visuelle, mentale et biologique. | L01. Exposition à la lumière et éducation (P) L02. Qualité visuelle des éclairages (P) L03. Éclairage adapté au système circadien (3 pts) L04. Contrôle de l'éblouissement (3 pts) L05. Accès accru à la lumière naturelle (3 pts) L06. Équilibre visuel (1 pt) L07. Qualité de l'éclairage électrique (2 pts) L08. Contrôle de l'éclairage (2 pts) |

Tableau 1.1 - Liste des concepts de la certification WELL (suite) (IWBI, 2018b, 2015)

| CONCEPT | OBJECTIF | CRITÈRES |
|-------------------|--|---|
| Forme physique | Promouvoir le mouvement et l'activité physique et freiner la sédentarité à travers un aménagement actif, des stratégies, programmes et politiques. | V01. Bâtiment actif et communautés (P) V02. Ergonomie visuelle et physique (P) V03. Circulation dynamique (3 pts) V04. Support au transport actif des occupants (3 pts) V05. Sélection et aménagement du site (3 pts) V06. Opportunités d'activité physique (3 pts) V07. Mobilier actif (2 pts) V08. Espace et équipement pour l'activité physique (2 pts) V09. Aménagement dynamique à l'extérieur (1 pt) V10. Ergonomie avancée (1 pt) V11. Promotion de l'activité physique (1 pt) V12. Suivi individuel de l'activité physique (1 pt) |
| Confort thermique | Assurer le confort thermique maximal des occupants à l'aide de systèmes de chauffage de ventilation et de climatisation performants et en répondant aux préférences individuelles. | T01. Performance thermique (P) T02. Performance thermique avancée (3 pt) T03. Zonage thermique (2 pt) T04. Contrôle du confort thermique individuel (2 pt) T05. Confort thermique radial (2 pt) T06. Surveillance du confort (1 pt) T07. Contrôle de l'humidité (1 pt) |
| Acoustique | Améliorer la santé et le bien-être des occupants grâce à l'identification et l'atténuation des paramètres de confort acoustique. | S01. Cartographie des sources sonores (P) S02. Niveaux sonores maximums (3 pts) S03. Barrières sonores (3 pts) S04. Absorption du son (3 pts) S05. Masquage sonore (3 pts) |
| Matériaux | Réduire l'exposition aux produits toxiques présents dans les matériaux en les éliminant, les réduisant ou les interdisant. | X01. Sûreté fondamentale des matériaux (P) X02. Réduction des produits toxiques (P) X03. Structures extérieures (P) X04. Gestion des matières résiduelles (1 pt) X05. Gestion sur place des contaminants (2 pts) X06. Évaluation environnementale de site (2 pts) X07. Usage de pesticides (1 pt) X08. Réduction des matières dangereuses (1 pt) X09. Produits et protocoles de nettoyage (2 pts) X10. Réduction des composants volatiles (3 pts) X11. Contrôle des polluants émis à long terme (3 pts) X12. Contrôle des polluants émis à court terme (3 pts) X13. Sécurité avancée des matériaux (2 pt) X14. Transparence des matériaux (2 pt) |

Tableau 1.1 - Liste des concepts de la certification WELL (suite) (IWBI, 2018b, 2015)

| CONCEPT | OBJECTIF | CRITÈRES |
|------------|---|--|
| Esprit | Promouvoir la santé mentale à l'aide de politiques, de programmes et de stratégies visant à atténuer les facteurs influençant le bien-être cognitif et émotionnel. | M01. Promotion de la santé mentale (P) M02. Accès à la nature (P) M03. Soutien à la santé mentale (3 pts) M04. Éducation sur la santé mentale (2 pts) M05. Soutien à la gestion du stress (2 pts) M06. Opportunités de ressourcement (1 pt) M07. Espaces de relaxation (1 pt) M08. Programmes de ressourcement (1 pt) M09. Accès accru à la nature (1 pt) M10. Soutien à la concentration (1 pt) M11. Soutien au sommeil (2 pts) M12. Voyages d'affaires (1 pt) M13. Lutte contre le tabac (3 pts) M14. Éducation et services liés à la consommation de drogues (3 pts) M15. Plan d'urgence lié à la consommation d'opioïdes (3 pts) |
| Communauté | Offrir des avantages sociaux donnant accès aux soins de santé essentiels, des politiques favorisant la santé sur les lieux de travail et accommodant les nouveaux parents. Créer une communauté inclusive par le biais de l'équité sociale, l'engagement civique et un design accessible. | C01. Sensibilisation à la santé et au bien-être (P) C02. Conception intégrée (P) C03. Sondage auprès des occupants (P) C04. Sondage approfondi auprès des occupants (3 pts) C05. Services de santé et avantages sociaux (3 pts) C06. Promotion de la santé (3 pts) C07. Immunisation (2 pts) C08. Soutien aux nouveaux parents (3 pts) C09. Soutien aux nouvelles mères (3 pts) C10. Soutien aux familles (2 pts) C11. Engagement civique (1 pt) C12. Transparence organisationnelle (2 pts) C13. Accessibilité et design universel (3 pts) C14. Furnitures pour les salles de bain (2 pts) C15. Préparation aux situations d'urgence (3 pts) C16. Accès communautaire et engagement (1 pt) |

1.3.4 Notation et niveaux de certification

Les projets souhaitant être certifiés WELL peuvent atteindre trois niveaux de certification : argent, or et platine. Le tableau 1.2 résume les pointages minimaux requis pour atteindre les niveaux respectifs.

Tableau 1.2 - Niveaux de certification (IWBI, 2018b)

| Niveau de certification | Pointage minimum |
|-------------------------|------------------|
| WELL Argent | 50 points |
| WELL Or | 60 points |
| WELL Platine | 80 points |

Pour qu'un projet se voie attribuer la certification WELL, il doit minimalement mettre en œuvre les critères constituant des prérequis, puis cumuler suffisamment de points pour atteindre le niveau de certification visé. Au total, 178 points peuvent être cumulés par la mise en œuvre des 89 optimisations. Toutefois, chaque projet ne peut cumuler plus de 12 points par concept ni plus de 100 points à travers l'ensemble des 10 concepts. Par ailleurs, un minimum de deux points par concept est requis. De plus,

un projet peut obtenir jusqu'à 10 points d'innovation s'il propose des mesures visant la santé et le bien-être des occupants sortant du cadre de la certification WELL. (IWBI, 2018b)

La certification d'un projet est valide pour une durée de trois ans. Au terme de ces trois années, le projet doit entamer un processus de recertification afin de pouvoir la préserver. Une plaque validant la certification ou la recertification d'un projet est apposée sur le bâtiment avec l'année correspondante. Cette procédure permet d'assurer que le projet respecte ses engagements et les maintient à long terme. (IWBI, 2019)

Par ailleurs, l'IWBI considère que la santé et le bien-être humains sont indissociables de la santé planétaire. En ce sens, la certification WELL est conçue pour fonctionner conjointement avec les certifications ciblant les enjeux environnementaux, tels que LEED ou BREEAM, et l'IWBI encourage cette pratique. (IWBI, 2018b)

1.4 Évaluation de la performance environnementale des certifications

En réponse aux différents enjeux présentés dans les sections 1.1 et 1.2, différents systèmes d'évaluation et de certification ont vu le jour. LEED et BREEAM ont été mentionnés comme étant les plus répandus, ciblant les enjeux environnementaux, mais WELL a récemment fait son apparition sur le marché, s'attaquant spécifiquement aux enjeux de santé liés au bâtiment. (Dridi, 2017) Ces différents systèmes proposent des mesures variées qui promettent d'atténuer l'impact du bâti sur l'environnement ou la santé à différents degrés. Ce sont généralement des systèmes de notation par pointage, similaires à celui de la certification WELL, qui permettent d'échelonner les mesures proposées selon leur performance. En outre, il est légitime de se questionner sur les réels effets de ces systèmes d'évaluation et de certification sur les bâtiments.

En ce sens, plusieurs études ont cherché à évaluer les répercussions de ces systèmes sur l'environnement ainsi que la cohérence de leur structure. Aucune d'entre elles n'aborde les répercussions de la certification WELL sur la performance environnementale des bâtiments certifiés. Toutefois, dans le contexte nord-américain, la certification LEED a été largement abordée, notamment à cause de son importante présence et de sa rapide croissance sur le marché (Scofield, 2009a; Suh, Tomar, Leighton et Kneifel, 2014). Ces études serviront de modèles pour l'analyse de la certification WELL dans le cadre de cet essai.

Bien qu'encore peu mise en pratique, l'évaluation post-occupation constitue un outil efficace pour évaluer la performance des bâtiments, une fois ces derniers mis en service. Cela consiste essentiellement à vérifier que les bâtiments répondent aux attentes fixées en début de projet. (Hadjri et Crozier, 2009) Cet outil se prête bien à l'évaluation de la performance environnementale des systèmes de certification de bâtiment afin d'assurer que les projets répondent aux performances promises par ces derniers.

En ce sens, huit ans après la création de la certification LEED, la *New Buildings Institute* (NBI) publiait un rapport sur la performance énergétique des bâtiments certifiés LEED NC (nouvelle construction) d'après la version 2 de la certification. Financé par le USGBC, ce dernier concluait que les bâtiments certifiés LEED consomment entre 26 % et 44 % moins d'énergie que la moyenne des bâtiments répertoriés dans le *Commercial Buildings Energy Consumption Survey* (CBES) par le *US Energy Information Administration*. De plus, les performances post-occupation concordent avec les simulations énergétiques menées en amont de la construction des bâtiments. (New Buildings Institute [NBI], 2008) Plusieurs critiques ont été émises à l'égard de ce rapport et quelques études ont été publiées, en réponse à ce dernier, présentant des conclusions différentes à partir des mêmes données. (Newsham, Mancini et Birt, 2009; Scofield, 2009b, 2009a)

Les résultats de Newsham et al. (2009) affirment également qu'en moyenne, les bâtiments certifiés LEED consomment moins d'énergie par unité de surface, mais que cette diminution varie plutôt entre 18 % et 39 %. En opposition au rapport publié par la NBI, les résultats ont été obtenus en tenant compte des types et superficies de bâtiments, des zones climatiques et de l'année de construction. L'étude mentionne toutefois que 28 % à 35 % des bâtiments certifiés consomment plus d'énergie que leurs homologues conventionnels. En d'autres mots, ces derniers n'atteignent pas les performances présagées. Par ailleurs, les résultats montrent qu'il ne semble pas y avoir de corrélation certaine entre la performance énergétique du bâtiment et l'atteinte des critères énergétiques de LEED. Autrement dit, ce serait le processus global de conception et de construction qui influencerait la performance du bâtiment et non les critères LEED ciblant spécifiquement le volet énergétique. De plus, le niveau de certification ne serait pas lié à la consommation énergétique. Un bâtiment certifié argent, par exemple, peut avoir une performance énergétique supérieure à un niveau platine.

Scofield (2009a) va plus loin encore en affirmant que, collectivement, les bâtiments certifiés LEED ne consomment pas moins d'énergie que leurs homologues non certifiés. En effet, les conclusions de son analyse stipulent que, considérés individuellement, les bâtiments certifiés LEED consomment effectivement moins d'énergie que ceux non certifiés. Toutefois, en considérant la moyenne des bâtiments LEED toutes tailles confondues, ces derniers n'offrent pas une performance énergétique supérieure et donc ne contribuent pas à la réduction des GES de façon substantielle. Contrairement à ses confrères, Scofield considère l'énergie consommée hors site en plus de celle consommée sur site, c'est-à-dire qu'il tient compte de l'énergie nécessaire pour la production et la distribution de l'électricité jusqu'au bâtiment (plus connu sous le nom de l'énergie intrinsèque). Ses résultats confirment que, considérant uniquement l'énergie consommée sur site, les bâtiments certifiés LEED consomment moins d'énergie, mais que leur performance est plutôt de l'ordre de 10 % à 17 % supérieure à ceux non certifiés. Toutefois, en tenant compte de l'énergie nécessaire pour produire et distribuer l'électricité et en considérant les pertes associées, ces derniers ne présentent pas d'économie importante. Ainsi, la certification LEED ciblerait spécifiquement la consommation d'énergie sur site.

En somme, ces quelques études ont permis de soulever les lacunes de la certification LEED, notamment en ce qui a trait à la difficulté des critères à atteindre leur cible ainsi qu'à la consistance du système de notation. Cependant, seule la performance énergétique des bâtiments en phase d'utilisation a été évaluée. Ces études n'évaluent pas la performance du bâtiment sur l'ensemble de son cycle de vie autant sur le plan énergétique qu'en termes de consommation de ressources, de changements climatiques, etc. Autrement dit, elles ne tiennent pas compte de l'ensemble des enjeux environnementaux relatifs au bâtiment, pourtant également ciblés par la certification LEED.

En ce sens, quelques études proposent une approche selon le cycle de vie des bâtiments pour évaluer la performance des systèmes de certification de bâtiment. Cette approche sera davantage expliquée dans le chapitre suivant, mais de façon sommaire, l'ACV permet d'évaluer l'impact environnemental potentiel associé à un produit ou service en considérant l'ensemble des étapes de son cycle de vie (Jolliet, Saadé, Crettaz et Shaked, 2010). Dans le contexte du bâtiment, ces étapes se résument essentiellement à la production des matériaux, au transport, à la construction, à l'utilisation ainsi qu'à la fin de vie, comme le montre la figure 1.1.

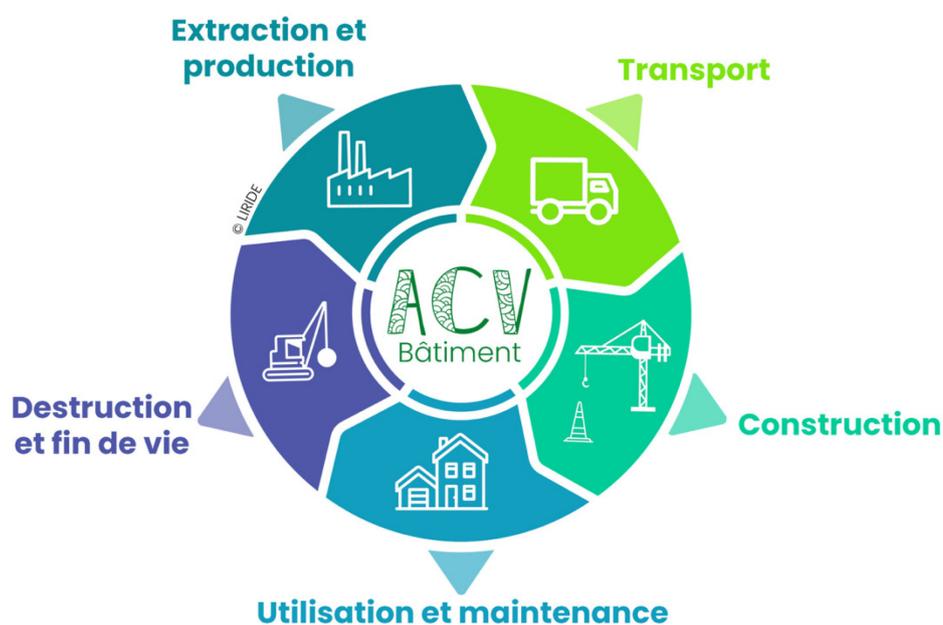


Figure 1.2 - Étapes du cycle de vie d'un bâtiment (Tiré de: LIRIDE, s.d.)

L'une des études les plus citées est celle publiée par Humbert, Abeck, Bali et Horvath (2007) dont l'objectif est d'évaluer les bénéfices potentiels des critères LEED sur l'environnement à l'aide de l'ACV. Basée sur la version 2.0 de la certification, cette étude évalue la performance environnementale potentielle de 36 critères sur un total de 69. Pour ce faire, un bâtiment non certifié a été défini afin de servir de référence, en se basant sur un édifice à bureaux situé en Californie. Ainsi, c'est la mise en œuvre des critères qui influencera la performance environnementale du bâtiment de référence. Au terme des analyses, l'impact de chaque critère a été évalué selon les catégories de dommages Changements climatiques, Santé humaine, Qualité des écosystèmes et Ressources. La figure 1.2 présente, à titre d'exemple, la répartition des critères pour la catégorie Changements climatiques. Un

critère positif signifie que sa mise en œuvre est bénéfique pour la performance environnementale du bâtiment alors qu'un critère négatif est plutôt nuisible.

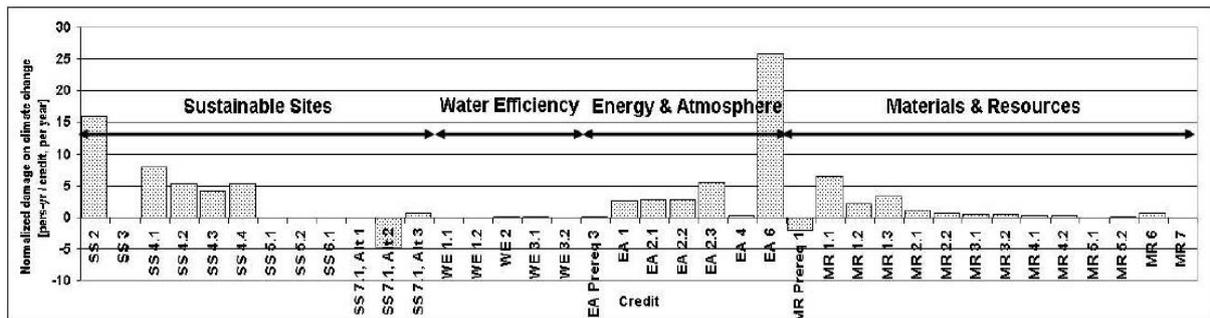


Figure 1.3 - Bénéfices des critères LEED sur les changements climatiques
(Tiré de: Humbert et al., 2007)

Les résultats de cette étude démontrent, dans un premier temps, que les bénéfices que procurent les critères varient énormément d'un à l'autre et que certains nuisent même à la performance environnementale du bâtiment. De plus, le système de notation de la certification LEED v2.0 attribue 1 point à chacun des critères réalisés, à l'exception de cinq d'entre eux qui valent plutôt 2 points (US Green Building Council [USGBC], 2019). Ainsi, le pointage attribué à un projet n'est pas nécessairement représentatif de la performance environnementale de ce dernier. En ce sens, Humbert et al. (2007) ont proposé une notation allant de -128 à 606 en ramenant les bénéfices associés à un critère à un score unique. Au final, bien que certains critères augmentent l'impact environnemental du bâtiment, la certification LEED permet de réduire l'impact du bâtiment de référence de 40 %. Par ailleurs, une analyse de sensibilité a permis de démontrer une variabilité des résultats selon le type de bâtiment, ce qui suggère également la nécessité d'adapter le système de notation de la certification. En effet, les bénéfices des critères varient selon qu'il s'agit d'un édifice à bureaux, d'une école ou bien d'un bâtiment résidentiel, comme le montre la figure 1.3.

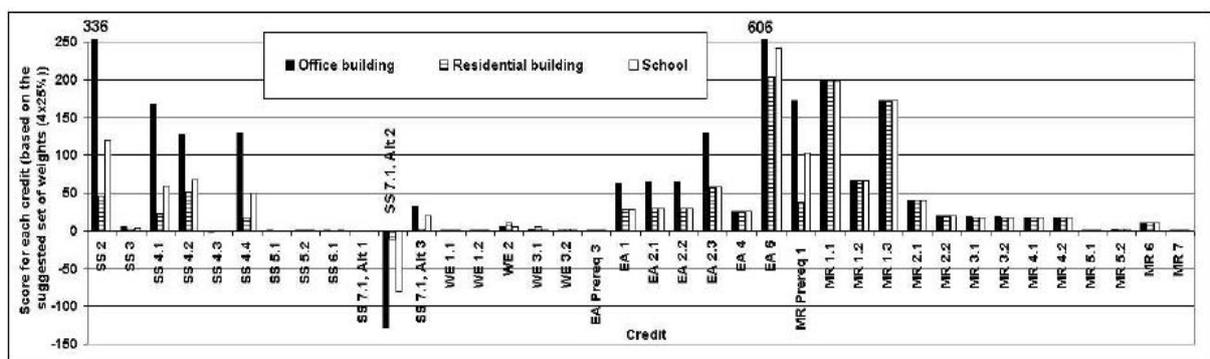


Figure 1.4 - Influence du type de bâtiment sur les bénéfices des critères LEED
(Tiré de: Humbert et al., 2007)

Suivant une méthodologie similaire, Suh, Tomar, Leighton et Kneifel (2014) ont évalué le potentiel de réduction de l'impact environnemental d'un système de certification et de deux codes de bâtiments : la certification LEED v3.0, la norme ASHRAE 189.1 (2009) et l'*International Green Construction Code*

(IgCC). Ces trois systèmes sont déjà largement utilisés en pratique et ciblent des enjeux environnementaux communs. L'étude se base sur un bâtiment de référence, correspondant à un prototype d'édifice à bureaux de 3 étages situé aux États-Unis. Les répercussions des critères des différents systèmes sur le bâtiment de référence ont ensuite été évaluées à l'aide de l'ACV selon 12 catégories d'impact : changements climatiques, acidification, santé humaine (respiratoire), eutrophisation, destruction de la couche d'ozone, formation de smog, écotoxicité, santé humaine (cancérigène), santé humaine (non cancérogène), extraction d'énergie, utilisation des sols et consommation d'eau. Entre 15 et 30 critères, selon le système, ont été sélectionnés d'après leur propension à être modélisés par ACV.

L'étude conclut que l'adoption des trois systèmes permet de réduire l'impact environnemental du bâtiment de référence de 15 % à 25 % sur l'ensemble de son cycle de vie. Globalement, ce sont les catégories d'impact acidification, santé humaine (respiratoire) et changements climatiques qui bénéficient le plus de la mise en œuvre des critères des différents systèmes, alors que ces derniers n'ont pas d'effets sur la destruction de la couche d'ozone et l'utilisation des terres. Cependant, pour la certification LEED uniquement, les bénéfices associés à la mise en œuvre des critères peuvent être nuls ou jusqu'à 25 % supérieurs au bâtiment de référence. La performance du bâtiment variera en fonction des critères sélectionnés. D'ailleurs, Suh et al. (2014) affirment que la mise en œuvre du crédit 1 de la catégorie Énergie et Atmosphère de la certification LEED, de la section 7 de la norme ASHRAE 189.1 et de la section 6 de l'IgCC est indispensable pour atteindre une réduction considérable de l'impact environnemental du bâtiment à travers les différentes catégories d'impact. Ces mesures ciblent essentiellement la consommation d'énergie en phase d'occupation en considérant la performance de l'enveloppe du bâtiment, de l'éclairage, des sources d'énergie et des systèmes mécaniques.

Dans le contexte québécois, une étude récente menée par Lessard, Anand, Blanchet, Frenette et Amor (2018) aborde spécifiquement l'impact des matériaux sur le cycle de vie des bâtiments dans un contexte où 95 % de la consommation énergétique provient de sources renouvelables. L'objectif de cette dernière est d'évaluer la contribution des matériaux à l'impact environnemental d'un bâtiment situé au Québec, c'est-à-dire dans un contexte énergétique à faibles émissions de GES, pour ensuite mesurer la cohérence du système de notation de la certification LEED v.4. C'est l'ACV d'un édifice à bureaux de 6 étages localisé à Brossard ainsi que l'analyse de différents scénarios de matériaux alternatifs qui a permis d'évaluer la contribution de ces derniers. Les résultats de cette étude montrent que, dans un contexte où le réseau énergétique est un faible émetteur de GES, l'impact des matériaux utilisés pour la construction et l'entretien des bâtiments contribuent à plus de 50 % de l'impact de ces derniers sur l'ensemble de leur cycle de vie. Or, la catégorie matériaux de la certification LEED ne représente que 13 points en comparaison à la catégorie énergie qui en représente 33, soit la catégorie la plus importante en termes de points. En somme, bien que la certification ait évolué au fil de ses versions, la pondération de LEED v.4 ne semble pas adaptée dans un contexte énergétique à faible impact.

Avec ses 1 600 projets certifiés ou en voie de l'être, la certification WELL semble vouloir se tailler rapidement une place sur le marché, au même titre que LEED (IWBI, s.d.a). Il est donc pertinent d'évaluer l'impact environnemental potentiel de cette dernière afin de limiter les effets négatifs de son expansion. Comme l'ont démontré les quelques études présentées dans cette section, dépendamment du contexte et du choix de critères, les efforts fournis pour l'obtention d'un niveau de certification peuvent s'avérer vains sur le plan environnemental. Pour ce qui est de la certification WELL, la question doit toutefois être posée différemment. En effet, dans ce cas-ci, il ne s'agit pas de vérifier si les critères WELL permettent d'atteindre les performances souhaitées en termes de santé, de confort et de bien-être, mais plutôt d'évaluer les effets de leur mise en œuvre sur l'environnement. En d'autres mots, est-il possible de s'attaquer aux enjeux de santé sans pour autant nuire à la performance environnementale du bâtiment ? Ainsi, les différentes études présentées serviront de modèles, essentiellement pour la méthodologie, mais l'analyse des résultats devra être faite dans une perspective différente. Étant donné la récente entrée sur le marché de la certification, l'évaluation post-occupation s'avère peu pertinente, dans la mesure où le volume de données est encore limité. L'ACV apparaît plus adaptée à l'évaluation des critères WELL et permet de chiffrer leur impact environnemental potentiel sur tout le cycle de vie du bâtiment. Le chapitre qui suit présentera plus en détail les étapes qui permettront d'évaluer la performance environnementale de la certification WELL.

2. MÉTHODOLOGIE

La certification WELL propose différentes mesures, sous forme de critères, afin d'améliorer le confort, la santé et le bien-être des occupants du bâtiment. Ces critères prennent forme selon des spécifications définies par l'IWBI et leur impact environnemental ainsi que leurs bienfaits humains varieront en conséquence. Dans le but de valider la performance environnementale de la certification WELL, il est souhaitable que la majorité des critères apporte des bienfaits humains importants pour un faible impact environnemental. Ainsi, pour chacun des critères WELL, un impact environnemental devra y être associé en plus d'un niveau de bienfaits humains. La figure 2.1 illustre comment sera cartographié chacun des critères WELL évalués. Largement inspiré de la matrice de criticité, ou matrice des risques, ce graphique permettra d'illustrer la relation entre l'impact environnemental et les bienfaits humains d'un critère.

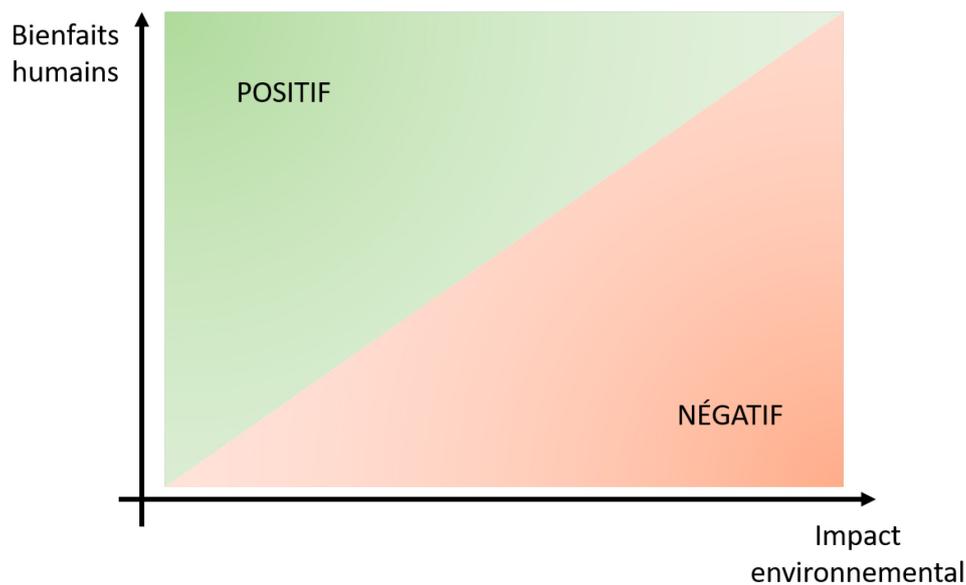


Figure 2.1 - Graphique de résultats illustrant la relation entre l'impact environnemental et les bienfaits humains des critères WELL

De plus, cette représentation facilitera l'interprétation des résultats au terme de l'analyse. En effet, si un critère se retrouve dans la zone verte, cela signifie qu'il apporte des bienfaits humains importants aux occupants tout en ayant un faible impact sur la performance environnementale du bâtiment. Il s'agit d'une situation souhaitable. Inversement, un critère qui se retrouverait dans la zone rouge, signifierait que son implantation engendre un impact environnemental important, mais procure des bienfaits humains limités. Il s'agit donc d'une situation à éviter. En somme, la dispersion des critères à l'intérieur du graphique permettra de tirer des conclusions sur la performance environnementale de la certification WELL.

Ainsi, deux axes sont à définir : l'impact environnemental et les bienfaits humains. Les sections qui suivent présenteront les méthodes employées afin de quantifier l'impact environnemental, dans un premier temps, puis les bienfaits humains pour chacun des critères.

2.1 Évaluation de l'impact environnemental des critères WELL

Dans le cadre de cet essai, c'est l'ACV qui permettra d'évaluer l'impact environnemental des critères WELL. Cette dernière se définit comme un outil permettant d'évaluer « l'impact environnemental d'un produit, d'un service ou d'un système en relation à une fonction particulière et ceci en considérant toutes les étapes de son cycle de vie » (Jolliet et al., 2010). Autrement dit, l'ACV quantifie l'impact environnemental potentiel de l'ensemble des processus impliqués dans le cycle de vie d'un produit ou d'un service accomplissant une fonction bien définie. Elle considère l'ensemble des ressources nécessaires au cours de la vie du produit ou service, de sa fabrication jusqu'à sa fin de vie, ainsi que les émissions et résidus qui sont rejetés. L'ACV peut servir à diverses fins. Elle sert, entre autres, à identifier des pistes d'amélioration de la performance environnementale de produits au cours de leur cycle de vie, à informer les différents acteurs de la chaîne de valeurs, à développer des indicateurs de performances ou bien à documenter la performance de produits. (Organisation internationale de normalisation [ISO], 2006a)

Le cadre méthodologique de l'ACV est régi par les normes ISO 14040 et ISO 14044. La première norme spécifie les principes généraux de l'ACV ainsi que les étapes qui la définissent. La seconde, quant à elle, s'adresse davantage aux professionnels réalisant les ACV et aborde plus en profondeur les exigences associées à chacune des étapes. (Université Virtuelle Environnement et Développement Durable [UVED], s.d.a) La figure 2.2 introduit les quatre étapes caractérisant l'ACV tel que défini par les normes ISO 14040 et ISO 14044. Ces dernières seront ensuite présentées sommairement.

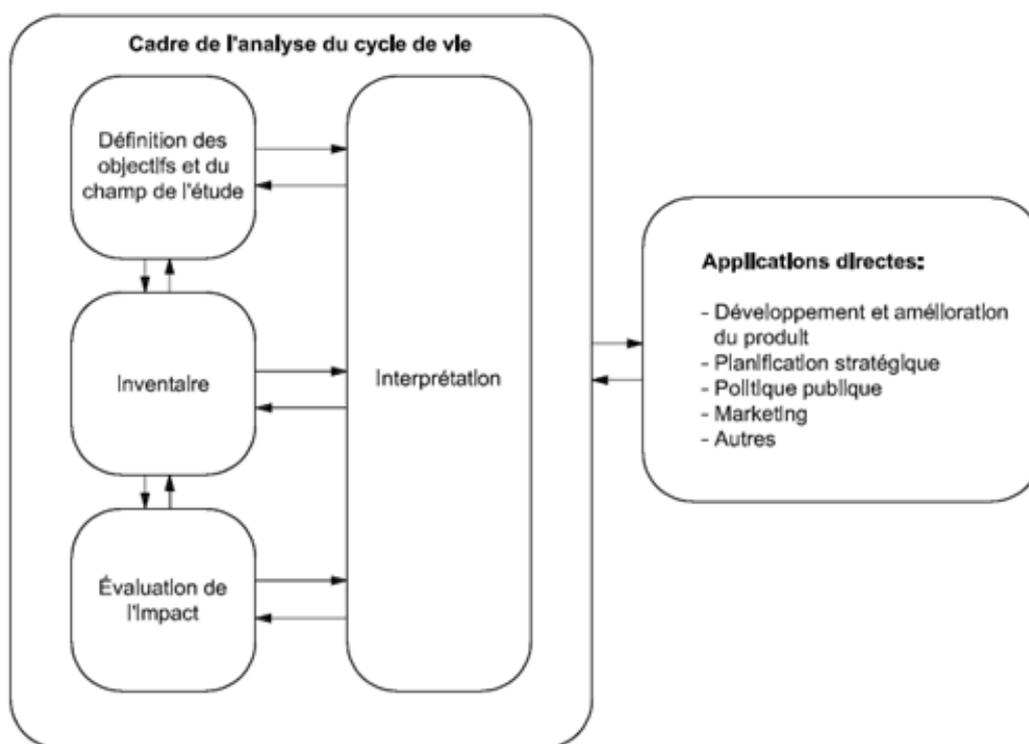


Figure 2.2 - Étapes de l'ACV (Tiré de: ISO, 2006b)

a. Définition des objectifs et du champ de l'étude (Jolliet et al., 2010; ISO, 2006b)

La première étape est essentielle à la réalisation de l'ACV ainsi qu'à son interprétation. Elle consiste à définir les objectifs et le champ de l'étude à travers la description des éléments suivants :

- « L'application envisagée
- Les raisons conduisant à réaliser l'étude
- Le public visé
- Le système de produits à étudier
- Les fonctions du système
- L'unité fonctionnelle
- La frontière du système
- La méthodologie d'évaluation des impacts
- Les hypothèses
- Les limitations
- Etc. » (ISO, 2006b)

b. Inventaire du cycle de vie (Jolliet et al., 2010; ISO, 2006b)

La deuxième étape consiste à inventorier et quantifier l'ensemble des flux de matière, d'énergie et de polluants résultant des différents processus considérés dans le système étudié. Il s'agit essentiellement de l'inventaire des intrants et extrants du système. Cette étape sous-entend donc une collecte de données et l'usage de bases de données s'avère indispensable dans l'accomplissement de cette tâche.

c. Évaluation de l'impact du cycle de vie (Jolliet et al., 2010; ISO, 2006b; UVED, s.d.c)

À la troisième étape, les données d'inventaire sont transformées en impacts environnementaux potentiels. En d'autres mots, chacun des polluants inventoriés à l'étape précédente contribue à une ou des catégories d'impact environnemental, proportionnellement aux quantités émises. Par exemple, l'émission de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'air contribuera à l'impact changement climatique et plus ces émissions seront importantes, plus cette catégorie d'impact prendra de l'importance dans le cycle de vie du produit ou du service analysé. Cette étape requiert l'utilisation d'une méthode d'évaluation de l'impact qui reliera les polluants aux catégories d'impact. Ces dernières peuvent ensuite être regroupées en catégories de dommage. Le nombre de catégories d'impact et la possibilité de les regrouper ou non par catégorie de dommage dépendent de la méthode choisie.

d. Interprétation (Jolliet et al., 2010; ISO, 2006a, 2006b)

L'interprétation constitue la dernière étape, mais intervient à travers les autres étapes de l'ACV, d'où sa représentation en parallèle dans la figure 2.2. Elle consiste essentiellement à « fournir une présentation compréhensible, complète et cohérente des résultats d'une ACV, conformément à la définition des objectifs et du champ de l'étude » (ISO, 2006b). Cette étape permet de tirer des conclusions et d'émettre des recommandations. Toutefois, l'ACV étant un processus itératif, l'interprétation se fait à chacune des étapes présentées ci-haut. Elle permet, entre autres, de revoir les objectifs ou les hypothèses posées à la première étape ou de revoir la sélection de données de l'inventaire afin d'en améliorer la qualité. En somme, l'interprétation permet d'assurer que l'ACV répond le plus fidèlement et le plus précisément possible à la définition des objectifs et du champ de l'étude.

Dans le cadre de cet essai, ce sont les critères de la certification WELL intégrés à un édifice à bureaux qui seront analysés. Afin d'évaluer l'impact environnemental associé, la différence entre la performance d'un bâtiment de référence et le même bâtiment sur lequel ont été intégrés les critères WELL sera évaluée. C'est donc les ajouts occasionnés par les critères de la certification WELL qui entraîneront un impact environnemental potentiel. Les sous-sections qui suivent présenteront plus en détail les paramètres de l'ACV à travers la définition des objectifs et du champ de l'étude, suivant les exigences des normes ISO 14040 et ISO 14044.

2.1.1 Définition des objectifs

Tel que mentionné précédemment, l'objectif principal de cet essai est d'évaluer la performance environnementale de la certification WELL, et ce, à l'aide de l'ACV. Dans ce contexte, l'ACV a pour objectif d'évaluer l'impact environnemental des différents critères de la certification qui ciblent le confort, la santé et le bien-être des occupants, en vue de poser un diagnostic. Devant l'absence d'évaluations environnementales de la certification WELL, cette ACV permettra de poser un premier constat qui pourra servir de prémices à des études plus poussées. Les résultats pourront également servir de guide préliminaire pour les professionnels souhaitant mettre en place les mesures nécessaires à l'obtention de la certification WELL, tout en limitant l'impact environnemental du bâtiment. En somme, l'ACV des critères de la certification WELL a pour intention d'informer les différents partis impliqués de près ou de loin dans le secteur du bâtiment.

2.1.2 Définition du bâtiment de référence

Afin de pouvoir évaluer les critères WELL et comparer leur impact environnemental les uns par rapport aux autres, il convient de définir un bâtiment de référence sur lequel reposera la modélisation des critères (Humbert et al., 2007). En d'autres mots, il s'agit d'un bâtiment de base qui sera modifié ou adapté afin d'y introduire les exigences des critères WELL. Cela permettra d'assurer la comparaison des critères sur une base commune, tel qu'exigé par les normes ISO 14040 et ISO 14044 (2006a, 2006b).

Puisque l'IWBI a d'abord créé la certification WELL pour les lieux de travail, le bâtiment de référence sera un édifice à bureaux de format moyen situé au Québec (Cantin, 2016 ; IWBI, s.d.c). En ce sens, le *US Department of Energy* (DOE) fournit des prototypes de bâtiments représentatifs de 80 % de la superficie de plancher commercial des États-Unis. Des modèles énergétiques sont rendus disponibles pour les différents types de bâtiments commerciaux et selon les différentes zones climatiques du pays. (US Department of Energy [DOE], 2018) Dans le cas présent, c'est le prototype d'édifice à bureaux de format moyen qui servira de modèle pour définir le bâtiment de référence. De plus, les données considérées pour les hypothèses seront celles correspondant à la ville de Buffalo, dans l'état de New York, qui est situé dans une zone climatique analogue à celle du sud du Québec (Center for International Earth Science Information Network, 2012). Toutefois, les données relatives à la consommation énergétique devront être traitées avec prudence étant donné les contextes énergétiques divergeant de ces deux régions. En somme, ce sont essentiellement les données relatives à l'architecture, l'enveloppe,

l'occupation ainsi que les besoins énergétiques du bâtiment qui seront considérés. La figure 2.3 illustre le bâtiment de référence basé sur le prototype d'édifice à bureaux de format moyen fourni par le DOE. Le tableau 2.1, quant à lui, résume les caractéristiques du bâtiment de référence qui seront prises en compte pour la modélisation des critères WELL.

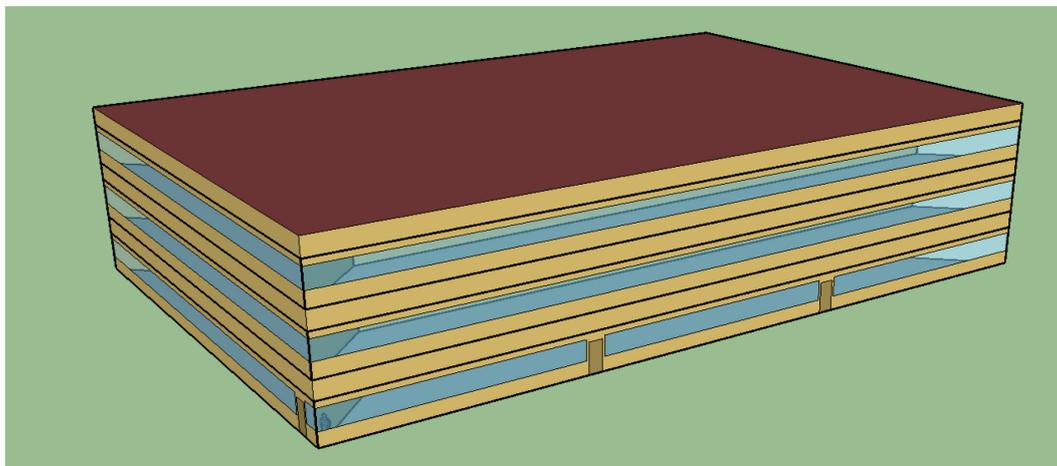


Figure 2.3 - Bâtiment de référence correspondant à un édifice à bureaux de format moyen
(Tiré de: DOE, 2018)

Tableau 2.1 - Caractéristiques du bâtiment de référence

| | |
|--|-----------------------------------|
| Localisation : | Québec, Canada |
| Type de bâtiment (DOE, 2018) : | Édifice à bureaux de format moyen |
| Nombre d'étages (DOE, 2018) : | 3 |
| Superficie totale (DOE, 2018) : | 4 980 m ² |
| Nombre d'occupants (DOE, 2018) : | 268 |
| Durée de vie du bâtiment : | 50 ans |
| Système de ventilation : | Central |
| Type de ventilation : | Mécanique |
| Débit d'air total : | 11 390 L/s |
| Débit d'air neuf (ASHRAE, 2010) : | 8,5 L/s par occupant |
| Section transversale de la conduite principale (Dessau, 2010) : | 5,5 m ² |
| Surface de serpentins de refroidissement (Dessau, 2010) : | 5,44 m ² |
| Consommation d'eau potable (US Energy Information Administration, 2012) : | 2 842 m ³ / an |
| Besoins énergétiques (DOE, 2018) : | 1 882 GJ / an |
| Charge de climatisation (DOE, 2018) : | 878,66 GJ / an |

Il est à noter que, pour faciliter l'analyse, un système de ventilation central sera considéré. De plus, le bâtiment de référence sera ventilé de façon complètement mécanique plutôt que de façon naturelle. Étant donné les ouvertures nécessaires pour l'entrée d'air, la ventilation naturelle est moins adaptée aux régions nordiques où l'herméticité de l'enveloppe est recherchée afin de réduire les besoins énergétiques dus au chauffage (Kummert, 2016; Potvin et Demers, 2005). Le débit d'air neuf est déterminé à partir de la norme ASHRAE 62.1 pour un édifice à bureaux (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], 2010). De façon approximative, il est possible

de définir le ratio d'air neuf à 20 % (M. Ménard, conversation en personne, 28 mars 2019). C'est à partir de ce ratio que le débit d'air total est déterminé. La section de conduite ainsi que la surface de serpentins de refroidissement sont, quant à eux, tirées des plans mécaniques du campus Longueuil de l'Université de Sherbrooke pour des conditions de ventilation analogues (Dessau, 2010). La consommation d'eau potable est estimée à partir de données américaines sur la consommation d'eau des bâtiments commerciaux (US Energy Information Administration, 2012). Autrement, les données sont issues du prototype fourni par le DOE.

2.1.3 Sélection des critères WELL

La certification WELL comporte 112 critères ayant un impact potentiel sur l'environnement. Considérant le temps et les ressources alloués dans le cadre de cet essai, l'ACV de chacun des critères n'est pas envisageable. En effet, l'ACV complète de certains critères requiert des logiciels de simulation spécialisés, un volume de données spécifiques important ou bien l'analyse de plusieurs scénarios. À titre d'exemple, le critère L01 - Exposition à la lumière et éducation exige un apport en lumière naturelle supérieur dans les espaces régulièrement occupés (IWBI, 2018b). Plusieurs scénarios peuvent être envisagés pour se conformer aux exigences du critère et l'évaluation de l'impact associé nécessite des logiciels spécialisés en simulation d'éclairage. De plus, de telles simulations requièrent des données techniques précises relatives à l'architecture, l'ensoleillement, la performance de l'enveloppe, etc. (energie+, s.d.d). Dans certains cas, l'analyse d'un seul critère pourrait à elle seule faire l'objet d'un essai de maîtrise. Ainsi, un tri et une sélection des critères ont dû être effectués afin de circonscrire l'étendue de cette étude. L'ensemble des critères a donc été analysé, puis trié selon trois catégories : les critères ayant un impact environnemental considéré nul ou négligeable, les critères ayant un impact environnemental potentiel pouvant être évalué à l'aide d'ACV sommaires et les critères ayant un impact environnemental potentiel, mais qui requièrent des analyses plus poussées sortant du cadre de cet essai. Sur ces trois catégories, seuls les critères pouvant être évalués à l'aide d'ACV sommaires seront modélisés à travers un système de produits.

Au total, sur les 112 critères WELL, 52 ont été considérés comme ayant un impact environnemental nul ou négligeable. Il s'agit de critères dont les exigences sont déjà régies par les lois québécoises ou canadiennes ou dont la mise en place ne nécessite pas de ressources considérables. À titre d'exemple, plusieurs critères du concept Eau fixent des seuils de turbidité ou de concentration de polluants dans l'eau à respecter (IWBI, 2018b). Or, ces exigences sont déjà régies par le *Règlement sur la qualité de l'eau potable* au Québec. Dans un tel cas, le critère WELL n'apporte aucun avantage par rapport à un bâtiment conventionnel. Par ailleurs, plusieurs autres critères exigent des politiques, des services ou bien des programmes dont l'implantation a un impact nul ou négligeable. C'est entre autres le cas du critère C08 - Soutien aux nouveaux parents qui prescrit un congé parental avantageux et une flexibilité d'horaire pour les nouveaux parents. Il s'agit d'avantages sociaux qui n'interfèrent pas avec le bâtiment lui-même et qui n'entraînent pas une consommation de ressources additionnelle. La liste exhaustive des critères faisant partie de cette catégorie ainsi que les raisons de leur classement est présentée à l'annexe 1.

Dans la seconde catégorie, 14 critères ont été retenus pour faire l'objet d'une ACV. Le tableau 2.2 présenté à la page suivante résume les exigences de chacun de ces critères ainsi que leur interprétation pour la modélisation. À noter que seules les exigences applicables au bâtiment de référence ont été résumées dans le tableau 2.2 et seront considérées dans l'ACV. De plus, dans le cas où des critères se rapportent aux exigences de normes externes, ce sont les exigences de *l'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) qui seront considérées, étant donné leur notoriété en Amérique du Nord. Le Code du bâtiment du Québec fait d'ailleurs référence à plusieurs normes de l'organisation (Régie du bâtiment du Québec, 2009). Encore une fois, étant donné le temps et les ressources disponibles, l'ensemble des exigences ne pourra être modélisé. Ainsi, les éléments modélisés correspondent aux exigences considérées comme fondamentales aux critères. De plus, pour chaque critère, c'est le scénario résultant en un pointage optimal qui fera l'objet d'une ACV.

Finalement, 46 critères ont été identifiés comme ayant un impact potentiel sur l'environnement, mais ne feront pas l'objet d'une ACV dans le cadre de cet essai. Les exigences de ces critères ne seront pas détaillées ici, mais elles sont accessibles au public via le site web de l'IWBI.

2.1.4 Fonctions, unité fonctionnelle et flux de référence

Le bâtiment de référence étant défini et les critères WELL à analyser étant sélectionnés, il est maintenant possible de formuler l'unité fonctionnelle qui permettra de comparer les critères WELL les uns par rapport aux autres. L'unité fonctionnelle permet de comparer les différents systèmes de produits sur la base d'une fonction commune. Elle se définit comme étant « la grandeur quantifiant la fonction du système ». (Jolliet et al., 2010) Bien que leurs applications prennent des formes diverses, les critères WELL ont pour fonction principale commune d'améliorer le confort, la santé et le bien-être des occupants du bâtiment. Ainsi, l'unité fonctionnelle sera définie comme suit :

**Assurer le confort, la santé et le bien-être de 268 occupants d'un édifice à bureaux
situé au Québec sur une superficie de 4 980 m² durant 50 ans.**

Assurer le confort, la santé et le bien-être se traduit de différentes manières selon le critère WELL en fonction des exigences qui le caractérise. Ainsi, le produit final variera d'un critère à l'autre bien que la fonction et l'unité fonctionnelle demeurent communes à l'ensemble des critères. L'annexe 2 résume les produits spécifiques à chaque critère ainsi que les flux de référence et les paramètres clés associés.

Tableau 2.2 - Liste des critères qui feront l'objet d'une ACV

| CRITÈRE | EXIGENCES (résumé) (Traduction libre de: IWBI, 2018b) | ÉLÉMENTS MODÉLISÉS |
|---|--|---|
| A06 Ventilation accrue | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Excéder les taux de ventilation de la norme ASHRAE 62.1-2010 de 30% (1 pt) ou 60% (2 pts). • Partie 2 : Réguler l'apport d'air neuf selon la concentration de CO2 dans la pièce. 900 ppm (1 pt) ; 750 ppm (2 pts); 600 ppm (3 pts). • Partie 3 : Mise en place de systèmes de ventilation par déplacement d'air selon les directives de l'ASHRAE. • Partie 4 : Mettre en place des diffuseurs d'air individuels contrôlés par les occupants. | <ul style="list-style-type: none"> • Apport d'air neuf de 60 % supérieur aux exigences de la norme ASHRAE 62.1-2010 (13,6 L/s par occupant). • Système de ventilation par déplacement d'air. D'après la table 6-2 de la norme, cela correspond à une efficacité de distribution d'air dans la zone de 1,2 (ASHRAE, 2010). |
| A12 Filtration de l'air | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Filtrer l'air extérieur à l'aide de filtres de performance correspondant à la qualité de l'air extérieur et mettre en place des détecteurs de pression indiquant le moment où ils doivent être changés. | <ul style="list-style-type: none"> • Filtration de l'air neuf à l'aide de filtres. |
| A13 Contrôle actif des COV | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Mettre en place des filtres à charbon pour filtrer les COV de l'air recirculé. | <ul style="list-style-type: none"> • Filtration de l'air recirculé à l'aide de filtres à charbon. |
| A14 Contrôle des microbes et moisissures | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Mettre en place un système de traitement ultraviolet (UV) pour irradier la surface des serpentins de refroidissement ou, le cas échéant, pour traiter l'air dans les conduites de ventilation. • Partie 2 : Décrire comment la condensation sera gérée dans les zones à risques et inspecter annuellement pour détecter la présence de moisissures. | <ul style="list-style-type: none"> • Irradiation de la surface de serpentins de refroidissement à l'aide d'un système de traitement ultraviolet. |
| W05 Maintien de la qualité de l'eau | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Tester les niveaux de plomb et de cuivre, la turbidité et les coliformes dans l'eau destinée à la consommation tous les 3 mois et diffuser les résultats auprès des occupants. • Partie 2 : Munir les systèmes de distribution d'eau potable d'un filtre recueillant les particules en suspension de 1.5 µm ou moins, d'un système de désinfection UV ainsi qu'un appareil de réduction du plomb et du cuivre. | <ul style="list-style-type: none"> • Traitement de l'eau potable à l'aide de filtres à particules, d'un système de désinfection ultraviolet et de filtres pour le plomb et le cuivre. |
| N10 Préparation des aliments | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Offrir un espace de cuisine avec un réfrigérateur, une surface de comptoir, un évier, un appareil pour chauffer la nourriture, des armoires et de la vaisselle et des ustensiles réutilisables. | <ul style="list-style-type: none"> • Aménagement d'une cuisine avec un réfrigérateur, des fours micro-ondes, des surfaces de comptoir, un évier et des armoires. |

Tableau 2.2 - Liste des critères qui feront l'objet d'une ACV (suite)

| CRITÈRE | EXIGENCES (résumé) | ÉLÉMENTS MODÉLISÉS |
|--|--|---|
| <p>V04 Support au transport actif des occupants</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Fournir des espaces de stationnement à court et long terme pour les visiteurs et occupants du bâtiment ou permettre aux occupants d'amener leur vélo à l'intérieur et fournir des outils de maintenance. • Partie 2 : Fournir une douche pour les 100 premiers occupants et une douche additionnelle et un vestiaire pour les 150 occupants additionnels. Fournir un casier pour 5 occupants ou pour répondre à plus 20% de la demande. | <ul style="list-style-type: none"> • Aménagement de stationnements à vélos. • Aménagement d'un vestiaire avec douches et casiers. |
| <p>V07 Mobilier actif</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Mettre en place des bureaux assis-debout à au moins 50 % (1 pt) ; 75 % (2 pt) des stations de travail et rendre disponible des stations de travail actives (tapis de course, vélo, etc.) pouvant être utilisées par au moins 3 % des occupants. | <ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de stations de travail actives (tapis de course). |
| <p>V08 Espace et équipement pour l'activité physique</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Fournir au moins 18,6 m² + 0,1 m² par occupants d'espace pour l'activité physique, gratuitement. • Partie 2 : Fournir gratuitement des appareils cardiorespiratoires et musculaires en quantité suffisante pour 1% des occupants. • Partie 3 : Offrir aux occupants un accès gratuit à des espaces verts, terrains de jeu, gym ou sentiers à proximité du projet. | <ul style="list-style-type: none"> • Aménagement d'une salle d'entraînement avec des appareils d'exercices cardiovasculaires et musculaires. |
| <p>T04 Contrôle du confort thermique individuel</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Fournir des appareils d'appoint à 50% (2 pts) - 100% (3 pts) des occupants. Dans les bureaux individuels, l'occupant a le contrôle de la température et accès à des appareils d'appoint. • Partie 2 : Donner accès à des couvertures et mettre en place un code vestimentaire flexible. | <ul style="list-style-type: none"> • Mise à disposition d'appareils d'appoint pour 100 % des occupants. |
| <p>S05 Masquage sonore</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Maintenir un niveau de masquage sonore à 45 - 48 dBA. | <ul style="list-style-type: none"> • Usage d'un système de masquage sonore. |
| <p>M07 Espaces de relaxation</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Fournir 7 m² + 0,1 m² par occupant d'espace intérieur de relaxation et de contemplation accessible aux occupants. Fournir un plan narratif expliquant comment la relaxation et la contemplation seront atteintes. • Partie 2 : Fournir 7 m² + 0,1 m² par occupant d'espace extérieur de relaxation et de contemplation accessible aux occupants. Fournir un plan narratif expliquant comment la relaxation et la contemplation seront atteintes. | <ul style="list-style-type: none"> • Aménagement d'espaces de relaxation intérieurs pour les occupants. |

Tableau 2.2 - Liste des critères qui feront l'objet d'une ACV (suite)

| CRITÈRE | EXIGENCES (résumé) | ÉLÉMENTS MODÉLISÉS |
|--|--|---|
| <p>C09 Soutien aux nouvelles mères</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Offrir des pauses payées pour pomper le lait maternel, subventionner l'achat d'appareils de pompage, donner accès à un lavabo, papier toilette et savon et fournir un frigo pour l'entreposage du lait. • Partie 2 : Fournir une salle d'allaitement d'au moins 2,1 m x 2,1 m avec une chaise et une surface de comptoir. Fournir un environnement calme et confortable. | <ul style="list-style-type: none"> • Aménagement d'une salle d'allaitement avec une chaise confortable et une surface de comptoir. |
| <p>C16 Accès communautaire et engagement</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Fournir un espace communautaire d'au moins 186 m² accessible en tout temps avec un accès direct de l'extérieur. Donner accès gratuitement à des groupes communautaires et offrir au moins un programme d'engagement communautaire. | <ul style="list-style-type: none"> • Aménagement d'un espace communautaire de 186 m². |

2.1.5 Définition des systèmes de produits

Lister les produits, les flux de référence et les paramètres clés se fait de façon conjointe à la définition des systèmes de produits. Cela consiste essentiellement à définir l'ensemble des processus nécessaires à l'obtention du produit concerné. Ces systèmes pourront par la suite être modélisés à l'aide de logiciels d'ACV (UVED, s.d.e). Évidemment, modéliser tous les processus impliqués dans la production d'un produit ou service peut être un travail fastidieux. Il convient donc de fixer des limites et de poser des hypothèses, notamment en ne considérant que les processus jugés les plus critiques ou les plus importants sur l'ensemble du cycle de vie. La définition des systèmes de produits doit toujours se faire selon les objectifs et le champ de l'étude. (ISO, 2006b) En ce sens, chacun des critères WELL devra être modélisé sous la forme d'un système de produits bien défini. L'annexe 3 présente chacun des systèmes de produits sous forme d'arbres des processus.

L'annexe 4 résume quant à elle les principales hypothèses posées pour la définition de ces systèmes. Pour chacun d'eux, le transport des produits ne sera pas considéré étant donné que le bâtiment de référence n'est pas géographiquement localisé dans la province. De plus, la fin de vie pour chacun des critères ne sera pas considérée outre certaines exceptions. La fin de vie des produits jetables qui doivent être remplacés régulièrement tel que les filtres ou bien les lampes UV sera modélisé étant donné le niveau important de déchets que cela peut représenter. Les critères qui exigent des superficies supplémentaires, c'est-à-dire en plus du bâtiment type, considéreront également la fin de vie des matériaux associés.

D'ailleurs, plusieurs critères requièrent l'ajout de pièces spécifiques, ce qui résulte en une augmentation de la superficie de plancher du bâtiment. Un agrandissement doit donc être modélisé afin d'en mesurer l'impact par rapport au bâtiment de référence. Cette extension nécessite des matériaux et des ressources pour la construction, mais également de l'énergie pour assurer le conditionnement de l'air intérieur. Ainsi, dans le but de faciliter la modélisation, les superficies additionnelles exigées par les critères N10, V04, V08, M07, C09 et C16 seront mises en commun afin de définir un agrandissement global réparti sur trois étages, conformément à l'architecture proposée par le bâtiment de référence. L'impact total sera ensuite réparti à chacun des critères concernés, proportionnellement à la surface de plancher qu'ils réclament.

C'est à l'aide du logiciel *Athena Impact Estimator for Building* que sera inventorié l'ensemble des matériaux nécessaires à la construction de l'agrandissement. Conçu spécifiquement pour l'ACV de bâtiments, ce logiciel permettra de facilement modéliser les différents assemblages constituant l'enveloppe de l'édifice à bureaux. (Athena Sustainable Materials Institute, 2019) À partir de la liste des matériaux et de leur quantité générée par Athena, l'agrandissement sera finalement modélisé dans OpenLCA afin d'en évaluer son impact potentiel. Les flux de référence considérés, le système de produits, les principales hypothèses considérées pour l'agrandissement ainsi que les paramètres entrés dans Athena sont respectivement présentés aux annexes 2, 3, 4 et 5.

2.1.6 Outils d'ACV

Pour mener à bien une ACV, trois composantes sont essentielles : un logiciel d'ACV, une base de données et une méthode d'évaluation de l'impact. Le logiciel d'ACV permet, dans un premier temps, de modéliser le système de produits, puis de dresser l'inventaire des flux de matières, d'énergie et de polluants résultant de chacun des processus du système. Les impacts environnementaux potentiels sont ensuite calculés à partir des données d'inventaire. (Orée, s.d.) Une base de données ainsi qu'une méthode d'évaluation de l'impact sont intégrées au logiciel afin de faciliter l'inventaire et les calculs d'impact. En somme, ces trois composantes facilitent énormément le traitement et l'analyse des données. (UVED, s.d.d)

Il existe plusieurs logiciels d'ACV sur le marché ayant chacun leurs particularités. Certains s'adressent à des secteurs spécifiques, tels que le bâtiment ou bien l'agriculture, alors que d'autres auront une vocation plus générale. De plus, certains logiciels offriront plus de flexibilité dans le traitement des données alors que d'autres offrent un cadre plus rigide, généralement pour accompagner les utilisateurs moins expérimentés. (avnir, s.d.b) Dans le cadre de cet essai, c'est le logiciel OpenLCA qui sera utilisé pour la modélisation des critères WELL ainsi que l'évaluation de leur impact. Il a été choisi, d'abord pour son libre accès, mais également pour sa flexibilité dans le traitement des données (openLCA, 2018).

De façon similaire, il existe différentes bases de données qui, dans certains cas, s'adressent à des secteurs spécifiques. Ecoinvent demeure la base de données la plus reconnue et la plus utilisée par les logiciels d'ACV (UVED, s.d.b). Elle regroupe les données issues de diverses régions du monde et provenant de diverses institutions impliquées dans la recherche et le développement en ACV (Jolliet et al., 2010). La modélisation des critères WELL sera effectuée à partir des données répertoriées dans la base de données Ecoinvent 3.2. Cette version comprend des données spécifiques au Québec, notamment en ce qui a trait à la grille énergétique.

Finalement, c'est la méthode d'évaluation IMPACT 2002+ qui sera utilisée afin de quantifier l'impact environnemental de chacun des critères WELL. Cette méthode permet de relier les données d'inventaire à 14 catégories d'impact intermédiaires selon une certaine pondération. Ces catégories peuvent ensuite être regroupées en quatre catégories de dommages afin de faciliter la lecture des résultats et l'interprétation. (Jolliet et al., 2003) La figure 2.4 illustre les différentes catégories intermédiaires considérées dans IMPACT 2002+ ainsi que les catégories de dommage auxquelles elles sont reliées. Dans le cadre de cet essai, les résultats seront présentés selon les quatre catégories de dommages.

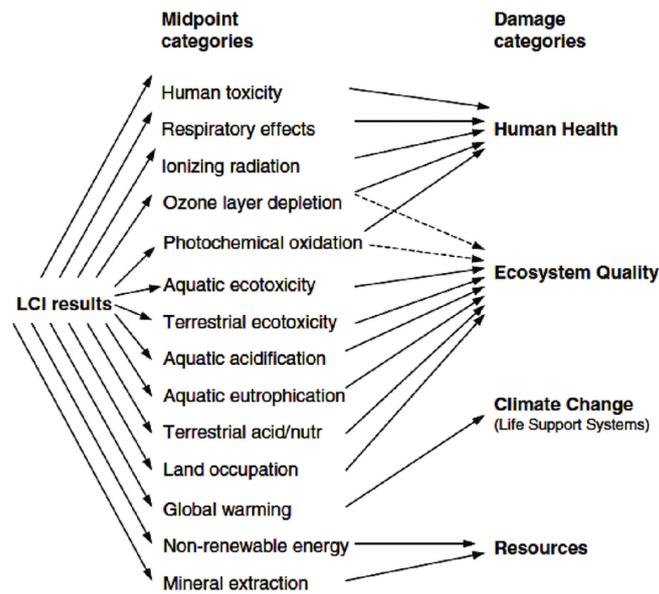


Figure 2.4 - Catégories d'impact intermédiaires et catégories de dommage d'IMPACT 2002+
(Tiré de: Jolliet et al., 2003)

2.2 Évaluation des bienfaits humains des critères WELL

En ce qui a trait aux bienfaits humains associés aux critères WELL, l'IWBI présentait, dans sa première version de la certification, les bénéfices résultant de leur mise en place sous forme de systèmes du corps humain affectés. En d'autres mots, la mise en œuvre de chaque critère devrait bénéficier un certain nombre de systèmes du corps humain pour un maximum de 11. La figure 2.5 illustre les différents systèmes concernés. (IWBI, 2015) C'est donc le nombre de systèmes du corps humain qui témoignera du niveau de bienfaits humains qu'apporte le critère. Plus le nombre de systèmes du corps humain associé à un critère est élevé, plus son niveau de bienfaits humains est élevé et donc plus le critère a des effets positifs sur la santé, le confort et le bien-être des occupants. Par exemple, l'interdiction de fumer, tel qu'exigé par le critère A02 - Environnement sans fumée, entraînerait des bénéfices pour 11 systèmes du corps humain. Ainsi, son niveau de bienfaits humains est de 11 soit le score maximal.

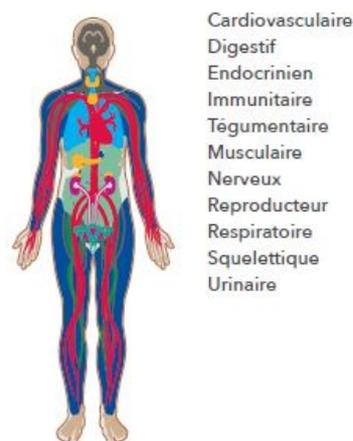


Figure 2.5 - Systèmes du corps humain potentiellement affectés par les critères WELL
(Tiré de: IWBI, 2015)

La seconde et plus récente version de la certification WELL ne reprend toutefois pas ce système d'identification de la performance des critères WELL. Cependant, étant donné la similitude entre les critères de la première version et ceux de la seconde, il est possible d'attribuer un nombre de systèmes du corps humain à la plupart d'entre eux par correspondance. Cela sous-entend toutefois une certaine forme d'interprétation. Par exemple, dans la première version de la certification, la mise en œuvre du critère 11 (Sûreté fondamentale des matériaux) aurait des effets bénéfiques sur les systèmes cardiovasculaire, nerveux et respiratoire. Le niveau de bienfaits humains est donc de 3. Dans la seconde version, les exigences de ce même critère sont reprises, mais sous quatre critères distincts soit X01 - Sûreté fondamentale des matériaux, X03 - Structures extérieures, X05 - Gestion sur place des contaminants et X08 - Réduction des matières dangereuses. Ainsi, chacun d'entre eux s'est vu attribuer un niveau de bienfaits humains de 3. Dans d'autres cas, les exigences d'un critère ont évolué dans le passage à la seconde version, mais l'objectif reste le même. Les niveaux de bienfaits humains sont, dans ce cas, maintenus d'une version à l'autre. Finalement, lorsqu'il est impossible de faire la correspondance entre les deux versions, les critères ne reçoivent tout simplement pas de niveau de bienfaits humains.

Par ailleurs, l'IWBI présente également un classement canadien des critères WELL selon un niveau de dommage potentiellement atténuable par leur mise en œuvre. Ce niveau de dommage est mesuré en *Disability Adjusted Life Year (DALY)* pour 100 000 personnes, âges et sexes confondus. (IWBI, 2016) Cela correspond au nombre d'années perdues pour cause de maladie, d'invalidité ou de décès prématuré (Organisation mondiale de la Santé, 2019). Il s'agit en quelque sorte d'un indicateur de santé publique. À titre d'exemple, selon ce classement, la fumée de cigarette a un dommage évalué à 2 868 DALY pour 100 000 individus (IWBI, s.d.b). Le critère A02 - Environnement sans fumée s'attaque à ce dommage et a donc le potentiel d'en réduire les effets sur la santé. Jusqu'à maintenant, seulement 43 critères ont pu être classés selon cette échelle. Ce classement ne sera pas considéré pour l'analyse des critères, mais servira de référence pour l'analyse des résultats. Toutefois, les valeurs devront être ramenées à 268 occupants, soit l'occupation du bâtiment de référence.

3. RÉSULTATS ET ANALYSE

Dans le présent chapitre, les résultats seront présentés, puis analysés selon deux catégories de critères : les critères ayant un impact environnemental considéré nul ou négligeable et les critères ayant un impact environnemental potentiel pouvant être évalué à l'aide d'ACV sommaires. Dans le but de faciliter la lecture des prochaines sections, ces catégories seront renommées, respectivement, critères ayant un impact considéré nul et critères évalués. L'analyse de ces dernières permettra ultimement d'évaluer la performance environnementale de la certification WELL. Quant aux critères n'ayant pu faire l'objet d'une ACV dans le cadre de cet essai, ils seront simplement nommés critères non évalués, mais ne seront pas considérés dans l'analyse.

Par ailleurs, tel qu'expliqué dans la méthodologie, chaque critère est caractérisé par deux paramètres : le niveau de bienfaits humains et l'impact environnemental potentiel. Le second paramètre sera, quant à lui, sous-divisé en quatre catégories correspondant aux dommages Santé humaine, Qualité des écosystèmes, Changements climatiques et Ressources, afin d'offrir une analyse substantielle. De plus, l'examen des différents critères sera fait dans l'optique d'optimiser le rapport entre bienfaits humains et impact environnemental. Les facteurs externes, tels que les coûts et ressources disponibles, pouvant influencer la sélection des critères dans l'objectif d'atteindre de la certification WELL, ne seront pas considérés.

Ainsi, les prochaines sections présenteront les résultats pour les catégories critères ayant un impact considéré nul et critères évalués, mais d'abord, les niveaux de bienfaits humains de l'ensemble des critères WELL seront présentés afin d'illustrer la répartition globale de ces derniers.

3.1 Niveau de bienfaits humains des critères WELL

Sur les 112 critères WELL, 90 ont pu être classés selon leur niveau de bienfaits humains alors que 22 demeurent indéterminés. L'annexe 6 présente le classement exhaustif de ces 90 critères, sans égard à l'impact environnemental qui peut leur être associé. La figure 3.1 illustre, quant à elle, la répartition des critères à travers les différents niveaux de bienfaits humains. Le code de couleur permet de distinguer la répartition en fonction des critères ayant un impact considéré nul (en jaune), des critères évalués (en vert) et des critères non évalués (en rouge).

Bien qu'environ 20 % des critères n'ont pu se voir attribuer un niveau de bienfaits humains, la répartition semble suivre une courbe normale où la majorité des critères ont un niveau de 2, 3 ou 4. En moyenne, les critères ayant un impact environnemental considéré nul (jaune) et les critères évalués (vert) ont un niveau de 3, alors que ceux non évalués (rouge) ont plutôt un niveau de 4. Ainsi, cette figure montre que la majorité des critères évalués se situe dans la moyenne des niveaux de bienfaits humains. Elle montre également que la majorité des critères ayant un niveau supérieur à la moyenne n'ont pas été évalués dans le cadre de cet essai.

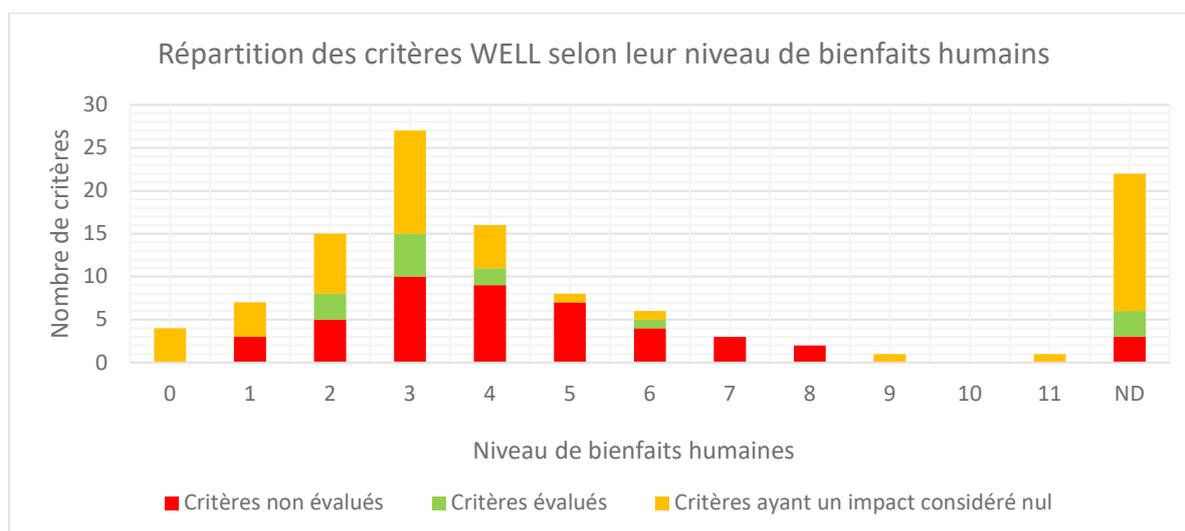


Figure 3.1 - Répartition des critères WELL selon leur niveau de bienfaits humains

Pour ce qui est des critères ayant un niveau de bienfaits humains non déterminé (ND), il s'agit majoritairement de critères appartenant aux catégories Communauté et Esprit, qui ont davantage été développées dans la seconde version de la certification WELL. Il n'existe donc pas de niveau de bienfaits humains permettant de faire la correspondance depuis la première version.

Par ailleurs, quatre critères sont classés comme ayant un niveau de bienfaits humains de 0 en plus d'avoir un impact environnemental considéré nul. Il s'agit des critères C01 - Sensibilisation à la santé et au bien-être, C03 - Sondage auprès des occupants, C04 - Sondage approfondi auprès des occupants et C12 - Transparence organisationnelle qui se traduisent, entre autres, par la promotion des mesures WELL en place dans le bâtiment et par la conduite de sondage auprès des occupants. Ces derniers n'ont pas d'effet direct sur les systèmes du corps humain, mais contribuent à la promotion et au perfectionnement des mesures de santé, de confort et de bien-être des projets. C'est ce qui permettrait d'expliquer leur niveau 0.

3.2 Critères ayant un impact considéré nul

Comme leur nom l'indique, les critères ayant un impact considéré nul ont un impact environnemental potentiel équivalent à zéro. C'est donc uniquement leur niveau de bienfaits humains qui permettront de les classer en fonction de leur contribution au confort, à la santé et au bien-être des occupants. La figure 3.2 présente le classement des 52 critères ayant un impact considéré nul, classés en fonction de leur performance sur le plan humain. Étant donné que ces critères ne présentent aucun enjeu important sur le plan environnemental, ce classement illustre de façon directe les bénéfices associés à leur mise en œuvre. En d'autres mots, ces critères représentent un gain sans contrecoups nuisibles à la santé humaine, à la qualité des écosystèmes, aux changements climatiques ou aux ressources. Il y a donc un intérêt pour les promoteurs de projet de certification WELL à mettre de l'avant les mesures proposées par ces critères. D'ailleurs, tel qu'illustré à la figure 3.1, les deux critères ayant les plus hauts niveaux de bienfaits humains, A02 - Environnement sans fumée et W02 - Contaminants dans l'eau, sont considérés comme ayant un impact nul.

Niveau de bienfaits humains des critères WELL ayant un impact considéré nul ou négligeable

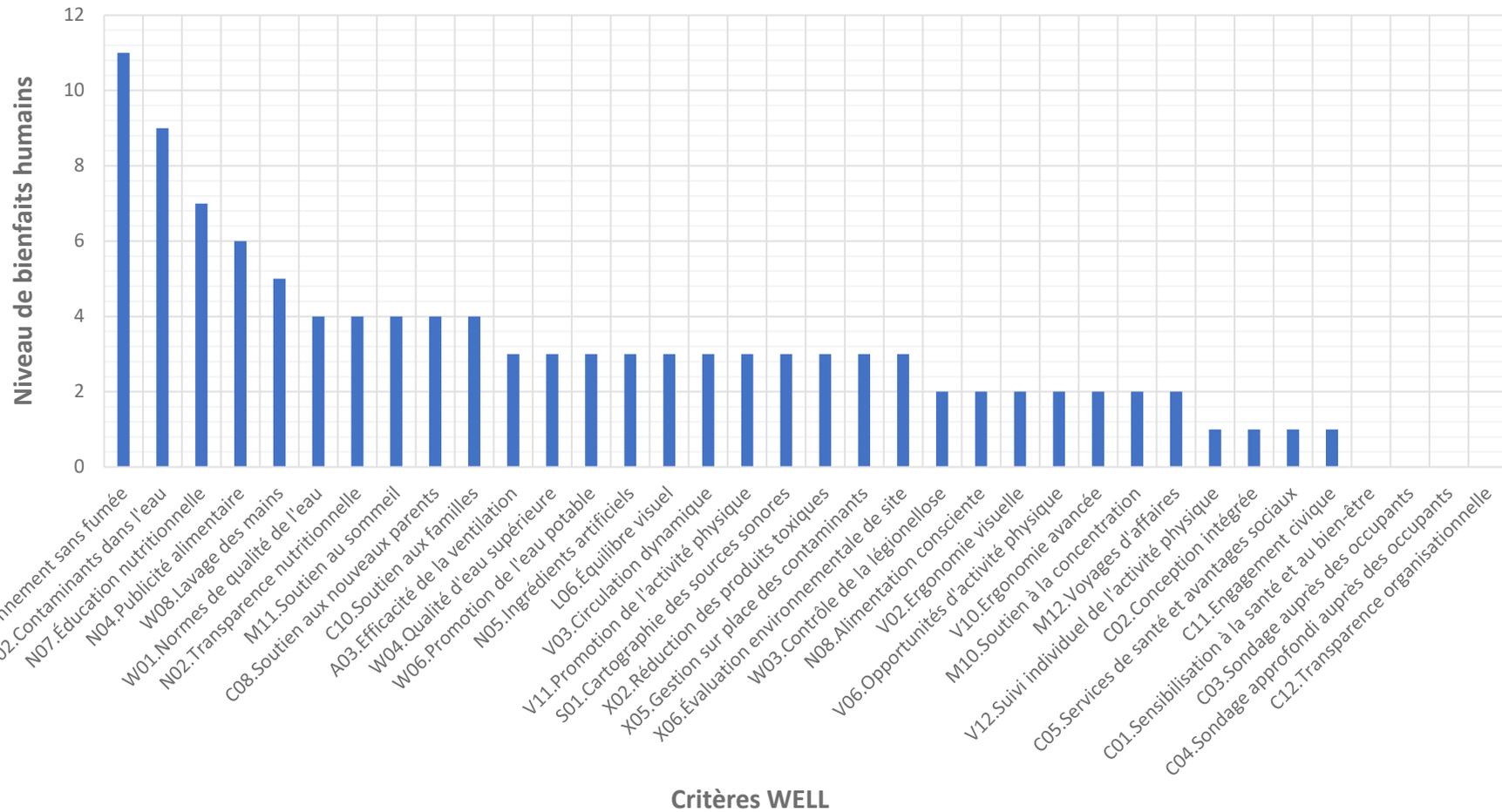


Figure 3.2 - Niveau de bienfaits humains des critères WELL ayant un impact environnemental considéré nul ou négligeable

De plus, sans égard aux critères représentant des prérequis et considérant qu'un maximum de 12 points par concept peut être compté, 50 points peuvent être atteints uniquement par la mise en œuvre de ces 52 critères. Or, 50 points sont suffisants pour atteindre le niveau minimal de la certification WELL, soit le niveau Argent. Cependant, étant donné que l'IWBI exige qu'au moins deux points par concept soient atteints, six points supplémentaires seraient nécessaires pour l'obtention du niveau Argent, soit 2 points sous le concept Acoustique, 2 points sous le concept Confort thermique et 1 point sous les concepts Air et Lumière respectivement. Par ailleurs, sur les 52 critères ayant un impact considéré nul, 13 sont des prérequis devant obligatoirement être mis en œuvre, ce qui représente plus de la moitié des prérequis de la certification WELL. En somme, considérant ces résultats, bien qu'il soit impossible de certifier un bâtiment avec un impact environnemental nul, il est possible d'atteindre le niveau minimal de la certification avec un impact sur l'environnement relativement faible.

3.3 Critères évalués par ACV

Les 14 critères évalués se définissent par un niveau de bienfaits humains et un impact environnemental potentiel. Tel que mentionné précédemment, l'impact environnemental est divisé à travers les quatre catégories de dommages de la méthode d'évaluation Impact 2002+. Le tableau 3.1 résume les résultats pour les 14 critères WELL ayant fait l'objet d'une ACV, en y incluant les niveaux de bienfaits humains ainsi que le pointage maximal pouvant leur être attribué.

Tableau 3.1 - Niveau de bienfaits humains et impact environnemental potentiel des critères évalués

| ID | PTS | NIVEAU DE BIENFAITS HUMAINS | SANTÉ HUMAINE (DALY) | QUALITÉ DES ÉCOSYSTÈMES (PDF*m2*an) | CHANGEMENTS CLIMATIQUES (kg CO ₂ eq.) | RESSOURCES (MJ) |
|-----|-----|-----------------------------|----------------------|-------------------------------------|--|-----------------|
| A06 | 3 | 3 | 3,70E-02 | 2,75E+04 | 6,87E+04 | 3,71E+05 |
| A12 | 1 | 6 | 3,81E-03 | 1,75E+03 | 1,98E+03 | 2,90E+04 |
| A13 | 1 | 3 | 2,01E-02 | 1,52E+04 | 1,55E+04 | 1,63E+05 |
| A14 | 2 | 3 | 9,24E-04 | 4,77E+02 | 8,98E+02 | 7,80E+03 |
| W05 | 2 | 2 | 1,88E-03 | 1,32E+03 | 2,11E+03 | 2,46E+04 |
| N10 | 1 | 2 | 2,86E-02 | 1,03E+04 | 1,97E+04 | 2,36E+05 |
| V04 | 3 | 3 | 8,24E-03 | 1,79E+03 | 7,59E+03 | 8,96E+04 |
| V07 | 2 | 3 | 3,83E-02 | 1,67E+04 | 2,96E+04 | 3,09E+05 |
| V08 | 2 | 4 | 2,87E-02 | 1,00E+04 | 2,57E+04 | 2,72E+05 |
| T04 | 2 | 4 | 1,58E-02 | 1,10E+04 | 2,41E+04 | 1,47E+05 |
| S05 | 3 | 2 | 2,40E-03 | 1,06E+03 | 1,30E+03 | 2,44E+04 |
| M07 | 1 | ND | 9,23E-03 | 2,01E+03 | 8,68E+03 | 1,00E+05 |
| C09 | 3 | ND | 4,48E-04 | 2,31E+02 | 2,81E+02 | 5,70E+03 |
| C16 | 1 | ND | 5,38E-02 | 1,17E+04 | 5,06E+04 | 5,85E+05 |

La figure 3.3 illustre, indépendamment des niveaux de bienfaits humains, les résultats du tableau 3.1 par un classement relatif des critères évalués. En d'autres mots, l'impact de chacun des critères est présenté en proportion par rapport au critère ayant l'impact le plus élevé. Par exemple, dans la catégorie de dommage Changement climatique, le critère A06 - Ventilation accrue obtient le niveau de kilogramme de CO₂ équivalent le plus élevé parmi ses homologues. Le critère C16 - Accès communautaire et

engagement a alors un niveau d'impact qui représente environ 75 % de celui du critère A06 - Ventilation accrue. En somme, étant donné qu'il n'existe pas d'échelle permettant de dire si un impact environnemental est faible ou élevé, les critères peuvent seulement être évalués de façon relative les uns par rapport aux autres. La figure 3.3 permet de faire ressortir les critères ayant un impact environnemental potentiel plus important par rapport à ses homologues.

À la lecture de la figure 3.3, sept critères ressortent avec un impact relativement faible par rapport aux autres, et ce, dans chacune des catégories de dommages. Il s'agit des critères suivants :

| | |
|---------------------------------------|--|
| M07 - Espaces de relaxation | S05 - Masquage sonore |
| V04 - Support au transport actif | A14 - Contrôle des microbes et des moisissures |
| W05 - Maintien de la qualité de l'eau | C09 - Soutien aux nouvelles mères |
| A12 - Filtration de l'air | |

Dans chacune des catégories, ces critères ne dépassent jamais 20 % de l'impact maximal, même que W05, A12, S05, A14 et C09 représentent toujours moins de 10 %. À l'opposé, les trois critères se retrouvant en tête de peloton dans la majorité des catégories de dommages, en ce qui a trait à l'impact le plus important, sont les suivants :

| |
|---|
| A06 - Ventilation accrue |
| C16 - Accès communautaire et engagement |
| V07 - Mobilier actif |

Par ailleurs, les figures 3.4, 3.5, 3.6 et 3.7 illustrent le rapport entre le niveau de bienfaits humains des critères évalués et leur impact environnemental potentiel selon les catégories de dommages Santé humaine, Qualité des écosystèmes, Changements climatiques et Ressources, respectivement. Notez que les critères M07 - Espaces de relaxation, C09 - Soutien aux nouvelles mères et C16 - Accès communautaire et engagement, se retrouvant sur l'axe des x, ont tous un niveau de bienfaits humains non déterminé.

Les résultats présentés dans ces figures peuvent être lus de différentes manières. D'abord, les critères peuvent être comparés les uns par rapport aux autres sur la base d'un même niveau de bienfaits humains. Par exemple, suivant la ligne de niveau 3 de la figure 3.4, il est possible de conclure que, pour un même niveau de bienfaits humains, le critère A06 - Ventilation accrue entraîne un impact plus important dans la catégorie de dommage Santé humaine que le critère A14 - Contrôle des microbes et moisissures. Il serait donc plus logique de mettre en œuvre le critère A14 par rapport à A06, d'autant plus qu'ils appartiennent au même concept. Suivant une lecture plus verticale de la même figure, il est également possible de conclure qu'il serait plus logique de mettre en œuvre le critère A12 - Filtration de l'air par rapport au critère A06 - Ventilation accrue. En effet, A06 a un impact environnemental potentiel considérablement plus élevé et possède un niveau de bienfaits humains plus faible que le critère A12.

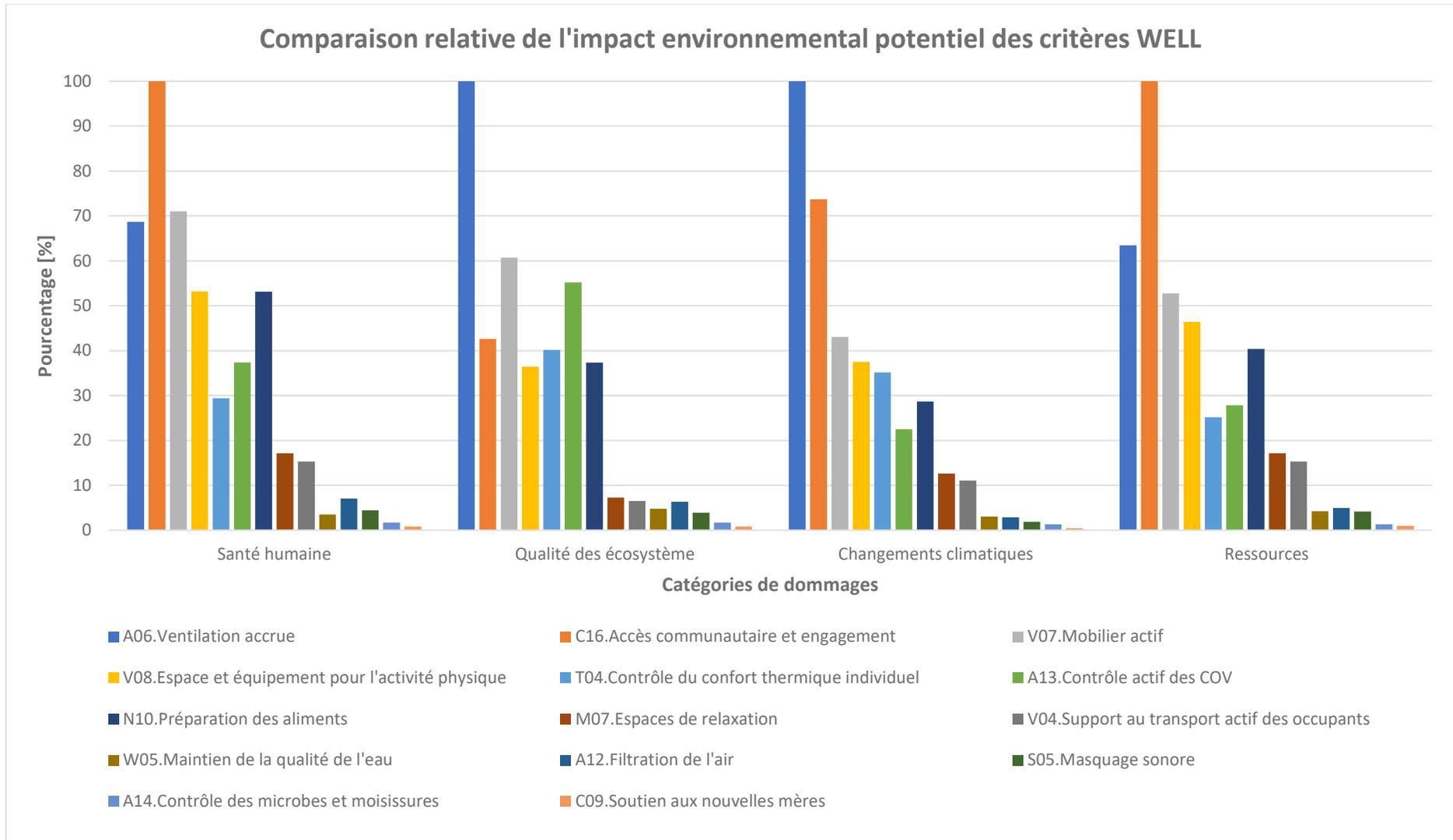


Figure 3.3 - Comparaison relative de l'impact environnemental potentiel des critères WELL

Par ailleurs, tel que l'illustre la figure 2.1 en introduction du chapitre précédent, plus un critère tend vers le coin supérieur gauche du graphique, plus le rapport entre le niveau de bienfaits humains et l'impact environnemental potentiel est positif. Cela veut dire que le critère offre un niveau de bienfaits humains important pour un faible impact environnemental en contrepartie. À l'opposé, plus un critère tend vers le coin inférieur droit du graphique, plus l'impact environnemental potentiel est grand par rapport au niveau de bienfaits humains. En ce sens, le critère A12 - Filtration de l'air semble présenter le meilleur rapport en comparaison à ses homologues, et ce, dans les quatre catégories de dommages. Les critères A06 - Ventilation accrue et C16 - Accès communautaire et engagement se partagent, quant à eux, la position du critère le moins performant, bien que C16 ait un niveau de bienfaits humains indéterminé. En somme, un balayage en diagonale du coin supérieur gauche au coin inférieur droit permet d'offrir un classement relativement optimal des critères évalués.

En ce qui a trait à l'impact sur la santé humaine plus précisément, comme l'illustre la figure 3.3, les critères C09 - Soutien aux nouvelles mères, A14 - Contrôle des microbes et des moisissures, W05 - Maintien de la qualité de l'eau, S05 - Masquage sonore et A12 - Filtration de l'air présentent les effets les plus faibles en ordre croissant. Cependant, une fois mis en relation avec les niveaux de bienfaits humains, tels que présentés à la figure 3.4, A12 - Filtration de l'air et A14 - Contrôle des microbes et moisissures semblent offrir le compromis optimal entre les bienfaits humains et l'impact environnemental associé. À l'opposé, C16 - Accès communautaire et engagement présente la moins bonne performance et, bien que son niveau de bienfaits humains ne soit pas connu, son écart par rapport aux autres critères est suffisamment marqué pour confirmer sa position.

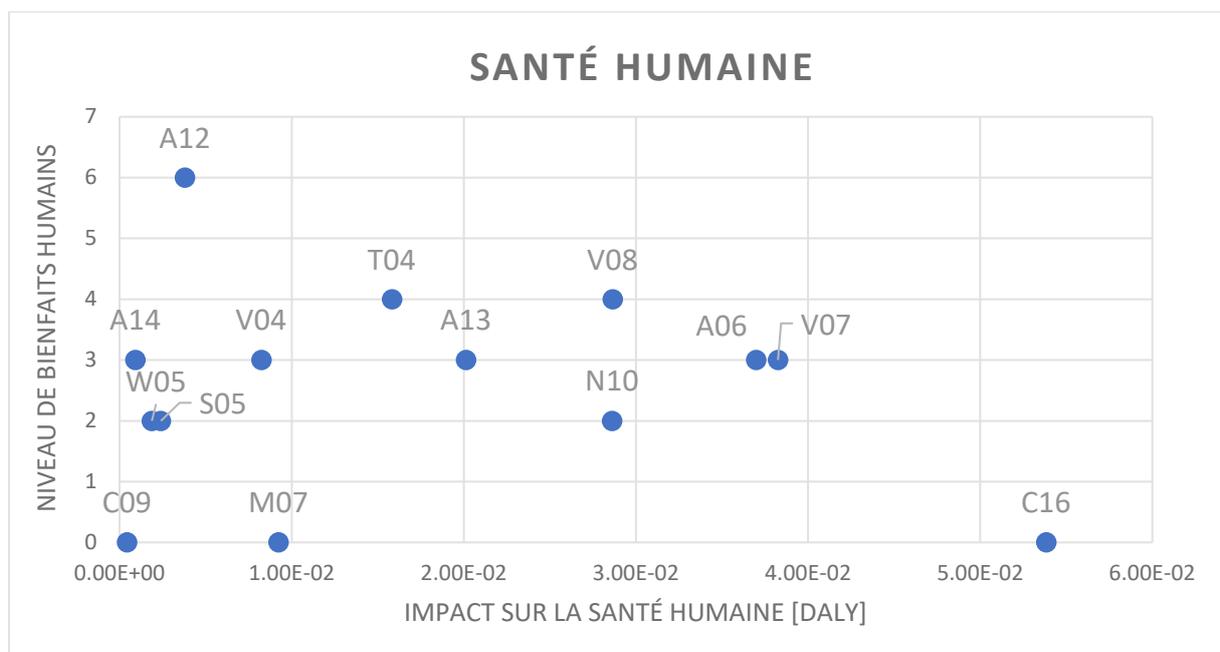


Figure 3.4 - Niveau de bienfaits humains des critères évalués en fonction de l'impact sur la santé humaine

Quant au rapport entre le niveau de bienfaits humains et l'impact sur la qualité des écosystèmes, les critères ayant été identifiés comme ayant un faible impact à la figure 3.3 (M07 - Espaces de relaxation,

V04 - Support au transport actif, W05 - Maintien de la qualité de l'eau, A12 - Filtration de l'air, S05 - Masquage sonore, A14 - Contrôle des microbes et moisissures, C09 - Soutien aux nouvelles mères) s'écartent également de façon significative par rapport aux autres dans la figure 3.5. Leur niveau d'impact étant similaire, c'est le niveau de bienfaits humains qui permet, encore une fois, de distinguer A12 - Filtration de l'air et A14 - Contrôle des microbes et moisissures comme les critères présentant des résultats optimaux. Dans ce cas-ci, cependant, c'est le critère A06 - Ventilation accrue qui se distingue de façon prononcée par rapport aux autres en ce qui a trait à la moins bonne performance.

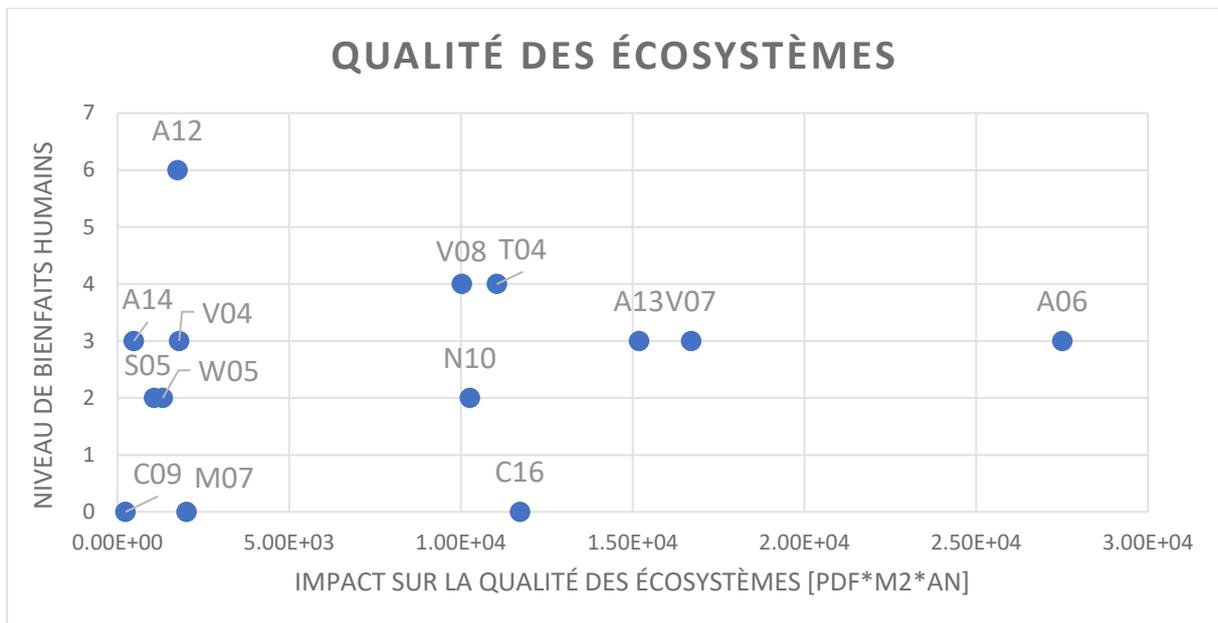


Figure 3.5 - Niveau de bienfaits humains des critères évalués en fonction de l'impact sur la qualité des écosystèmes

Dans la catégorie de dommages Changements climatiques, A12 - Filtration de l'air et A14 - Contrôle des microbes et moisissures se démarquent à nouveau parmi les critères les plus performants, mais dans ce cas-ci A06 - Ventilation accrue et C16 - Accès communautaire et engagement se distinguent tous les deux clairement comme les critères les moins performants. A06 présente toutefois une performance plus faible que C16.

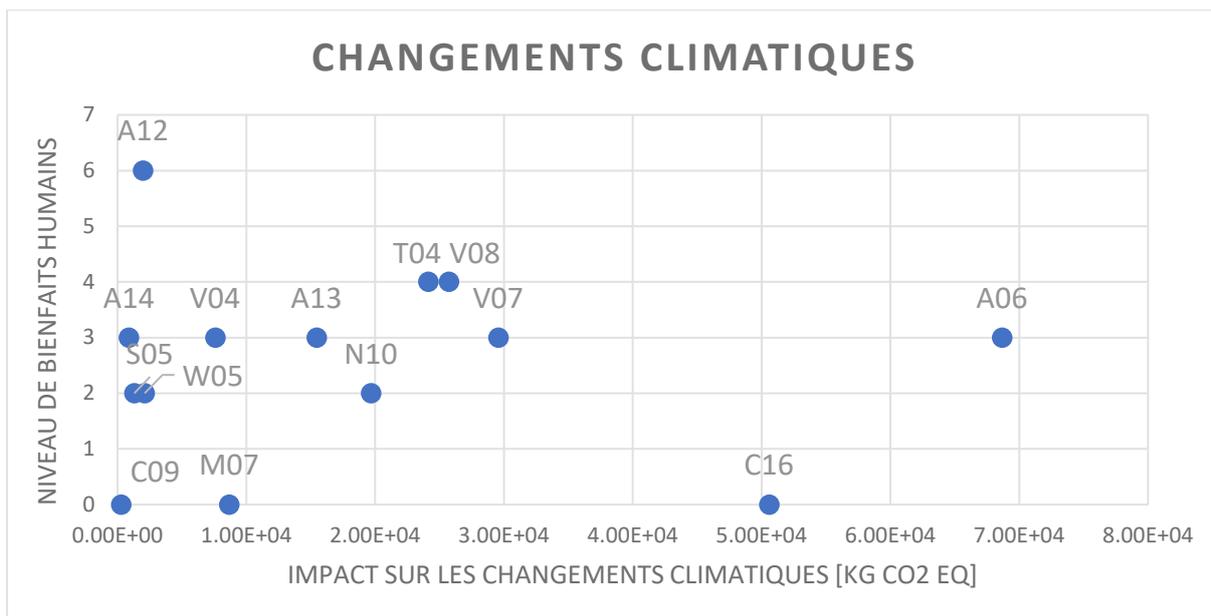


Figure 3.6 - Niveau de bienfaits humains des critères évalués en fonction de l'impact sur les changements climatiques

Finalement, pour ce qui est de l'impact sur les ressources, A12 - Filtration de l'air et A14 - Contrôle des microbes et moisissures présentent également les meilleures performances et, dans ce cas-ci, c'est le critère C16 - Accès communautaire et engagement qui se distingue quant à la pire performance.

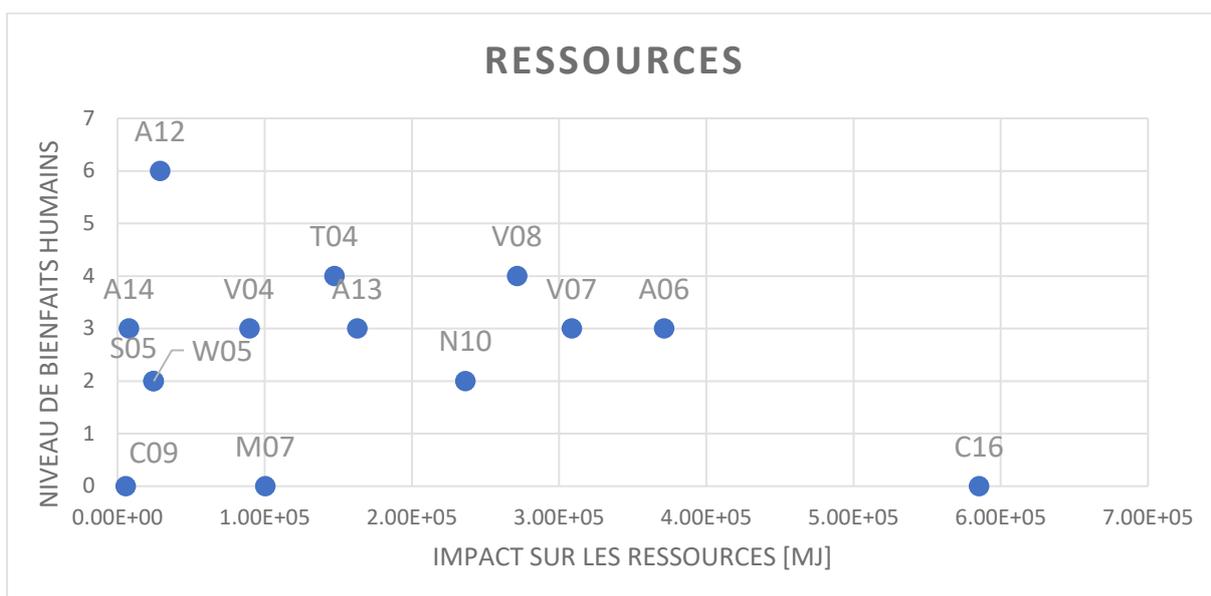


Figure 3.7 - Niveau de bienfaits humains des critères évalués en fonction de l'impact sur les ressources

En somme, peu importe la catégorie de dommages, ce sont sensiblement les mêmes critères qui ressortent comme ayant les meilleures et les pires performances. Au final, c'est l'importance de l'impact environnemental qui semble avoir la plus grande influence sur la performance globale des critères. Dans le cas des critères ayant le meilleur rapport entre bienfaits humains et impact environnemental, étant donné la proximité des valeurs d'impact, c'est le niveau de bienfaits humains qui permet de classer ces

derniers. Ainsi comme le montrent les figures 3.4, 3.5, 3.6 et 3.7, le critère A12 - Filtration de l'air n'a pas le plus faible impact, mais, son niveau de bienfaits humains étant le plus élevé, il ressort comme le plus performant.

3.4 Discussion

Les cinq critères WELL ayant les plus faibles impacts environnementaux (W05 - Maintien de la qualité de l'eau, A12 - Filtration de l'eau, S05 - Masquage sonore, A14 - Contrôle des microbes et moisissures, C09 - Soutien aux nouvelles mères) présentent certaines similarités entre eux, bien qu'ils ciblent des enjeux différents. Mis à part le critère C09 - Soutien aux nouvelles mères, qui nécessite l'aménagement d'une pièce, tous ne requièrent qu'un faible volume de ressources et consomment peu d'énergie. En effet, le système de traitement de l'eau, les filtres à air, le masquage sonore ainsi que la désinfection par lampes UV utilisent généralement des dispositifs simples et en faibles quantités. Quant au critère C09 - Soutien aux nouvelles mères, correspondant à l'aménagement d'une salle d'allaitement, les dimensions de la pièce étant restreintes, l'impact associé demeure relativement faible. En termes d'énergie, ces cinq critères présentent les plus faibles consommations par rapport à leurs homologues, tels que présentés dans le tableau 3.1, à travers la catégorie de dommage Ressources.

À l'opposé, les deux critères qui occupent la tête du classement en ce qui concerne l'impact environnemental, sont A06 - Ventilation accrue et C16 - Accès communautaire et engagement. C16 correspond à l'aménagement et l'exploitation d'un espace communautaire de 186 m² ouvert au public et A06 représente un apport d'air neuf de 60 % supérieur à la norme ASHRAE 62.1. Dans le premier cas, la construction requiert d'importantes ressources matérielles, d'où son impact important dans la catégorie de dommage Ressources, mais également beaucoup d'énergie pour le conditionnement de l'air intérieur sur toute la durée de vie du bâtiment. L'impact environnemental associé à A06 correspond, quant à lui, uniquement à l'énergie nécessaire au chauffage, à la climatisation et au déplacement de l'air neuf supplémentaire. Ce sont d'ailleurs les deux critères entraînant la plus grande consommation d'énergie, tels que répertoriés dans le tableau 3.1, à travers la catégorie de dommage Ressources.

En termes de pointage, les critères C16 - Accès communautaire et engagement et A06 - Ventilation accrue valent respectivement 1 et 3 points. Bien que A06 puisse se justifier par l'atteinte de ces trois points, un seul point justifie mal les ressources et l'énergie nécessaires à l'aménagement d'espaces communautaires. Cependant, l'intégration d'espaces communautaires au sein d'un édifice à bureaux favorise la mixité des usages du bâtiment et ainsi contribue à optimiser l'utilisation des équipements, à faire un meilleur usage du sol et à favoriser l'accessibilité des activités (VIVRE EN VILLE, s.d.b). En effet, si ces espaces n'étaient pas intégrés au bâtiment, ils seraient probablement localisés ailleurs dans la communauté, afin de répondre aux différents besoins de cette dernière, ce qui nécessiterait possiblement davantage de ressources. Une ACV conséquentielle permettrait de mesurer le réel impact environnemental potentiel de ce critère. Par ailleurs, le critère A06 - Ventilation accrue a été modélisé en assumant que l'air neuf entrant dans le réseau de ventilation correspondait à 20 % de l'air total. Cette hypothèse sous-entend que le débit d'air neuf est constant et qu'il n'y a aucun contrôle pour le moduler.

Or, en réalité, il est possible de contrôler le débit d'air neuf en fonction de l'occupation des bâtiments et selon le niveau de CO₂ dans les pièces, à l'aide de capteurs. Cela permet essentiellement d'optimiser le débit d'air neuf et ainsi réduire les besoins de chauffage et de climatisation pour le conditionnement de l'air. (energie+, s.d.b)

En observant plus largement le système de pointage de la certification WELL, force est de constater qu'il n'y a pas de cohérence entre ce dernier et les niveaux de bienfaits humains. En effet, parmi les critères évalués, A12 - Filtration de l'air possède le niveau de bienfaits humains le plus élevé (6), mais ne rapporte qu'un seul 1 point. Le critère S05 - Masquage sonore, quant à lui, ne possède qu'un niveau de 2, mais peut rapporter jusqu'à 3 points. Le système de pointage est tout aussi incohérent avec le classement des critères WELL selon le potentiel d'atténuation des dommages sur la santé humaine mesuré en DALY (IWBI, s.d.b). Les critères C08 - Soutien aux nouveaux parents et C09 - Soutien aux nouvelles mères, tous deux situés au 42^e et dernier rang du classement, valent 3 points alors que le critère N13 - Alimentation locale, situé au 8^e rang, ne vaut qu'un point. Le système de pointage de la certification WELL ne semble donc pas avoir de cohérence avec les objectifs de santé, de confort et de bien-être et encore moins avec leur impact environnemental.

Par ailleurs, la figure 3.4 présente le niveau de bienfaits humains des critères WELL en rapport avec leur impact dans la catégorie de dommage Santé humaine. Paradoxalement, favoriser la santé, le confort et le bien-être des occupants par la mise en œuvre des critères WELL entraîne un impact sur la santé humaine. Il est donc légitime de se demander si ces derniers entraînent plus de tort que de bien sur la santé humaine. Le classement des critères selon leur potentiel d'atténuation des dommages sur la santé humaine mesuré en DALY permet de comparer les bienfaits versus les dommages sur la base d'une unité de mesure commune. Le tableau 3.2 résume ces deux variables pour les critères évalués dont le potentiel d'atténuation est disponible dans le classement fourni par l'IWBI. Les valeurs sont présentées pour 268 occupants. En somme, pour les quatre critères ayant pu être comparés, leur potentiel de bienfaits pour la santé humaine est plus élevé que l'impact potentiel sur la santé humaine. Ainsi, leur mise en œuvre devrait entraîner plus de bien que de mal aux occupants du bâtiment.

Tableau 3.2 - Potentiel d'atténuation des dommages sur la santé versus impact sur la santé humaine

| CRITÈRE | A12 - Filtration de l'air | V04 - Support au transport actif | V07 - Mobilier actif | V08 - Espace et équipement pour l'activité physique |
|---|----------------------------------|---|-----------------------------|--|
| POTENTIEL D'ATTÉNUATION DES DOMMAGES SUR LA SANTÉ [DALY] | 0,917 | 0,844 | 0,844 | 0,844 |
| IMPACT SUR LA SANTÉ HUMAINE [DALY] | 0,037 | 0,008 | 0,038 | 0,029 |

Finalement, les résultats présentés à travers ce chapitre ont permis d'identifier 52 critères sur 112, soit un peu moins de la moitié, comme ayant un impact environnemental considéré nul ou négligeable. La

mise en œuvre de ces critères n'apporte donc aucun effet néfaste sur l'environnement par rapport à un bâtiment non certifié WELL situé au Québec. Sur les 60 critères restants, 14 ont été évalués à l'aide de l'ACV, ce qui a permis de faire ressortir deux critères dominants en termes d'impact environnemental (A06 - Ventilation accrue et C16 - Accès communautaire et engagement). Cinq critères (W05 - Maintien de la qualité de l'eau, A12 - Filtration de l'air, S05 - Masquage sonore, A14 - Contrôle des microbes et moisissures, C09 - Soutien aux nouvelles mères) ressortent avec un impact considérablement faible par rapport à ces derniers. Toutefois, l'impact environnemental potentiel de 46 critères demeure inconnu et mériterait d'être évalué.

4. LIMITES DE L'ÉTUDE

Dans le cadre de cet essai, l'ACV des critères WELL présente certaines limites qui doivent être considérées dans l'interprétation des résultats. En effet, tel que mentionné précédemment, le temps et les ressources alloués pour ce projet ne permettent pas de mener des analyses en profondeur et donc, une certaine incertitude entoure les résultats obtenus. Ces limites prennent diverses formes.

Tout d'abord, la sélection des critères s'est faite selon le niveau d'analyse de ces derniers plutôt que par souci de représentativité des 10 concepts de la certification. En effet, ce sont les critères pouvant être évalués au moyen d'ACV sommaires qui ont été retenus, mais tous les concepts de la certification WELL n'y sont pas représentés. Aucun critère des concepts Lumière et Matériaux n'a pu être évalué étant donné les besoins d'analyse ou de ressources supplémentaires. De plus, comme le montrait la figure 3.1, les critères évalués ont sensiblement le même niveau de bienfaits humains, soit en moyenne un niveau de 3. L'éventail de niveaux n'est donc pas très large et en limite l'analyse.

Ensuite, les données collectées, autant pour la définition du bâtiment de référence que pour la définition des hypothèses, sont tirées de sources variables. Dans la plupart des cas, elles sont obtenues de façon directe, mais autrement elles sont calculées ou estimées à partir de diverses références. Aucune donnée n'a été mesurée sur le terrain. Dans tous les cas, les données ont été collectées le plus fidèlement aux normes et au contexte québécois. De plus, la modélisation des critères se base entièrement sur la base de données Ecoinvent. Aucun processus additionnel n'a été modélisé. Ainsi, la modélisation des critères se fait à partir des données les plus proches des hypothèses posées.

Par ailleurs, les critères de la certification WELL abordent plusieurs divisions du bâtiment et nécessitent, dans certains cas, une compréhension et des connaissances faisant appel à plusieurs corps de métier spécialisés. Dans la pratique, l'éclairage sera généralement pris en charge par des professionnels différents de ceux responsables des systèmes de ventilation, par exemple. Ainsi, le manque d'expérience et de connaissances propres à chaque division peut limiter la précision des modèles associés à chacun des critères.

De plus, chaque bâtiment est conçu selon un contexte climatique, culturel et social spécifique et répond aux besoins propres des occupants. Ainsi, le bâtiment constitue un système dynamique en constante adaptation au climat qui l'entoure et aux occupants qui l'habitent. Cette réalité rend difficile l'évaluation globale de l'impact environnemental de certains critères. À titre d'exemple, un apport plus élevé en air neuf, tel qu'exigé par le critère A06, requiert le chauffage ou la climatisation d'un volume d'air plus important. L'énergie requise pour assurer le conditionnement de l'air dépend, entre autres, de la température extérieure et de l'usage et l'occupation du bâtiment. En réalité, ce sont des logiciels de simulation qui permettront d'évaluer de façon précise la consommation énergétique du bâtiment sur l'échelle d'une année. (Kummert, 2017) Étant donné les temps et les ressources disponibles dans le cadre de ce projet, de telles analyses n'ont pas pu être effectuées. Ainsi, la modélisation des critères se base souvent sur des moyennes, des approximations ou bien sur des calculs de design préliminaires

qui ne sont souvent pas aussi fidèles à la réalité que des simulations spécifiques. De plus, les résultats obtenus sont propres au contexte québécois et ne peuvent être transposés directement à une région différente.

En ce qui a trait à l'évaluation des niveaux de bienfaits humains, ces derniers ont été déterminés à partir des systèmes du corps humain affectés, tels que présentés dans la première version de la certification. Or, cette notation n'a pas été reprise dans la seconde version et, étant donné les modifications apportées, la correspondance n'a pas toujours pu se faire de façon directe. Cela laisse présager une certaine interprétation des critères pour l'attribution des niveaux de bienfaits humains. Par ailleurs, ce système d'évaluation demeure, somme toute, peu précis et ne permet pas un vaste échelonnage des critères WELL. En effet, comme le montre la figure 3.1, la majorité des critères ont un niveau de bienfaits humains se situant entre 2 et 4.

Finalement, aucune analyse de sensibilité et d'incertitude n'a été menée afin de vérifier la robustesse des données et des résultats. Cela consiste essentiellement à faire varier certaines valeurs ou certaines hypothèses dans le but d'en évaluer les effets sur les résultats. Étant donné que la modélisation des critères WELL a été effectuée à partir de données basées sur des valeurs souvent estimées aux meilleures des connaissances, l'incertitude entourant ces dernières pourrait avoir une influence importante sur les résultats.

5. RECOMMANDATIONS

En réponse aux résultats obtenus ainsi qu'aux limites de l'étude, ce chapitre émet quelques recommandations en vue d'améliorer la certification WELL, mais également afin d'optimiser son utilisation de manière à en limiter les contrecoups environnementaux. De plus, des suggestions quant à l'amélioration et la poursuite de cette étude seront proposées.

5.1 Certification WELL

Bien que la certification WELL se présente comme complémentaire aux certifications ciblant les enjeux environnementaux telles que LEED ou BREEAM, cette complémentarité se traduit essentiellement par un système de notation et de certification similaire et par l'interdépendance des enjeux qu'elles ciblent, plutôt que par l'unicité de leurs cibles. En effet, les résultats présentés dans cet essai montrent que, pour un certain nombre de critères, augmenter la santé, le confort et le bien-être des occupants nuit, en contrepartie, à la performance environnementale du bâtiment. La certification WELL semble ainsi s'attaquer aux enjeux de santé du bâtiment en faisant fi des enjeux environnementaux. À titre d'exemple, WELL propose un apport d'air neuf supérieur, ce qui requiert un apport énergétique supérieur, alors que LEED accorde jusqu'à 18 points pour les projets réduisant leur consommation énergétique (USGBC, 2013). En ce sens, il serait pertinent que la certification WELL tende vers une réelle complémentarité avec ses homologues en attaquant conjointement les enjeux ciblés par chacune d'elles. En d'autres mots, les enjeux relatifs au bâtiment doivent être abordés de façon intégrée plutôt que de rester cloisonnés. Cela peut, entre autres, se faire en intégrant les enjeux environnementaux associés aux critères WELL, notamment par une notation adaptée, ou bien en collaborant conjointement avec les certifications complémentaires.

Actuellement, la seconde version de la certification présente trois niveaux de pointage, à l'exception d'un critère qui vaut 4 points. Or, le niveau de bienfaits humains et l'impact environnemental peuvent varier considérablement parmi les critères ayant le même potentiel de points. Une échelle de pointage plus large permettrait d'apporter plus de nuance au système de notation et d'échelonner davantage les critères WELL. Il serait alors possible de refléter le rapport entre bienfaits humains et impact environnemental potentiel dans les différents critères et ainsi influencer la sélection de ces derniers vers une combinaison optimale. Par ailleurs, une collaboration entre WELL et LEED, par exemple, pourrait faciliter l'intégration commune de leurs enjeux respectifs. Un système de pointage commun entre les deux systèmes pourrait faciliter cette approche.

Par ailleurs, les exigences des critères WELL ont été définies dans une perspective d'optimisation de la santé, du confort et du bien-être des occupants de bâtiments, au terme de plusieurs années de recherche (IWBI, s.d.a). Ainsi, les mesures à mettre en place répondent essentiellement aux enjeux de santé, mais ne tiennent pas nécessairement compte des impacts environnementaux associés. En ce sens, il serait pertinent d'étudier chacun des critères dans une perspective environnementale, en se questionnant sur la possibilité d'atteindre les mêmes objectifs, mais avec un impact moindre. Dans ce même ordre d'idées, une évaluation des coûts associés pourrait également être menée.

À défaut d'adapter la certification WELL afin d'optimiser ses effets, les résultats présentés dans cet essai servent de guide aux différents acteurs impliqués dans le processus de certification. Les 52 critères identifiés comme ayant un impact nul ou négligeable devraient être priorités dans les projets qui le permettent. En effet, tel que mentionné dans la section 3.2, la mise en œuvre de ces critères peut amener les projets à atteindre le premier niveau de certification WELL avec un impact environnemental relativement faible. Pour ce qui est des critères évalués, ce sont les figures 3.4 à 3.7 qui servent de guide dans la sélection des critères. A06 - Ventilation accrue et C16 - Contrôle des microbes et moisissures, tels que modélisés, seraient à éviter considérant leur impact important. À l'opposé, l'impact des critères W05 - Maintien de la qualité de l'eau, A12 - Filtration de l'air, S05 - Masquage sonore, A14 - Contrôle des microbes et moisissures et C09 - Soutien aux nouvelles mères s'est avéré relativement faible en comparaison à A06 - Ventilation accrue et C16 - Accès communautaire et engagement et devraient être priorités par rapport à ces derniers.

5.2 Suites de l'étude

L'objectif de cet essai était de poser un premier constat des répercussions de la certification WELL sur la performance environnementale des bâtiments certifiés. Des études plus poussées seraient toutefois requises afin de poser un diagnostic plus complet.

En ce sens, il serait pertinent d'évaluer les 46 critères WELL qui n'ont pas pu l'être dans le cadre de cet essai. Si ce n'est tous les critères qui peuvent être évalués, considérant les ressources et le temps nécessaires, un échantillonnage plus représentatif permettrait d'obtenir des résultats plus diversifiés et plus étendus. Ce dernier devrait comprendre des critères issus des 10 concepts de la certification et ayant des niveaux de bienfaits humains variés. Cela permettrait de tirer des conclusions quant aux concepts ayant l'impact environnemental le plus important et de vérifier s'il existe une relation entre l'impact environnemental et le niveau de bienfaits humains.

D'ailleurs, dans le cadre de cet essai, les niveaux de bienfaits humains ont été quantifiés à partir du nombre de systèmes du corps humain potentiellement affectés par la mise en œuvre des critères. Ce système de notation était utilisé dans la première version, mais n'a pas été repris dans la seconde version de la certification, ce qui laisse place à une certaine incertitude quant à son bien-fondé. L'IWBI a récemment créé un classement canadien des critères WELL selon le niveau de dommage potentiellement atténuable par la mise en œuvre de ces derniers, mesuré en DALY, tel que présenté dans la section 2.2. Bien qu'à ce jour seulement 43 critères ont été classés, ce classement offre un système de notation plus étalonné et donc plus précis pour évaluer le niveau de bienfaits humains. Si ce classement répertorie davantage de critères éventuellement, il serait plus juste d'utiliser ce système de notation dans de futures études.

Finalement, dans le cadre de cet essai, les critères ont été évalués de façon à dresser un portrait global des répercussions de la certification WELL sur la performance environnementale des bâtiments. Ainsi,

les critères ont été modélisés à partir de données issues d'une collecte de premier niveau. Il serait pertinent de restreindre davantage l'incertitude entourant les résultats obtenus, notamment par des collectes de données plus précises ou bien à l'aide de logiciels spécialisés dans la modélisation de bâtiments. L'analyse de sensibilité constitue un outil pratique pour tester la robustesse des données et hypothèses collectées.

CONCLUSION

Récemment développée, la certification WELL tend à vouloir percer rapidement le marché, et ce, à l'échelle internationale. Or, tel que mentionné à travers la mise en contexte, plusieurs études ont démontré que les systèmes d'évaluation et de certification de bâtiment peuvent rater leurs cibles et, dans certains cas, causer plus de dommages que de bien. Considérant les enjeux importants entourant le bâtiment, autant sur le plan de la santé que de l'environnement, il est judicieux d'évaluer les répercussions potentielles de la mise en œuvre des critères WELL avant un déploiement à grande échelle.

L'objectif de cet essai était donc d'évaluer l'impact environnemental potentiel de la certification WELL sur le cycle de vie d'un édifice à bureaux situé au Québec. Pour se faire, l'ACV a servi d'outil afin d'évaluer l'impact environnemental potentiel des critères WELL selon quatre catégories de dommages : santé humaine, qualité des écosystèmes, changements climatiques et ressources. C'est en opposant les critères WELL à un bâtiment de référence que ces impacts ont pu être quantifiés. De plus, un niveau de bienfaits humains a été attribué à chacun des critères afin d'évaluer les potentiels bénéfiques de la certification sur la santé, le confort et le bien-être des occupants. Sur les 112 critères, 52 ont été identifiés comme ayant un impact environnemental nul ou négligeable, 14 ont été évalués par ACV et 46 critères n'ont pas pu être évalués.

Ainsi, les résultats démontrent qu'il est possible de certifier des projets WELL en limitant les impacts sur l'environnement, grâce aux 52 critères considérés comme ayant un impact nul. Toutefois, plus de la moitié des critères ont un impact environnemental potentiel dont seulement 14 ont été évalués à travers cet essai. En ce sens, il serait pertinent de poursuivre l'évaluation environnementale de la certification WELL en quantifiant l'impact des 46 critères non évalués.

L'analyse des résultats a tout de même permis d'identifier certaines lacunes quant au système de notation de la certification ainsi qu'un manque de continuité entre les différents systèmes d'évaluation et de certification. Deux principales recommandations ont été émises à l'égard de l'IWBI dans le but d'apporter des correctifs à la certification WELL afin de cibler conjointement les enjeux environnementaux et de santé :

- Adopter un système de notation avec une échelle de pointage plus large et corrélée avec l'impact environnement et le niveau de bienfaits humains potentiels.
- Évaluer le potentiel de l'ensemble des critères WELL à atteindre les objectifs de santé, de confort et de bien-être, mais en adoptant des mesures à plus faible impact environnemental.

En somme, cet essai a permis de poser un premier diagnostic sur la performance environnementale de la certification WELL en identifiant ses forces et ses faiblesses. Étant donné le temps et les ressources limitées, le portrait complet de l'ensemble des critères n'a pu être dressé. Il serait ainsi pertinent de poursuivre l'analyse des critères WELL afin de mieux cerner l'impact environnemental de la certification.

RÉFÉRENCES

- Amazon. (2019). GE Microwave Oven Magnetron and Diode Kit OM75P (10) Part # WB27X10017. Repéré à <https://www.amazon.com/GE-Microwave-Magnetron-Diode-WB27X10017/dp/B00DUZ8LBW>
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). (2010). *ASHRAE Standard: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Norme ASHRAE 62.1. Atlanta, GA, États-Unis: auteur
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). (2013). *ASHRAE Standard: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Norme ASHRAE 55. Atlanta, GA, États-Unis: auteur
- ATD Home Inspection. (2019). Average Life Span of Homes, Appliances, and Mechanicals. Repéré à <https://www.atdhomeinspection.com/advice/average-product-life/>
- Athena Sustainable Materials Institute. (2019). Athena Impact Estimator for Buildings. Repéré à <http://www.athenasmi.org/our-software-data/impact-estimator/>
- avnir. (s.d.a). Bâtiment et l'analyse du cycle de vie. Repéré à <http://avnir.org/FR/B-timent-et-ACV-369.html>
- avnir. (s.d.b). Logiciels ACV et Base de données. Repéré à <https://www.avnir.org/FR/Logiciels-ACV-et-Base-de-donnees-264.html>
- Barthe, Y. et Rémy, C. (2010). Les aventures du « syndrome du bâtiment malsain ». *Santé Publique*, 22(3), 303.
- Belden. (2019). *Part number: DIW3*. Repéré à https://catalog.belden.com/techdata/EN/DIW3_techdata.pdf
- Belojević, G., Öhrström, E. et Rylander, R. (1992). Effects of noise on mental performance with regard to subjective noise sensitivity. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 64(4), 293-301.
- Body Gym Équipements. (2019). Support à poids horizontal HF-5461-48. Repéré à <http://bodygym.ca/produit/support-a-poids-horizontal-hf-5461-48/>
- Bourque, G. L. (2018). *Consommation énergétique dans le secteur du bâtiment : le gaz naturel freine la baisse des émissions carbone*. Repéré à https://irec.quebec/ressources/publications/FTC_17_2018-04.pdf
- Bruyere, I. (s.d.). *Bâtiment durable de A à Z: Problématique et enjeux du confort thermique, visuel et acoustique*. Repéré à https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/pres_20150512_badu_4_1conf_fr.pdf
- Cambridge Sound Management. (2016). *Qt Emitter Sound Masking Loudspeaker*. Repéré à https://cambridgesound.com/wp-content/uploads/2016/11/Qt_Emitter_Sound_Masking_Loudspeaker_Spec_Sheet.pdf
- Cambridge Sound Management. (2019). Qt 300. Repéré à <https://cambridgesound.com/products/qt-300/>
- Cantin, F. (2016). WELL Building Standard : Un complément à la certification LEED. Repéré à http://www.portailconstructo.com/infoconstructo/well_building_standard_complement_certification_leed

- Center for International Earth Science Information Network. (2012). *Population, Landscape, and Climate Estimates, v3: Climate Zones, Observed Data 1975 - 2000, North America*. Repéré à <http://sedac.ciesin.columbia.edu/maps/gallery/search?facets=theme:climate&facets=region:north%20america>
- Centers for Disease Control and Prevention. (1999). Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. Repéré à <https://www.cdc.gov/nccdphp/sgr/summ.htm>
- Centre d'information sur l'eau. (s.d.). Où en sont les ressources en eau dans le Monde ? Repéré à <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/ou-en-sont-les-ressources-en-eau-dans-le-monde/>
- Chang, T.-Y., Lai, Y.-A., Hsieh, H.-H., Lai, J.-S. et Liu, C.-S. (2009). Effects of environmental noise exposure on ambulatory blood pressure in young adults. *Environmental Research*, 109(7), 900-905.
- Chau, J. Y., Grunseit, A. C., Chey, T., Stamatakis, E., Brown, W. J., Matthews, C. E., ... van der Ploeg, H. P. (2013). Daily Sitting Time and All-Cause Mortality: A Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 8(11), e80000.
- Cho, Y., Ryu, S.-H., Lee, B. R., Kim, K. H., Lee, E. et Choi, J. (2015). Effects of artificial light at night on human health: A literature review of observational and experimental studies applied to exposure assessment. *Chronobiology International*, 32(9), 1294-1310.
- Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (CSST). (1998). *Réduire le bruit en milieu de travail*. Repéré à https://www.cnesst.gouv.qc.ca/Publications/300/Documents/dc_300_304.pdf
- Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (CSST). (2004). *Confort thermique à l'intérieur d'un établissement*. Repéré à https://www.cnesst.gouv.qc.ca/publications/200/documents/dc_200_16183_3.pdf
- Conseil Canadien de la Sécurité. (s.d.). Office Noise and Acoustics. Repéré à <https://canadasafetycouncil.org/office-noise-and-acoustics/>
- Descamps. (2014). Panneaux mousse Polyuréthane. Repéré à http://www.descampsweb.fr/P/pnx_mousse_polyurethane/639
- Dessau. (2010). Mécanique Tableaux - Équipements [Document interne]. Longueuil, Québec : Auteur.
- Ding, D., Lawson, K. D., Kolbe-Alexander, T. L., Finkelstein, E. A., Katzmarzyk, P. T., van Mechelen, W. et Pratt, M. (2016). The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases. *The Lancet*, 388(10051), 1311-1324.
- Ding, G. K. C. (2008). Sustainable construction : The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*, 86(3), 451-464.
- Distar. (s.d.). *Specifications for LCD Module*. Repéré à <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/DS-G160128STBWW.pdf>
- Dridi, A. (2017). *Analyse du processus d'émergence et de développement des indicateurs du bâtiment durable : le cas du Québec* (Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec, Canada). Repéré à <https://archipel.uqam.ca/10790/>
- Dwyer. (s.d.). MERV 8 Pleated Filters. Repéré à http://www.dwyer-inst.com/PDF_files/Priced/DF8_cat.pdf
- energie+. (s.d.a). Évaluer la consommation de la ventilation. Repéré à <https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11263#c17489+c4113>

- energie+. (s.d.b). La régulation du taux d'air neuf dans les installations « tout air ». Repéré à <https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11167#c3466+c20966423+c20966413+c20966403+c3467>
- energie+. (s.d.c). Les ballasts. Repéré à <https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=9402#c7066+c7067+c7073>
- energie+. (s.d.d). Simuler l'éclairage. Repéré à <https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=20523#c21017493>
- Environnement et Changement climatique Canada. (2014). Pollution issue des eaux usées. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/eaux-usees/pollution.html>
- Environnement et Changement climatique Canada. (2016). Prélèvement et consommation d'eau par secteur. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/prelevement-consommation-eau-secteur.html>
- Figueiro, M. G. (2017). Disruption of Circadian Rhythms by Light During Day and Night. *Current Sleep Medicine Reports*, 3(2), 76-84.
- Figueiro, M. G., Steverson, B., Heerwagen, J., Kampschroer, K., Hunter, C. M., Gonzales, K., ... Rea, M. S. (2017). The impact of daytime light exposures on sleep and mood in office workers. *Sleep Health*, 3(3), 204-215.
- Flanders. (s.d.). *Commercial Replacement Air Filter Catalog*. Repéré à <http://www.ryanfilter.com/uploads/ldDR1r03/arwcat600.pdf>
- Fyhri, A. et Aasvang, G. M. (2010). Noise, sleep and poor health: Modeling the relationship between road traffic noise and cardiovascular problems. *Science of The Total Environment*, 408(21), 4935-4942.
- Gauvreau, C. (2018). Du bâtiment durable au bâtiment sain. Repéré à <https://www.actualites.uqam.ca/2018/du-batiment-durable-au-batiment-sain>
- Germain, A. et Kupfer, D. J. (2008). Circadian rhythm disturbances in depression. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, 23(7), 571-585.
- Germain, D. (2017). Condo: les citrons inondent le marché! Repéré à <https://www.lesaffaires.com/blogues/daniel-germain/condo-les-citrons-inondent-le-marche/595397>
- Gouvernement du Canada. (2018). Sources de pollution : exploitation minière. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/gestion-pollution/sources-industrie/exploitation-miniere.html>
- Gouvernement du Québec. (2016). *Rapport annuel de l'usage de l'eau potable*. Repéré à https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/infrastructures/strategie_quebecoise_eau_potable/rapport_usage_eau_potable_2016.pdf
- Green Building Education Services (GBES). (s.d.a). Chapitre 7: Materials and Resources. Dans *LEED Green Associate Exam Preparation Guide* (3e édition, p. 175). Lewisville, Texas, États-Unis : auteur.
- Green Building Education Services (GBES). (s.d.b). Chapter 8: Indoor Environmental Quality. Dans *LEED Green Associate Exam Preparation Guide* (3e édition, p. 206). Lewisville, Texas, États-Unis : auteur.

- Hadjri, K. et Crozier, C. (2009). Post-occupancy evaluation: purpose, benefits and barriers. *Facilities*, 27(1/2), 21-33.
- Home Comfort Center. (2019). Viqua CMB-120-HF Sediment Dirt Rust Cartridge. Repéré à <https://www.homecomfortcentre.com/viqua-cmb-120-hf-sediment-dirt-rust-cartridge.html?source=facebook>
- Home Depot. (2019). RiteTemp 1500W Ceramic Heater. Repéré à <https://www.homedepot.ca/product/ritetemp-1500w-ceramic-heater/1000527555>
- Horie, Y. A. (2004). *Life Cycle Optimization of Household Refrigerator-Freezer Replacement*. Repéré à http://css.umich.edu/sites/default/files/css_doc/CSS04-13.pdf
- How It's Made. (2015, 13 février). *How Its Made Treadmills 2015* [vidéo en ligne]. Repéré à <https://www.youtube.com/watch?v=poapUdK1ux4>
- How It's Made. (2015, 19 avril). *How It's Made Refrigerators* [vidéo en ligne]. Repéré à <https://www.youtube.com/watch?v=ILggTDscjhM>
- Huizenga, C., Abbaszadeh, S., Zagreus, L. et Arens, E. A. (2006). Air quality and thermal comfort in office buildings: Results of a large indoor environmental quality survey, 3, 393-397.
- Humbert, S., Abeck, H., Bali, N. et Horvath, A. (2007). Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) - A critical evaluation by LCA and recommendations for improvement. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(Special Issue 1), 46-57.
- Hydro-Québec. (2019). Plan d'approvisionnement en électricité. Repéré à <http://www.hydroquebec.com/achats-electricite-quebec/plan-approvisionnement.html>
- IKEA. (2019a). Bodbyn. Repéré à <https://www.ikea.com/ca/fr/catalog/products/50266323/>
- IKEA. (2019b). HILLESJÖN. Repéré à <https://www.ikea.com/ca/fr/catalog/products/S39157491/>
- IKEA. (2019c). KARLBY. Repéré à <https://www.ikea.com/ca/fr/catalog/products/70335207/>
- IKEA. (2019d). POÄNG. Repéré à <https://www.ikea.com/ca/fr/catalog/products/S19241636/>
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2006). *La ventilation des bâtiments d'habitation : Impacts sur la santé respiratoires des occupants*. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/490-VentilationBatimentsHabitation.pdf>
- International Filtration. (2016a). Carbon and Chemical Filters. Repéré à <https://clyde.sg/index.php/en/air-filters/carbon-and-chemical-filters>
- International Filtration. (2016b). *Carbon V Housing and Carbon Trays*. Repéré à <https://clyde.sg/images/doc/carbon/new-CarbonvHousing.pdf>
- International WELL Building Institute (IWBI). (s.d.a). About. Repéré à <https://www.wellcertified.com/en/about/mission>
- IWBI. (s.d.b). *Canada Feature Ranking*. Repéré à <https://cdn.wellcertified.com/resources/risk-linkages/feature-rankings/Canada.pdf>
- IWBI. (s.d.c). *WELL Building Standard*. Repéré à <https://www.wellcertified.com/sites/default/files/resources/well-brochure-france-040617.pdf>
- IWBI. (2018a). IWBI Launches WELL v2. Repéré à <https://www.wellcertified.com/en/articles/iwbi-launches-well-v2>

- IWBI. (2018b). WELL v2 Standard. Repéré à <https://v2.wellcertified.com/v/en/overview>
- IWBI. (2015). *The WELL Building Standard*. Repéré à https://www.wellcertified.com/sites/default/files/resources/WELL%20Building%20Standard-10-26-15-web_LR-french.pdf
- IWBI. (2016). *WELL Country Briefs: Canada*. Repéré à <https://cdn.wellcertified.com/resources/risk-linkages/Canada-Country-Brief.pdf>
- IWBI. (2019). *The WELL Certification Guidebook*. Repéré à <https://www.wellcertified.com/sites/default/files/resources/WELL%20Certification%20Guidebook%20Q1%202019.pdf>
- Janssen, I. (2012). Health care costs of physical inactivity in Canadian adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 37(4), 803-806.
- Jolliet, O., Margni, M., Charles, R., Humbert, S., Payet, J., Rebitzer, G. et Rosenbaum, R. (2003). IMPACT 2002+: A new life cycle impact assessment methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 8(6), 324-330.
- Jolliet, O., Saadé, M., Crettaz, P. et Shaked, S. (2010). *Analyse du cycle de vie : Comprendre et réaliser un écobilan* (2e édition). Lausanne, Suisse : Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Jones, D. M., Miles, C. et Page, J. (1990). Disruption of proofreading by irrelevant speech: Effects of attention, arousal or memory? *Applied Cognitive Psychology*, 4(2), 89-108.
- Joshi, S. M. (2008). The sick building syndrome. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 12(2), 61.
- Kumar, A., Kumar, K., Kaushik, N., Sharma, S. et Mishra, S. (2010). Renewable energy in India: Current status and future potentials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(8), 2434-2442.
- Kummert, M. (2016). Qualité de l'air dans les bâtiments. Dans *MEC8254 - Éléments de mécanique du bâtiment : notes de cours*. Montréal, Québec, Canada : Polytechnique Montréal.
- Kummert, M. (2017). Données climatiques et conditions de design. Dans *MEC8254 - Éléments de mécanique du bâtiment : notes de cours*. Montréal, Québec, Canada : Polytechnique Montréal.
- Largo-Wight, E., Chen, W. W., Dodd, V. et Weiler, R. (2011). Healthy Workplaces: The Effects of Nature Contact at Work on Employee Stress and Health. *Public Health Reports*, 126(1_suppl), 124-130.
- Le Parisien. (2015). Pourquoi ne faut-il pas gaspiller l'eau ? Repéré à <http://www.leparisien.fr/environnement/pourquoi-ne-faut-il-pas-gaspiller-l-eau-22-09-2015-5097637.php>
- LeGates, T. A., Fernandez, D. C. et Hattar, S. (2014). Light as a central modulator of circadian rhythms, sleep and affect. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(7), 443-454.
- Lesage, P. et Samson, R. (2016). The Quebec Life Cycle Inventory Database Project. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(9), 1282-1289.
- Lessard, Y. (2017). *Modélisation de l'influence de la sélection des matériaux sur le profil environnemental du cycle de vie d'un bâtiment à bureaux : évaluation critique de LEED v4* ((mémoire de maîtrise)). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec.

- Lessard, Y., Anand, C., Blanchet, P., Frenette, C. et Amor, B. (2018). LEED v4: Where Are We Now? Critical Assessment through the LCA of an Office Building Using a Low Impact Energy Consumption Mix: Critical Life Cycle Assessment of LEED v4. *Journal of Industrial Ecology*, 22(5), 1105-1116.
- Letarte, M. (2010, 23 octobre). Le point sur la situation de l'eau - « L'eau, même si elle est recyclable, n'est pas une ressource infinie ». *Le Devoir*. Repéré à <https://www.ledevoir.com/societe/environnement/298579/le-point-sur-la-situation-de-l-eau-l-eau-meme-si-elle-est-recyclable-n-est-pas-une-ressource-infinie>
- Life Fitness. (s.d.). *T5 Treadmill Owner's Manual*. Repéré à <https://shop.lifefitness.com/UserFiles/Documents/Product/OM%20TR%20M051-00K59-0011%20English.pdf>
- LifeSpan. (2019). TR1200-DT3 Under Desk Treadmill. Repéré à <https://www.lifespanfitness.com/tr1200-dt3-under-desk-treadmill>
- Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H., ... Ezzati, M. (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*, 380(9859), 2224-2260.
- LIRIDE. (s.d.). ACV Bâtiment [Document interne]. Sherbrooke, Québec : Auteur
- Loi concernant la lutte contre le tabagisme*, L.R.Q., c. L-6.2.
- Maison du développement durable. (s.d.). Eau. Repéré à <http://lamddvirtuelle.org/salle-de-bain/>
- Matel. (2017). *Tube fluoed en verre*. Repéré à <https://www.matel.fr/PDFS/fiches-techniques/mlfx1.pdf>
- Matos, J. (2014). The International WELL Building Institute launches the WELL Building Standard® version 1.0. *International WELL Building Institute*. Repéré à <https://www.wellcertified.com/en/articles/international-well-building-institute-launches-well-building-standard%C2%AE-version-10>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Rapport de synthèse de l'évaluation des écosystèmes pour le Millénaire*. Repéré à <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.447.aspx.pdf>
- Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (melcc). (2017). Réseau de surveillance de la qualité de l'air du Québec. Repéré à http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/reseau-surveillance/graphiques.asp?nom_contaminant=PM25&station=01810
- Ministère des Affaires municipales, Régions et occupation du territoire (MAMROT). (2010). *Bâtiment durable : Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*. Repéré à https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/amenagement_territoire/urbanisme/guide_batiment_durable.pdf
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP). (s.d.). *Guide de gestion des eaux pluviales*. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide-gestion-eaux-pluviales.pdf>
- New Buildings Institute (NBI). (2008). *Energy Performance of LEED for New Construction*. Repéré à https://newbuildings.org/sites/default/files/Energy_Performance_of_LEED-NC_Buildings-Final_3-4-08b.pdf

- Newsham, G. R., Mancini, S. et Birt, B. J. (2009). Do LEED-certified buildings save energy? Yes, but.... *Energy and Buildings*, 41(8), 897-905.
- NKK Switches. (s.d.). Toggles Switches. Repéré à <https://www.nkkswitches.com/products/toggle/>
- OCDE. (2003). *Pour des bâtiments écologiquement viables Enjeux et politiques : Enjeux et politiques*. Paris, France : OECD Publishing.
- openLCA. (2018). openLCA: the Life Cycle and Sustainability Modeling Suites. Repéré à <http://www.openlca.org/openlca/>
- Orée. (s.d.). Qu'est-ce qu'une ACV ? Repéré à <http://ecoconception.oree.org/acv.html>
- Organisation internationale de normalisation (ISO). (2006a). *Management environnemental : Analyse du cycle de vie: Exigences et lignes directrices. Norme internationale ISO 14044*. Genève, Suisse : auteur.
- Organisation internationale de normalisation (ISO). (2006b). *Management environnemental : Analyse du cycle de vie : Principes et cadre. Norme internationale ISO 14040*. Genève, Suisse : auteur.
- Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2018). Activité physique. Repéré à <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2019). Metrics: Disability-Adjusted Life Year (DALY). Repéré à https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/metrics_daly/en/
- Owen, N., Salmon, J., Koohsari, M. J., Turrell, G. et Giles-Corti, B. (2014). Sedentary behaviour and health: mapping environmental and social contexts to underpin chronic disease prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 48(3), 174-177.
- Pages Jaunes. (2019). Dois-je changer mes électroménagers ? Repéré à <https://www.pagesjaunes.ca/trucs/savoir-quand-changer-ses-appareils-electromenagers/>
- Panasonic. (s.d.). Fours de comptoir NN-SG656W. Repéré à <https://www.panasonic.com/ca/fr/consumer/home-appliances/microwave-ovens/countertop/nn-sg656w.specs.html>
- Pedlex. (2010). Casiers vestiaires. Repéré à <https://www.pedlex.com/index.php?route=product/category&path=65>
- Pépin, M.-O. (2018). Réduire la quantité de déchets du secteur CRD en ciblant les bardeaux d'asphalte et le gypse. Repéré à <https://www.ecohabitation.com/guides/3350/>
- Potvin, A. et Demers, C. M. (2005). La ventilation naturelle dans le contexte climatique québécois. *Esquisses*, 16(1). Repéré à <https://www.grap.arc.ulaval.ca/files/grap/8-GRAP-ventilation-naturelle.pdf>
- Precor. (2019). Tapis de course 956i. Repéré à <https://www.precor.com/fr-ca/tapis-de-course-956i>
- Premier. (s.d.). 1 Micron Carbon Block Filter. Repéré à https://www.premierh2o.com/products/premier_101007_carbon_block_filter_1_micron
- Régie du bâtiment du Québec. (2009). *Principaux changements au code de construction du Québec : Chapitre I Bâtiment*. Repéré à <https://www.rbq.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/Publications/francais/changements-code-construction.pdf>
- Régie du bâtiment du Québec. (2015). *Code de construction du québec : chapitre 1 : bâtiment et code national du bâtiment : canada 2010 (modifié)*. Québec, Canada : Gouvernement du Canada.

Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains, L.R.Q., c. Q-2, r.37.

Règlement sur la qualité de l'eau potable, L.R.Q., c. Q-2, r. 40.

Règlement sur la santé et la sécurité du travail, L.R.Q., c. S-2.1, r. 13.

Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère, L.R.Q., c. Q-2, r. 4.1.

Règlement sur les appareils de chauffage au bois, L.R.Q., c. Q-2, r. 1.

Remax. (2017). Comment reconnaître un projet de condo de qualité à Montréal ? Repéré à <https://www.remax-du-cartier-montreal-qc-srmp.com/fr/actualites/comment-reconnaitre-projet-condo-qualite>

Renalds, A., Smith, T. H. et Hale, P. J. (2010). A Systematic Review of Built Environment and Health: *Family & Community Health*, 33(1), 68-78.

Rona. (2019). Rénover sa cuisine : Les bonnes mesures. Repéré à <https://www.rona.ca/fr/projets/Renover-sa-cuisine-les-bonnes-mesures>

s.a. (s.d.). Quelle est la masse volumique du coton ? Repéré à <http://massevolumique.com/reponse.php?id=24>

s.a. (2016). *Microchip*. Repéré à http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MMX_028_QFN6x6x09_MatteTin.pdf

Sanitec. (s.d.). Cabine Cloisodouche 10 mm. Repéré à <http://www.sanitec.fr/cabine-cloisodouche-10-mm.html>

Santé Canada. (2015). Publications - Vie saine. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/services/sante/publications/vie-saine.html#a3.3>

Sanuvox. (2016). Profilé [Document interne]. Montréal, Québec: Auteur.

Sanuvox. (2017). UV Coil Cleaner Commercial. Repéré à <https://sanuvox.com/product/uv-coilcleaner-commercial/>

Sanuvox. (2019). CoilClean Info [Document interne]. Montréal, Québec: Auteur.

Sartin, P. (1971). Problèmes posés dans l'entreprise par l'éclairage des locaux. *Relations industrielles*, 26(4), 951.

Scofield, J. H. (2009a). Do LEED-certified buildings save energy? Not really.... *Energy and Buildings*, 41(12), 1386-1390.

Scofield, J. H. (2009b). *A Re-examination of the NBI LEED Building Energy Consumption Study*. Repéré à http://www2.oberlin.edu/physics/Scofield/pdf_files/Scofield%20IEPEC%20paper.pdf

self aquashop. (s.d.). Quelle est la fréquence de changement des cartouches filtrantes ? Repéré à <https://www.selfaquashop.fr/faqs/les-produits-selfaquashop/-quelle-est-la-frequence-de-changement-des-cartouches-filtrantes-.html>

Seppanen, O., Fisk, W. J. et Lei, Q. (2006). *Effect of Temperature on Task Performance in Office Environment* (Université de Berkeley, Berkeley, États-Unis). Repéré à <http://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/lbni-60946.pdf>

Speech Privacy Systems. (2019). *VAR-120-4ch Controller*. Repéré à <https://cambridgesound.com/products/qt-300/>

- Suh, S., Tomar, S., Leighton, M. et Kneifel, J. (2014). Environmental Performance of Green Building Code and Certification Systems. *Environmental Science & Technology*, 48(5), 2551-2560.
- Sundstrom, E., Town, J. P., Rice, R. W., Osborn, D. P. et Brill, M. (1994). Office Noise, Satisfaction, and Performance. *Environment and Behavior*, 26(2), 195-222.
- Sunon. (s.d.). *Sunon*. Repéré à http://portal.sunon.com.tw/pls/portal/sunonap.sunon_html_d_pkg.open_file?input_file_name=7264646F632F3230313430312F3137363539382F28443132303137333130472D3030292D332E706466
- TIGG. (2019). Testing, Treatment and disposal of Spent Activated Carbon Media. Repéré à <https://tigg.com/services/spent-activated-carbon-disposal/>
- Tri-matic. (s.d.). *Tables des masses volumiques de diverses substances*. Repéré à http://markuspopp.me/Table_des_masses_volumiques.pdf
- ulaval. (s.d.). *Masse volumique de quelques matériaux à 20C*. Repéré à http://www2.chm.ulaval.ca/gecha/chm2904/1_introduction/densites_materiaux.pdf
- United Nations Environmental Programme (UNEP). (2009). *Buildings and Climate Change: Summary for Decision-makers*. Repéré à http://www.iclei.org.br/polics/CD/P2_1_Referencias/8_Instrumentos%20de%20Pol%C3%ADtica%20P%C3%ABlica/PDF37_UNEP,%202009.%20Buildings%20and%20Climate%20Change%20Summary%20for%20Decision%20Makers.pdf
- Universal Electric Motors. (2019). # DC517 - 3 HP, 180 Volt. Repéré à <http://www.uem.ca/dc517-3-hp-180-volt-dc517>
- Université McGill. (2019). Quelle quantité d'eau consommons-nous ? Repéré à <https://www.mcgill.ca/waterislife/fr/l%E2%80%99eau-%C3%A0-la-maison/notre-consommation>
- Université Virtuelle Environnement et Développement Durable [UVED]. (s.d.a). Méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ACV): Cadre normatif (cycle de normes ISO 14000). Repéré à http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap03/co/ch03_140_3-1.html
- UVED. (s.d.b). Méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ACV): Base de données ecoinvent. Repéré à http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap03/co/ch03_380_4-4.html
- UVED. (s.d.c). Méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ACV): Introduction. Repéré à http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap03/co/ch03_270_3-4-0.html
- UVED. (s.d.d). Méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ACV): Introduction aux logiciels d'ACV: problématique relative à la modélisation. Repéré à http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap03/co/ch03_390_4-5.html
- UVED. (s.d.e). Méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ACV): Systèmes des produits et processus élémentaires. Repéré à http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap03/co/ch03_180_3-2-3.html
- US Consumer Product Safety Commission (CPSC). (s.d.). The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality. Repéré à <https://www.cpsc.gov/Safety-Education/Safety-Guides/Home/The-Inside-Story-A-Guide-to-Indoor-Air-Quality>
- US Department of Energy (DOE). (2018). Commercial Prototype Building Models. Repéré à https://www.energycodes.gov/development/commercial/prototype_models

- US Energy Information Administration. (2012). 2012 Commercial Buildings Energy Consumption Survey: Water Consumption in Large Buildings Summary. Repéré à <https://www.eia.gov/consumption/commercial/reports/2012/water/>
- US Green Building Council (USGBC). (2019). Checklist: LEED v2.0 New Construction. Repéré à <http://www.usgbc.org/resources/leed-nc-v20-checklist>
- USGBC. (2013). *LEED: Reference Guide for Building Design and Construction* (LEED v4). Washington DC, États-Unis : auteur.
- Vélo-rack. (2017). VR-Arche (2 places) [Document interne]. Rawdon, Québec : auteur.
- Vélo-rack. (2019). VR-Arch. Repéré à <http://velo-rack.com/bike-racks?productId=5>
- Vierra, S. (2016). Green Building Standards and Certification Systems. Repéré à <https://www.wbdg.org/resources/green-building-standards-and-certification-systems>
- VIQUA. (2015). The Need to Change the UV Lamp. Repéré à <http://blog.viqua.com/uv-disinfection-the-need-to-change-the-uv-lamp>
- VIQUA. (2019a). CMB-120-HF. Repéré à <https://viqua.com/product/cmb-120-hf/>
- VIQUA. (2019b). IHS22-E4. Repéré à <https://viqua.com/product/ihs22-e4/>
- VIVRE EN VILLE. (s.d.a). Étalement urbain. Repéré à <http://collectivitesviables.org/articles/etalement-urbain.aspx>
- VIVRE EN VILLE. (s.d.b). Mixité des activités. Repéré à <http://collectivitesviables.org/articles/mixite-des-activites.aspx>
- Vornado. (s.d.). VH5 Personal Heater. Repéré à <https://www.vornado.com/shop/heaters/vh5-personal-heater>
- Waehner, P. (2019). Considerations Before Buying a Home Treadmill. Repéré à <https://www.verywellfit.com/buying-a-treadmill-1229609>
- Whirlpool. (2019). 36-inch Wide Side-by-Side Refrigerator - 25 cu. ft. Repéré à http://www.whirlpool.com/content/whirlpoolv2/en_us/kitchen/refrigeration/refrigerators/side-by-side/p.36-inch-wide-side-by-side-refrigerator-25-cu.-ft.wrsa15snhn.html
- Whitmore, J. et Pineau, P.-O. (2018). *État de l'énergie au Québec*. Repéré à http://batimentdurable.ca/fichiers/depot/eeq2018_web-final.pdf
- Whole Building Design Guide (WBDG). (2018). Optimize Site Potential. Repéré à <https://www.wbdg.org/design-objectives/sustainable/optimize-site-potential>
- Zabalza Bribián, I., Valero Capilla, A. et Aranda Usón, A. (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 46(5), 1133-1140.

ANNEXE 1 - EXIGENCES DES CRITÈRES WELL CONSIDÉRÉS COMME AYANT UN IMPACT ENVIRONNEMENTAL NUL OU NÉGLIGEABLE

Le tableau A.1 résume les exigences des critères qui ont un impact considéré nul ou négligeable ainsi que les raisons qui justifient leur classement dans cette catégorie.

Tableau A.1 - Résumé des exigences des critères WELL considérés comme ayant un impact environnemental nul ou négligeable

(Traduction libre de: IWBI, 2018b)

| CRITÈRE | PTS | NIVEAU DE BIENFAITS HUMAINS | EXIGENCES (résumé) | JUSTIFICATION |
|--------------------------------------|-----|-----------------------------|--|--|
| A02 Environnement sans fumée | P | 11 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Interdire de fumer et d'utiliser des cigarettes électroniques à l'intérieur. • Partie 2 : Interdire de fumer à moins de 7,5 m des entrées, fenêtres et entrées d'air, sur les balcons, toits et patios. Un affichage clair indique l'interdiction. | Régis par la <i>loi concernant la lutte contre le tabagisme</i> |
| A03 Efficacité de la ventilation | P | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Respecter les taux de ventilation d'alimentation et d'évacuation définis par la norme ASHRAE 62.1-2010. • Partie 2 : Valider la conformité des installations de ventilation avec les exigences de la norme ASHRAE 62.1-2010 par la mise en service ou la remise en service. | Norme exigée par le Code de construction du Québec (Régie du bâtiment du Québec, 2009) |
| A10 Minimisation de la combustion | 1 | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Bannir les foyers, fours, chauffeuses à combustion des espaces régulièrement occupés. Respecter les règles relatives aux appareils à combustion, aux fournaies, aux chaudières, chauffe-eau. | Régis par le <i>Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère</i> et le <i>Règlement sur les appareils de chauffage au bois</i> . |
| W01 Normes de qualité de l'eau | P | 4 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Respecter une turbidité de maximale de 1,0 NTU pour l'eau destinée à la consommation. • Partie 2 : Respecter un taux de coliformes de 0 CFU/100 ml dans l'eau destinée à la consommation. • Partie 3 : Tester la turbidité et les coliformes dans l'eau destinée à la consommation au moins une fois par an. | Régis par le <i>règlement sur la qualité de l'eau potable</i> |

Tableau A.1 - Résumé des exigences des critères WELL considérés comme ayant un impact environnemental nul ou négligeable (suite)

(Traduction libre de: IWBI, 2018b)

| CRITÈRE | PTS | NIVEAU DE BIENFAITS HUMAINS | EXIGENCES (résumé) | JUSTIFICATION |
|------------------------------------|-----|-----------------------------|---|---|
| W02 Contaminants dans l'eau | P | 9 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Respecter les seuils de métaux dissous dans l'eau destinée à la consommation. • Partie 2 : Respecter les seuils de polluants organiques dans l'eau destinée à la consommation. • Partie 3 : Respecter les seuils de sous-produits de désinfectant dans l'eau destinée à la consommation. • Partie 4 : Respecter les seuils de pesticides et d'herbicides dans l'eau destinée à la consommation. • Partie 5 : Respecter les seuils de fertilisants dans l'eau destinée à la consommation. • Partie 6 : Respecter les seuils d'additifs dans l'eau destinée à la consommation. • Partie 7 : Tester l'eau au moins une fois par an afin de respecter les seuils. | Régis par le <i>règlement sur la qualité de l'eau potable</i> |
| W03 Contrôle de la légionellose | P | 2 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Décrire comment le bâtiment s'attaquera au problème de légionellose. | Régis par le Code de construction du Québec (Régie du bâtiment du Québec, 2015) |
| W04 Qualité d'eau supérieure | 1 | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Respecter les exigences relatives au goût de l'eau potable. | Sous la responsabilité des usines de traitement des eaux (Santé Canada, 2015) |
| W06 Promotion de l'eau potable | 1 | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Mettre à disposition au moins un abreuvoir avec un robinet pour le remplissage des bouteilles à l'intérieur de 30 m des espaces régulièrement occupés. Les abreuvoirs sont nettoyés quotidiennement. | Négligeable par rapport à un bâtiment conventionnel |
| W08 Lavage des mains | 2 | 5 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Fournir des lavabos avec suffisamment d'espace pour le lavage des mains. • Partie 2 : Fournir du savon et du papier à main à proximité de tous les lavabos. Un affichage oriente vers les lavabos les plus proches. | Régis par le Code de construction du Québec (Régie du bâtiment du Québec, 2015) |

Tableau A.1 - Résumé des exigences des critères WELL considérés comme ayant un impact environnemental nul ou négligeable (suite)

(Traduction libre de: IWBI, 2018b)

| CRITÈRE | PTS | NIVEAU DE BIENFAITS HUMAINS | EXIGENCES (résumé) | JUSTIFICATION |
|------------------------------------|-----|-----------------------------|--|---|
| N02 Transparence nutritionnelle | P | 4 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Fournir les informations nutritionnelles des aliments vendus dans le bâtiment incluant les calories, les macronutriments et le contenu en sucre. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| N04 Publicité alimentaire | 2 | 6 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Interdire la promotion des aliments sucrés ou frits. Encourager la consommation de grains entiers, d'aliments naturels et d'eau. • Partie 2 : Dresser une liste de critères identifiant les éléments sains dans le menu et mettre les aliments sains de l'avant. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| N05 Ingrédients artificiels | 1 | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Mettre en place une politique visant l'élimination progressive des ingrédients artificiels et identifier ces derniers lorsqu'ils sont présents. Bannir certains colorants, édulcorants et agents de conservation. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| N07 Éducation nutritionnelle | 1 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Offrir gratuitement des ateliers de cuisine et de nutrition, des consultations individuelles ou des références littéraires aux occupants du bâtiment. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| N08 Alimentation consciente | 2 | 2 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Fournir des tables et des chaises pour accommoder au moins 25 % des occupants à l'heure du lunch. • Partie 2 : Allouer une période de lunch d'au moins 30 min aux occupants et la possibilité de manger ailleurs qu'à leur station de travail. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| L06 Équilibre visuel | 1 | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Maintenir une certaine uniformité lumineuse entre les espaces et les surfaces et éviter les contrastes forts. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |

Tableau A.1 - Résumé des exigences des critères WELL considérés comme ayant un impact environnemental nul ou négligeable (suite)

(Traduction libre de: IWBI, 2018b)

| CRITÈRE | PTS | NIVEAU DE BIENFAITS HUMAINS | EXIGENCES (résumé) | JUSTIFICATION |
|---|-----|-----------------------------|---|---|
| V02 Ergonomie visuelle et physique | P | 2 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Fournir des ordinateurs ajustables selon les besoins des occupants • Partie 2 : Offrir des fournitures permettant à au moins 25% des occupants d'être en position assise ou debout. • Partie 3 : Fournir des chaises ajustables. • Partie 4 : Fournir des repose-pieds ou des tapis antifatigue les employés majoritairement debout. • Partie 5 : Fournir du matériel éducatif sur l'ergonomie dans le contexte du travail. | Les fournitures demeurent sensiblement les mêmes en comparaison avec un bâtiment traditionnel |
| V03 Circulation dynamique | 3 | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Concevoir des espaces de circulation esthétiques en incluant des œuvres d'art, de la musique, des effets d'éclairage, des vues, des éléments naturels ou des éléments ludiques. • Partie 2 : Encourager l'usage des escaliers par une signalisation à des endroits stratégiques. • Partie 3 : Positionner les escaliers de façon centrale et visible avant les ascenseurs. | Négligeable par rapport à un bâtiment conventionnel |
| V06 Opportunités d'activité physique | 3 | 2 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Offrir des activités physiques dirigées par un professionnel gratuitement 1 fois par mois (1 pt) – 1 fois par semaine (2 pts). | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| V10 Ergonomie avancée | 1 | 2 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Recourir aux services d'un ergonome certifié au moins deux fois par année pour éduquer les employés et ajuster les fournitures. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| V11 Promotion de l'activité physique | 1 | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Encourager l'activité physique par des incitatifs financiers ou une flexibilité d'horaire. • Partie 2 : Promouvoir les programmes d'activité physique et faire le suivi de la participation. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |

Tableau A.1 - Résumé des exigences des critères WELL considérés comme ayant un impact environnemental nul ou négligeable (suite)

(Traduction libre de: IWBI, 2018b)

| CRITÈRE | PTS | NIVEAU DE BIENFAITS HUMAINS | EXIGENCES (résumé) | JUSTIFICATION |
|--|-----|-----------------------------|---|---|
| V12 Suivi individuel de l'activité physique | 1 | 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Fournir des appareils individuels de mesure de l'activité physique (compteur de pas, distance, temps, etc.). | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| S01 Cartographie des sources sonores | P | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Produire un document indiquant les niveaux de bruits de fond et performances acoustiques des installations (ex: Plan des étages avec code de couleurs correspondant aux niveaux de décibels). • Partie 2 : Produire un document indiquant les niveaux de bruits de fond et performances acoustiques mesurés. • Partie 3 : Produire un document indiquant la division des espaces en zones selon le niveau de bruit. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| X02 Élimination des produits dangereux | P | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Dans les cas de rénovation où les bâtiments ont été construits avant les lois bannissant l'amiante, mener une inspection afin d'en détecter la présence et prendre les mesures nécessaires afin d'en atténuer les effets. • Partie 2 : Dans les cas de rénovation où les bâtiments ont été construits avant les lois bannissant les peintures contenant du plomb, mener une inspection afin d'en détecter la présence et prendre les mesures nécessaires afin d'en atténuer les effets. • Partie 3 : Dans les cas de rénovation où les bâtiments ont été construits avant les lois bannissant les polychlorobiphényles (PCB), mener une inspection afin d'en détecter la présence et prendre les mesures nécessaires afin d'en atténuer les effets. | Régis par le <i>Règlement sur la santé et la sécurité du travail</i> |

Tableau A.1 - Résumé des exigences des critères WELL considérés comme ayant un impact environnemental nul ou négligeable (suite)

(Traduction libre de: IWBI, 2018b)

| CRITÈRE | PTS | NIVEAU DE BIENFAITS HUMAINS | EXIGENCES (résumé) | JUSTIFICATION |
|--|-----|-----------------------------|---|---|
| X04 Gestion des matières résiduelles | 1 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Produire un plan de gestion des matières dangereuses suivantes : batteries, pesticides, équipements contenant du mercure. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| X05 Gestion sur place des contaminants | 2 | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Dans le cas de rénovation où les bâtiments ont été construits avant les lois bannissant l'amiante et la peinture au plomb, établir un plan de contrôle, des inspections et un plan d'élimination qui sont mis à jour chaque année. | Régis par le <i>Règlement sur la santé et la sécurité du travail</i> |
| X06 Évaluation environnementale de site | 2 | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Dans les cas où le site du projet a déjà servi à des activités industrielles, entreprendre l'évaluation et la remédiation du site à travers les phases I et II de l'évaluation environnementale de site. | Régis par le <i>Règlement sur la protection et la réhabilitation de terrains</i> |
| M01 Promotion de la santé mentale | P | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Produire un document indiquant comment la santé mentale et le bien-être des occupants seront promus par le projet et l'organisation (programmes, éducation, politiques, etc.) • Partie 2 : Offrir aux employés l'éducation et les ressources nécessaires pour s'attaquer à la santé mentale. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| M03 Soutien à la santé mentale | 3 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Fournir aux employés des outils ou les ressources humaines permettant d'identifier les signes d'altération de la santé mentale. • Partie 2 : Fournir des services de santé mentale gratuitement ou subventionnés à au moins 50 % couvrant les consultations, les traitements, la médication, etc. • Partie 3 : Mettre en place des politiques permettant aux employés d'adapter leur horaire et leur environnement de travail afin de favoriser la santé mentale. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |

Tableau A.1 - Résumé des exigences des critères WELL considérés comme ayant un impact environnemental nul ou négligeable (suite)

(Traduction libre de: IWBI, 2018b)

| CRITÈRE | PTS | NIVEAU DE BIENFAITS HUMAINS | EXIGENCES (résumé) | JUSTIFICATION |
|---------------------------------------|-----|-----------------------------|---|---|
| M04 Éducation sur la santé mentale | 2 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Former les employés à la gestion personnelle du stress et de la santé mentale et à l'identification des symptômes. • Partie 2 : Former les gestionnaires à identifier et réduire le stress dans les espaces de travail, reconnaître les signes de l'altération de la santé mentale chez les employés, promouvoir les ressources disponibles auprès des employés, etc. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| M05 Soutien à la gestion du stress | 2 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Mesurer les effets du stress par le taux d'absentéisme, le nombre de congés de maladie, des sondages, etc. et fournir un plan de gestion du stress au sein du bâtiment. • Partie 2 : Produire un document décrivant comment le projet ou l'organisation supporte la gestion personnelle du stress. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| M06 Opportunités de ressourcement | 1 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Produire un document décrivant comment le lieu de travail encourage les pauses, notamment en créant des occasions de temps d'arrêt, des politiques d'heures supplémentaires, etc. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| M08 Programmes de ressourcement | 1 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Offrir des programmes orientés vers la relaxation tels la méditation, le yoga, le tai-chi, etc. gratuitement ou subventionnés à au moins 50 %. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| M10 Soutien à la concentration | 1 | 2 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Produire un document décrivant comment les procédures de travail et l'utilisation de l'espace favorisent la concentration et la productivité des employés en se basant sur des sondages et des entrevues auprès des employés. Supporter les occasions de concentration en désignant des périodes ou des zones de travail en silencieuses, en aménageant les espaces de travail, etc. • Partie 2 : Concevoir les espaces pour faire en sorte que des zones de tranquillité et de collaboration soient définies et indiquer les divisions sur les plans. Fournir des espaces de rangement pour chacun des employés de façon à désencombrer l'espace de travail. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |

Tableau A.1 - Résumé des exigences des critères WELL considérés comme ayant un impact environnemental nul ou négligeable (suite)

(Traduction libre de: IWBI, 2018b)

| CRITÈRE | PTS | NIVEAU DE BIENFAITS HUMAINS | EXIGENCES (résumé) | JUSTIFICATION |
|---|-----|-----------------------------|---|---|
| M11 Soutien au sommeil | 2 | 4 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Favoriser les siestes au travail et fournir le mobilier en conséquence. • Partie 2 : Encourager les employés à atteindre un minimum de 7 heures de sommeil en fournissant les applications permettant le suivi du sommeil, entre autres. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| M12 Voyages d'affaires | 1 | 2 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Mettre en place des protocoles pour les voyages d'affaires afin de limiter les temps de vols, de réduire les effets du décalage horaire, de réduire la charge de travail, de favoriser les saines habitudes de vie à l'extérieur, etc. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| M13 Lutte contre le tabac | 3 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Interdire la vente de tabac et sensibiliser les employés aux conséquences de sa consommation. • Partie 2 : Fournir l'information et les ressources nécessaires pour cesser la consommation de tabac. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| M14 Éducation et services sur la consommation de drogues | 3 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Mettre en place un politique sur la consommation des drogues et de l'alcool. Informer les employés sur les risques associés à la consommation. • Partie 2 : Fournir les services nécessaires en support à l'usage et la dépendance des drogues. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| M15 Plan d'urgence lié à la consommation d'opioïdes | 3 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Mettre en place un plan d'urgence relatif à la consommation d'opioïdes qui inclut une trousse de secours contenant des doses de naloxone et les instructions sur son administration. Mettre en place un protocole de suivi des incidents et former les employés à ce genre d'urgence. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| C01 Sensibilisation à la santé et au bien-être | P | 0 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Informer et promouvoir les bénéfices des critères WELL auprès des occupants. • Partie 2 : Fournir aux occupants du matériel éducatif numérique et/ou papier sur la santé et le bien-être. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |

Tableau A.1 - Résumé des exigences des critères WELL considérés comme ayant un impact environnemental nul ou négligeable (suite)

(Traduction libre de: IWBI, 2018b)

| CRITÈRE | PTS | NIVEAU DE BIENFAITS HUMAINS | EXIGENCES (résumé) | JUSTIFICATION |
|--|-----|-----------------------------|--|--|
| C02 Conception intégrée | P | 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Entamer un processus de conception intégré incluant les parties prenantes dès le début du projet. • Partie 2 : Produire un document décrivant comment la culture et l'esthétisme sont intégrés dans le bâtiment. • Partie 3 : Produire un document décrivant la mission de santé et de bien-être du projet en définissant les objectifs et comment ils seront atteints. • Partie 4 : Offrir des tours guidés du bâtiment une fois le projet complété. Définir comment les opérations, la maintenance, les programmes et les politiques vont adhérer à WELL | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques. |
| C03 Sondage auprès des occupants | P | 0 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Mener un sondage annuel auprès des occupants afin d'évaluer la santé, le bien-être et le confort des occupants. • Partie 2 : Inviter tous les employés à participer au sondage et analyser les réponses avec l'aide de professionnels qualifiés. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| C04 Sondage approfondi auprès des occupants | 3 | 0 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Mener un sondage approfondi auprès des occupants et analyser les réponses avec l'aide de professionnels qualifiés. • Partie 2 : Mener un sondage avant l'occupation du bâtiment. • Partie 3 : En réponse aux résultats du sondage, cibler les seuils de satisfaction identifiés et mettre en place des stratégies afin d'améliorer les seuils d'insatisfaction. • Partie 4 : Mener annuellement des entrevues auprès des parties prenantes et/ou diriger des groupes de discussion. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| C05 Services de santé et avantages sociaux | 3 | 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Fournir des avantages sociaux, incluant des assurances maladie, médicaments, etc., aux employés gratuitement ou subventionnés à au moins 50 %. • Partie 2 : Fournir des services de santé gratuitement ou subventionnés à 50 % à moins de 800 m du bâtiment. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |

Tableau A.1 - Résumé des exigences des critères WELL considérés comme ayant un impact environnemental nul ou négligeable (suite)

(Traduction libre de: IWBI, 2018b)

| CRITÈRE | PTS | NIVEAU DE BIENFAITS HUMAINS | EXIGENCES (résumé) | JUSTIFICATION |
|---------------------------------------|-----|-----------------------------|--|---|
| C06 Promotion de la santé | 3 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Produire un document décrivant comment la santé des occupants est promue via de l’affichage, des programmes, des incitatifs, etc. • Partie 2 : Fournir aux employés une évaluation individualisée des risques liés à leur santé. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| C07 Immunsation | 2 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Offrir la vaccination contre la grippe à tous les employés. • Partie 2 : Mettre en place une politique exigeant que tous les employés suivent les calendriers de vaccination. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| C08 Soutien aux nouveaux parents | 3 | 4 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Offrir au moins 40 semaines de congé parental aux nouveaux parents. • Partie 2 : Offrir une flexibilité d’horaire et un support aux nouveaux parents à leur retour de congé parental. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| C10 Soutien aux familles | 2 | 4 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Fournir des services de garde aux employés. • Partie 2 : Offrir un support aux aidants naturels par le biais de politiques et de ressources. • Partie 3 : Offrir des congés payés aux employés devant prendre soin d’un membre de sa famille ayant une maladie ou blessure grave. • Partie 4 : Mettre en place un protocole en cas de décès d’un proche d’un employé et offrir un support par le biais de politiques et de ressources. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| C11 Engagement civique | 1 | 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Encourager le bénévolat, entre autres en rémunérant les heures bénévoles des employés, et encourager la participation au vote électoral, entre autres en offrant des plages horaires flexibles lors de jour d’élection. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |
| C12 Transparence organisationnelle | 2 | 0 | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Participer à un programme promouvant l’équité. Ex : JUST, GoodWell. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |

Tableau A.1 - Résumé des exigences des critères WELL considérés comme ayant un impact environnemental nul ou négligeable (suite)

(Traduction libre de: IWBI, 2018b)

| CRITÈRE | PTS | NIVEAU DE BIENFAITS HUMAINS | EXIGENCES (résumé) | JUSTIFICATION |
|---|-----|-----------------------------|--|---|
| C13 Accessibilité et design universel | 3 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Assurer l'accès universel au site en respectant les lois et codes sur l'accessibilité. • Partie 2 : Produire un document décrivant comment le projet va répondre aux différents besoins des occupants. | Régis par le Code de construction du Québec (Régie du bâtiment du Québec, 2015) |
| C14 Fournitures pour les salles de bain | 2 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Disposer des toilettes à tous les étages, en quantité suffisante selon l'occupation et conformément aux codes locaux. Fournir du papier de toilette, des poubelles et des produits hygiéniques dans toutes les toilettes. • Partie 2 : Offrir des toilettes individuelles selon la demande des occupants. • Partie 3 : Fournir des toilettes familiales incluant des tables à langer, des toilettes et lavabos en format pour enfant, un plancher antidérapant, etc. | Régis par le Code de construction du Québec (Régie du bâtiment du Québec, 2015) |
| C15 Préparation aux situations d'urgence | 3 | ND | <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : Mettre en place un plan d'urgence pour les différentes situations : feu, catastrophes naturelles, intervention des services médicaux, etc. • Partie 2 : Mettre en place des politiques et des ressources en support aux employés pour la gestion des situations d'urgence. | Politiques, programmes ou services nécessitant peu ou pas de ressources matérielles, énergétiques |

ANNEXE 2 - FLUX DE RÉFÉRENCE ET PARAMÈTRES CLÉS DES CRITÈRES WELL ÉVALUÉS

Le tableau A.2 présente les produits spécifiques, les paramètres clés ainsi que les flux de référence de chacun des critères évalués.

Tableau A.2 - Produit spécifique, flux de référence et paramètres clés des critères WELL évalués

| CRITÈRE | PRODUIT SPÉCIFIQUE | PARAMÈTRES CLÉS | FLUX DE RÉFÉRENCE |
|-------------------------------|--|---|---|
| A06 Ventilation accrue | 1,20x10 ⁹ m ³ d'air neuf. | <ul style="list-style-type: none"> • Différence de débit par occupant entre le bâtiment de référence et l'exigence WELL : 2,8 L/s • Efficacité de distribution d'air par déplacement d'air : 1,2 • Nombre d'occupants : 268 • Durée de vie du bâtiment : 50 ans • Puissance de ventilateur moy. pour 1 m³/h : 0,65 Wh/m³ • Énergie associée à la climatisation de l'air neuf : 165,4 GJ/an • Énergie associée au chauffage de l'air neuf : 232,1 GJ/an | Énergie : 9 330 GJ |
| A12 Filtration de l'air | 3,59x10 ⁹ m ³ d'air filtré. | <ul style="list-style-type: none"> • Débit d'air neuf : 2278 L/s • Capacité du filtre : 165,2 L/s • Surface du filtre : 645 cm². • Durée de vie du filtre : 274 jours • Perte de pression associée au filtre : 7,5 Pa • Masse d'un filtre : 0,147 kg • Durée de vie du bâtiment : 50 ans | Filtres : 918 u. Filtres enfouis : 134,95 kg Énergie : 7,59 MWh |
| A13 Contrôle actif des COV | 1,80x10 ¹⁰ m ³ d'air filtré. | <ul style="list-style-type: none"> • Débit d'air recirculé : 9 112 L/s • Capacité d'un boîtier à filtres : 3 400 m³/h • Nombre de filtres par boîtier : 4 u. • Durée de vie d'un filtre : 1 an • Volume d'acier pour le cadre du filtre : 380 cm³ • Volume d'acier pour le boîtier à filtres : 4 861,3 cm³ • Masse de carbone par filtre : 6,7 kg • Durée de vie du bâtiment : 50 ans | Charbon : 13 400 kg Acier : 6 307 kg Énergie : 496,4 MWh Filtres enfouis : 19 328 kg |

Tableau A.2 - Produit spécifique, flux de référence et paramètres clés des critères WELL évalués (suite)

| CRITÈRE | PRODUIT SPÉCIFIQUE | PARAMÈTRES CLÉS | FLUX DE RÉFÉRENCE |
|---|---|--|---|
| A14 Contrôle des microbes et des moisissures | 5,5 m ² de serpentins de refroidissement irradiés. | <ul style="list-style-type: none"> • Nombre de systèmes UV requis pour la surface de serpentins : 1 u. • Nombre de lampes UV par système : 1 u. • Nombre de réflecteurs par système : 1 u. • Nombre de ballasts par système : 1 u. • Nombre de circuits intégrés par système : 1 u. • Volume de cuivre par ballast : 12 cm³ • Durée de vie d'une lampe : 17 000 h • Durée de vie du système : 15 ans • Durée de vie du bâtiment : 50 ans • Puissance du système : 119 W • Masse d'une lampe : 0,345 kg • Masse d'un réflecteur : 2,79 kg • Masse d'un circuit intégré : 0,1016 g | <p>Lampes UV : 26 u. Réflecteur en aluminium : 11,16 kg Cuivre : 430 g Circuit intégré : 0,41 g Énergie : 52,12 MWh Lampes UV usées : 8,89 kg</p> |
| W05 Maintien de la qualité de l'eau | 142 100 m ³ d'eau traitée. | <ul style="list-style-type: none"> • Durée de vie du bâtiment : 50 ans • Nombre de systèmes de traitement requis : 1 u. • Nombre de systèmes UV par système de traitement : 1 u. • Nombre de filtres pour particules fines par système de traitement : 1 u. • Nombre de filtres pour le plomb et le cuivre par système de traitement : 1 u. <p>Traitement UV</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre de lampes UV par système UV : 1 u. • Nombre de chambres en par système UV : 1 u. • Nombre de ballasts par système UV : 1 u. • Nombre d'écrans LCD par système UV : 1 u. • Puissance électrique du système : 160 W • Volume de cuivre par ballast : 12 cm³ • Volume d'acier inoxydable pour la chambre UV : 360 cm³ | <p>Traitement UV Énergie : 36,35 MWh Lampes UV : 49 u. Lampes UV usées : 10,3 kg Chambre en acier inoxydable : 11,1 kg Cuivre : 430 g Écran LCD : 1,63 kg Circuit intégré : 0,41 g Câble électrique : 116 g</p> <p>Filtration des particules en suspension Filtres : 127,5 kg Filtres enfouis : 127,5 kg Boîtier en plastique : 17,2 kg Énergie : 73,38 MWh</p> |

Tableau A.2 - Produit spécifique, flux de référence et paramètres clés des critères WELL évalués (suite)

| CRITÈRE | PRODUIT SPÉCIFIQUE | PARAMÈTRES CLÉS | FLUX DE RÉFÉRENCE |
|---|---|--|---|
| W05 Maintien de la qualité de l'eau (suite) | | <ul style="list-style-type: none"> • Masse d'une lampe UV : 0,21 kg • Surface d'écran LCD : 206 cm² • Masse surfacique d'un écran LCD : 1,98 g/cm² • Masse d'un circuit intégré : 0,1016 g • Longueur de câble électrique : 1,5 m • Masse linéaire du câble électrique : 19,35 g/m • Durée de vie du système : 15 ans • Durée de vie d'une lampe : 9 000 h <p>Filtration des particules fines</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durée de vie d'un filtre : 4 380 h • Masse d'un filtre : 1,3 kg • Masse d'un boîtier en plastique : 4,3 kg • Perte de pression associée au filtre : 33 095 Pa • Nombre de filtres par boîtier : 1 u. <p>Traitement du plomb et cuivre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durée de vie d'un filtre : 4 380 h • Masse de charbon par filtre : 6,7 kg • Nombre de filtres par boîtier : 1 u. • Masse d'un boîtier en plastique : 4,3 kg | <p>Traitement du plomb et cuivre</p> <p>Charbon : 670 kg Boîtier en plastique : 17,2 kg Filtres enfouis : 670 kg</p> |
| N10 Préparation des aliments | 20 m ² de cuisine incluant : 2,44 m ² de surface de comptoir ; 1 évier double ; 1 réfrigérateur ; 5 fours micro-ondes | <ul style="list-style-type: none"> • Durée de vie du bâtiment : 50 ans • Nombre d'occupants : 268 <p>Comptoir et armoires</p> <ul style="list-style-type: none"> • Volume de panneaux de fibres de bois : 0,65 m³ • Volume de granite : 0,064 m³ • Masse volumique du granite : 2 600 kg/m³ • Surface d'acier inoxydable pour l'évier : 8 706 cm² • Durée de vie des comptoirs et armoires : 25 ans <p>Réfrigérateur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Surface d'acier inoxydable : 7,7 m² | <p>Comptoir et armoires</p> <p>Panneaux en fibres de bois : 1,29 m³ Granite : 166 kg Évier en acier inoxydable : 1,74 m²</p> <p>Réfrigérateur</p> <p>Énergie : 28,7 MWh Feuilles d'acier inoxydable : 29,8 m² Plastique thermoformé : 42 kg Isolant de polyuréthane : 75,8 kg Réfrigérant R134 : 0,3 kg Cuivre : 10,4 kg</p> |

Tableau A.2 - Produit spécifique, flux de référence et paramètres clés des critères WELL évalués (suite)

| CRITÈRE | PRODUIT SPÉCIFIQUE | PARAMÈTRES CLÉS | FLUX DE RÉFÉRENCE |
|--|--------------------|---|--|
| N10 Préparation des aliments (suite) | | <ul style="list-style-type: none"> • Volume de plastique : 1,2 m² • Masse volumique du plastique (polypropylène) : 0,9 g/cm³ • Volume d'isolant en polyuréthane : 0,64 m³ • Masse volumique du polyuréthane : 31 kg/m³ • Masse de réfrigérant : 0,08 kg • Masse de cuivre : 2,7 kg • Masse de laiton : 0,17 kg • Masse d'aluminium : 2,11 kg • Masse de fibre de verre : 0,08 kg • Masse de fer : 4,56 kg • Masse d'un circuit intégré : 0,1016 g • Longueur de câble électrique : 1,5 m • Masse linéaire d'un câble électrique : 19,35 g/m • Consommation électrique annuelle : 574 kWh • Durée de vie du réfrigérateur : 13 ans <p>Fours micro-ondes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puissance électrique d'un four micro-ondes : 1 500 W • Utilisation d'un four micro-ondes : 1 h/jour, 5 jours/semaine • Nombre d'utilisateurs : 50 % des occupants • Temps d'utilisation par occupant : 2 min • Volume de verre pour le plateau du micro-ondes : 779 cm³ • Masse volumique du verre : 2,3 g/cm³ • Surface d'acier inoxydable : 1,7 m² • Volume de plastique (polypropylène) : 327 cm³ • Masse d'un magnétron : 1 021 g • Masse d'un ventilateur : 100 g • Durée de vie d'un micro-ondes : 9 ans <p>Cuisine</p> <p>Superficie de cuisine : 20 m²</p> | <p>Laiton : 0,7 kg Aluminium : 8,12 kg Fibre de verre : 0,3 kg Fer : 17,5 kg Circuits intégrés : 0,4 kg Câbles électriques : 111,6 kg</p> <p>Fours micro-ondes</p> <p>Énergie : 26 130 MWh Feuilles d'acier inoxydable : 46,4 m² Plastique thermoformé : 8,2 kg Plateau de verre : 49,8 kg Magnétrons : 28,4 kg Ventilateurs : 2,8 kg Circuits intégrés : 2,8 kg Câbles électriques : 806 g</p> <p>Cuisine</p> <p>Portion de l'agrandissement : 6 %</p> |

Tableau A.2 - Produit spécifique, flux de référence et paramètres clés des critères WELL évalués (suite)

| CRITÈRE | PRODUIT SPÉCIFIQUE | PARAMÈTRES CLÉS | FLUX DE RÉFÉRENCE |
|---|---|---|--|
| V04 Support au transport actif des occupants | 18 espaces à vélo ; 54 casiers ; 2 douches ; 26 m ² de vestiaire. | <ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'occupants : 268 • Nombre d'espaces de vélo exigé par le critère : 18 • Nombre d'espaces de vélo par support : 2 • Masse d'un support à vélo : 6,35 kg • Nombre de casiers exigé par le critère : 54 • Masse d'une colonne de casier : 45,36 kg • Nombre de casiers par colonne : 2 • Nombre de douches exigé par le critère : 2 • Volume de stratifié pour les cabines de douches : 84 187 cm³ • Superficie de vestiaire : 26 m² | Support à vélo en acier : 57,2 kg Casier en acier : 1 224,7 kg Cabines de douches : 84 187 cm ³ Portion de l'agrandissement : 8 % |
| V07 Mobilier actif | 8 stations de travail actives. | <ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'occupants : 268 • Durée de vie du bâtiment : 50 ans • Nombre de tapis de course requis par le critère : 8 u. • Puissance électrique d'un tapis de course : 1 678 W • Utilisation d'un appareil : 8 h/jour, 5 jours/semaine • Volume de PVC pour la courroie : 3 672 cm³ • Masse volumique du PVC : 1,4 g/cm³ • Masse du moteur électrique : 34 kg • Volume d'aluminium pour le cadre : 12 334 cm³ • Masse volumique de l'aluminium : 2,7 g/cm³ • Volume de plastique pour le cadre : 10 338 cm³ • Densité du plastique polypropylène : 0,946 g/cm³ • Surface d'écran LCD : 45 cm² • Masse surfacique d'un écran LCD : 1,98 g/cm² • Longueur d'un câble électrique : 3,7 m • Masse d'un câble électrique : 19,35 g/m • Masse d'un circuit intégré : 0,1016 g • Volume d'acier pour les rouleaux : 1 650 cm³ | Énergie : 1 403 MWh Extrusion d'aluminium : 535 kg Rouleau en acier : 199 kg Plastique moulé : 157 kg Plateforme en MDF : 375 kg Moteur électrique : 1,35 kg Courroie en PVC : 295 kg Câble électrique : 1,15 kg Écran LCD : 5,1 kg Circuit intégré : 6 g |

Tableau A.2 - Produit spécifique, flux de référence et paramètres clés des critères WELL évalués (suite)

| CRITÈRE | PRODUIT SPÉCIFIQUE | PARAMÈTRES CLÉS | FLUX DE RÉFÉRENCE |
|---|---|---|--|
| V07 Mobilier actif (suite) | | <ul style="list-style-type: none"> • Masse volumique de l'acier : 7,5 g/cm³ • Volume de MDF pour la plateforme : 23 315 cm³ • Durée de vie du moteur : 10 ans • Durée de vie de la structure : 25 ans Durée de vie des pièces : 7 ans | |
| V08 Espace et équipement pour l'activité physique | 3 tapis de course ; 1 ensemble de poids libres ; 45,4 m ² de salle d'entraînement. | <ul style="list-style-type: none"> • Durée de vie du bâtiment : 50 ans • Nombre d'occupants : 268 Tapis de course <ul style="list-style-type: none"> • Nombre de tapis de course requis par le critère : 3 u. • Puissance électrique d'un tapis de course : 4 800 W • Utilisation d'un appareil : 4 h/jour, 5 jours/semaine • Volume de PVC pour la courroie : 3 672 cm³ • Masse volumique du PVC : 1,4 g/cm³ • Masse du moteur électrique : 34 kg • Volume d'aluminium pour le cadre : 22 390 cm³ • Masse volumique de l'aluminium : 2,7 g/cm³ • Volume de plastique pour le cadre : 13 177 cm³ • Densité du plastique polypropylène : 0,946 g/cm³ • Surface d'écran LCD : 88 cm² • Masse surfacique d'un écran LCD : 1,98 g/cm² • Longueur d'un câble électrique : 3,7 m • Masse d'un câble électrique : 19,35 g/m • Masse d'un circuit intégré : 0,1016 g • Volume d'acier pour les rouleaux : 2 042 cm³ • Masse volumique de l'acier : 7,5 g/cm³ • Volume de MDF pour la plateforme : 23 315 cm³ • Durée de vie du moteur : 10 ans • Durée de vie de la structure : 25 ans • Durée de vie des pièces : 7 ans | Tapis de course Énergie : 748,8 MWh Extrusion d'aluminium : 363 kg Rouleau en acier : 92 kg Plastique moulé : 75 kg Plateforme en MDF : 0,14 m ² Moteur électrique : 504 kg Courroie PVC : 110 kg Câble électrique : 430 g Écran LCD : 3,7 kg Circuit intégré : 2,18 g Poids libres Acier : 1 032 kg Étagères à poids libres : 129 kg Salle d'entraînement Portion de l'agrandissement : 14 % |

Tableau A.2 - Produit spécifique, flux de référence et paramètres clés des critères WELL évalués (suite)

| CRITÈRE | PRODUIT SPÉCIFIQUE | PARAMÈTRES CLÉS | FLUX DE RÉFÉRENCE |
|--|---|--|---|
| V08 Espace et équipement pour l'activité physique (suite) | | Poids libres <ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'appareils musculaires requis par le critère : 3 u. • Masse totale des poids libres : 468 kg • Masse d'une étagère à poids libres : 59 kg Salle d'entraînement Superficie de la salle d'entraînement : 45,4 m ² | |
| T04 Contrôle du confort thermique individuel | 100 % des occupants confortables. | <ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'occupants : 268 • Durée de vie du bâtiment : 50 ans • Utilisation des appareils : 8 h/jour ; 5 jours/semaine • Durée de vie d'un appareil : 3 ans • Puissance électrique d'un appareil : 750 W • Longueur de câble électrique : 1,83 m • Masse d'un câble électrique : 19,35 g/m • Nombre d'interrupteur par appareil : 2 u. • Masse d'un interrupteur : 0,6 g • Volume de plastique pour le boîtier : 233,1 cm³ • Nombre de ventilateurs par appareil : 1 u. • Masse d'un ventilateur : 100 g • Volume d'aluminium pour l'élément chauffant : 9,24 cm³ • Volume de céramique pour l'élément chauffant : 2 790 mm³ • Nombre d'éléments chauffants par appareil : 1 u. • Pourcentage d'occupant inconfortable : 10 % | Appareils d'appoint thermiques : 700 u. Énergie : 2 106 MWh |
| S05 Masquage sonore | 4 980 m ² couverts par le masquage sonore. | <ul style="list-style-type: none"> • Durée de vie du bâtiment : 50 ans • Superficie de plancher du bâtiment : 4 980 m² • Superficie couverte par le système de masquage sonore : 3 345 m² • Puissance du système : 15 W • Durée de vie du système : 10 ans • Utilisation du système : 10 h/jour ; 5 jours/semaine | Générateurs : 2 u. Émetteurs : 720 u. Câbles électriques : 9,56 kg Énergie : 3,9 MWh |

Tableau A.2 - Produit spécifique, flux de référence et paramètres clés des critères WELL évalués (suite)

| CRITÈRE | PRODUIT SPÉCIFIQUE | PARAMÈTRES CLÉS | FLUX DE RÉFÉRENCE |
|--|---|---|--|
| S05 Masquage sonore (suite) | | <ul style="list-style-type: none"> • Longueur de câble blanc fourni avec le système : 30,5 m • Longueur de câble noir fourni avec le système : 18,9 m • Masse linéaire des câbles : 19,35 g/m • Nombre d'émetteurs pouvant être connectés au générateur du système : 360 u. • Volume de plastique pour les boîtiers des émetteurs : 346 cm³ • Volume de cuivre pour les émetteurs : 12 cm³ • Volume d'acier inoxydable pour le boîtier du générateur : 202 cm³ • Surface d'écran LCD : 16 cm² • Masse surfacique d'un écran LCD : 1,98 g/cm² • Masse d'un circuit intégré : 0,1016 g | |
| M07 Espaces de relaxation | 33,8 m ² d'espace de relaxation. | <ul style="list-style-type: none"> • Superficie d'espace de relaxation requis : 33,8 m² | Portion de l'agrandissement : 10 % |
| C09 Soutien aux nouvelles mères | 1 fauteuil confortable ; 1,22 m ² de surface de comptoir ; 4,41 m ² de salle d'allaitement. | <ul style="list-style-type: none"> • Durée de vie du bâtiment : 50 ans • Volume du coussin de fauteuil : 44 352 cm³ • Superficie de coton pour la housse de coussin : 17 040 cm² • Masse volumique du coussin en polyuréthane : 30 kg/m³ • Masse volumique du coton : 30 kg/m³ • Volume de bois pour le fauteuil : 10 140 cm³ • Durée de vie d'un fauteuil : 10 ans • Volume de panneaux pour le comptoir : 149 940 cm³ • Durée de vie du comptoir : 25 ans • Superficie de salle d'allaitement requis : 4,41 m² | Fauteuil : 5 u. Comptoir : 299 880 cm ³ Portion de l'agrandissement : 1 % |
| C16 Accès communautaire et engagement | 186 m ² d'espace communautaire. | <ul style="list-style-type: none"> • Superficie d'espace communautaire requis : 186 m² | Portion de l'agrandissement : 60 % |

Tableau A.2 - Produit spécifique, flux de référence et paramètres clés des critères WELL évalués (suite)

| CRITÈRE | PRODUIT SPÉCIFIQUE | PARAMÈTRES CLÉS | FLUX DE RÉFÉRENCE |
|----------------|---|---|--|
| Agrandissement | 315,61 m ² d'agrandissement | <ul style="list-style-type: none"> • Durée de vie du bâtiment : 50 ans • Besoins énergétiques : 1 882 GJ/an • Superficie de l'agrandissement : 315,61 m² • Superficie du bâtiment de référence : 4 980 m² | Béton : 52,04 m ³ Polyéthylène : 0,02 t Gypse : 1,05 t Agrégat : 15,59 t Vitrage double : 38,63 m ² Fibres de cellulose : 0,07 t Membrane EPDM : 0,79 t Fibre de verre : 0,13 t Laine de roche : 2,84 t Contre-plaqué : 0,60 m ³ Polystyrène : 0,01 t Acier : 1,31 t Bars d'acier : 2,91 t Peinture d'alkyde à base de solvant : 49,96 L Peinture de latex à base d'eau : 54,72 L Ciment : 0,10 t Clous : 0,04 t Bois de construction : 0,23 m ³ Feuilles d'acier : 108,71 t Stuc : 2,61 t Énergie : 5 886,65 GJ |

ANNEXE 3 - SYSTÈMES DE PRODUITS DES CRITÈRES WELL ÉVALUÉS

Les systèmes de produits suivants présentent l'ensemble des processus considérés dans l'ACV de chacun des critères évalués.

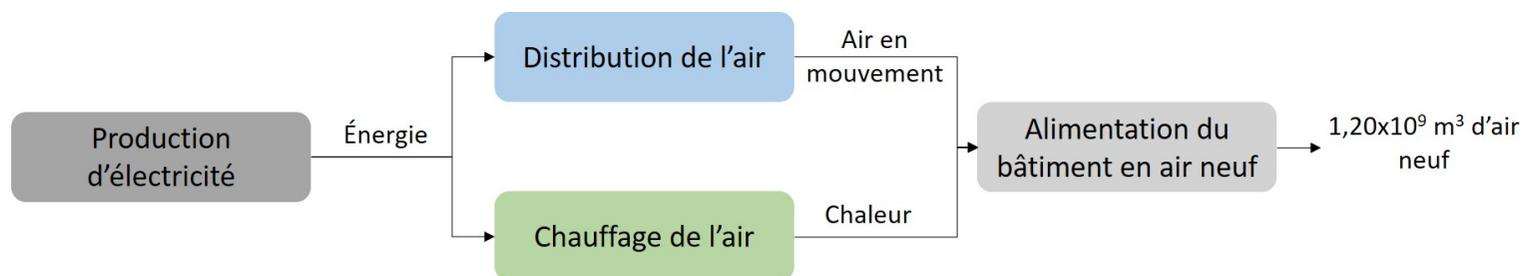


Figure A.1 - Système de produits du critère A06 : Ventilation accrue

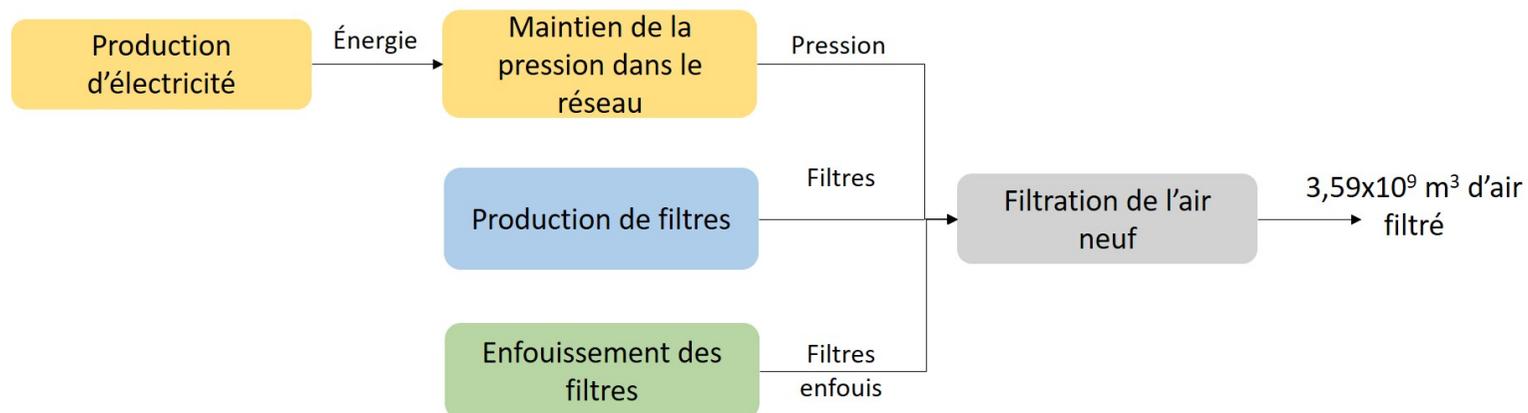


Figure A.2 - Système de produits du critère A12 : Filtration de l'air

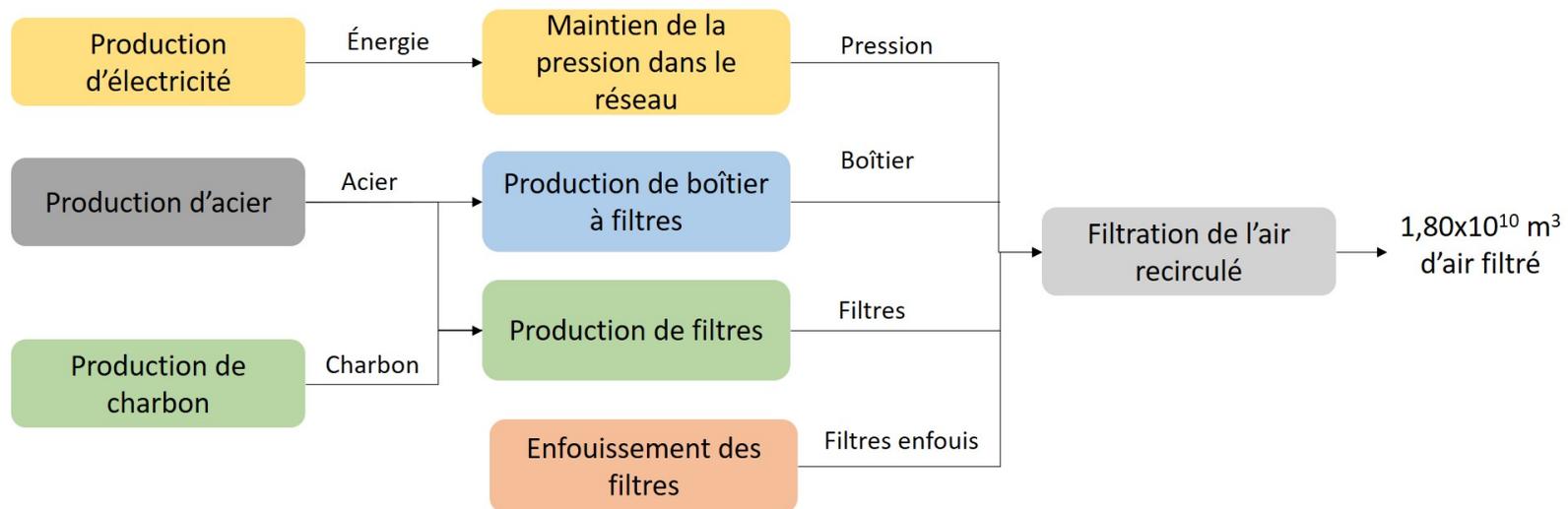


Figure A.3 - Système de produits du critère A13 : Contrôle actif des COV

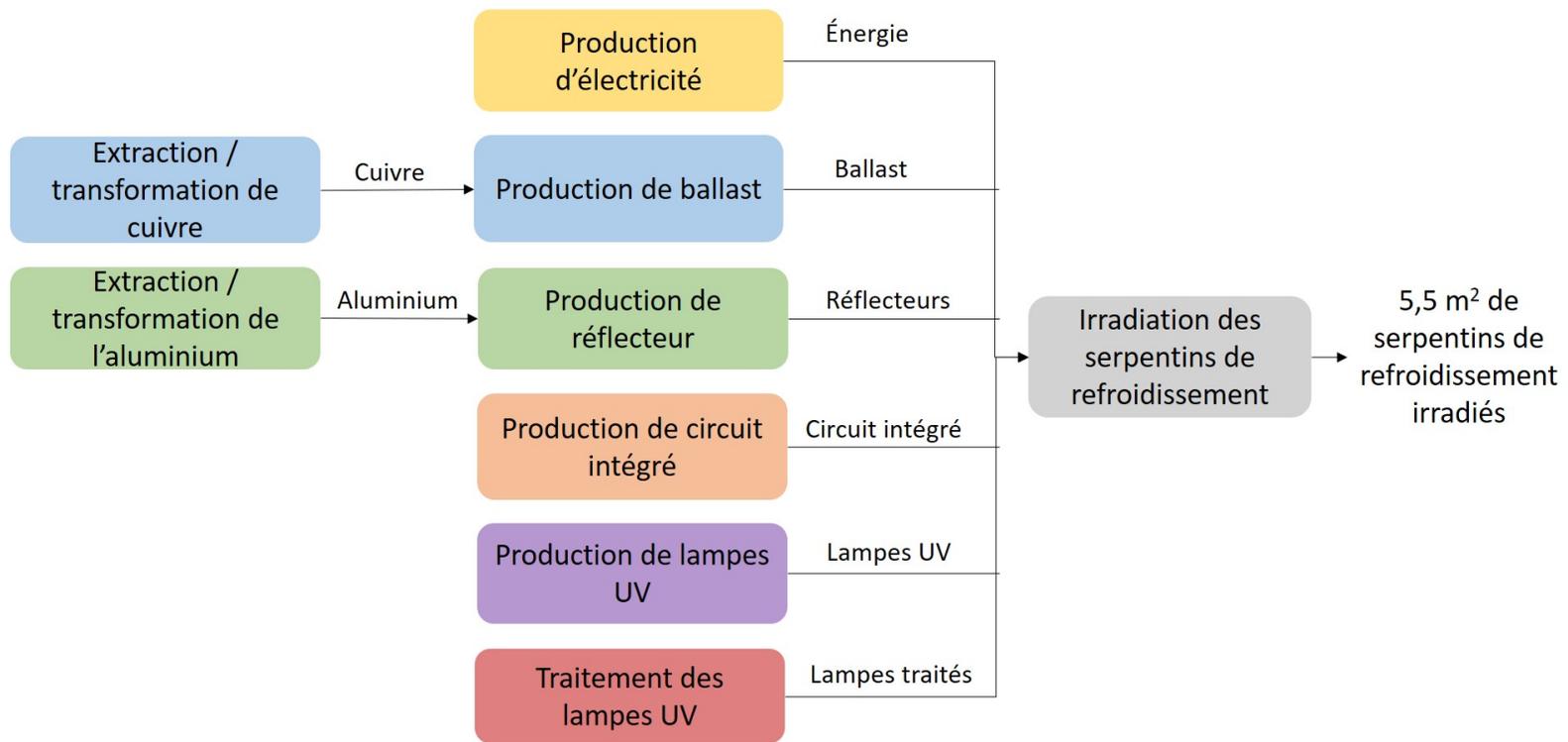


Figure A.4 - Système de produits du critère A14 : contrôle des microbes et des moisissures

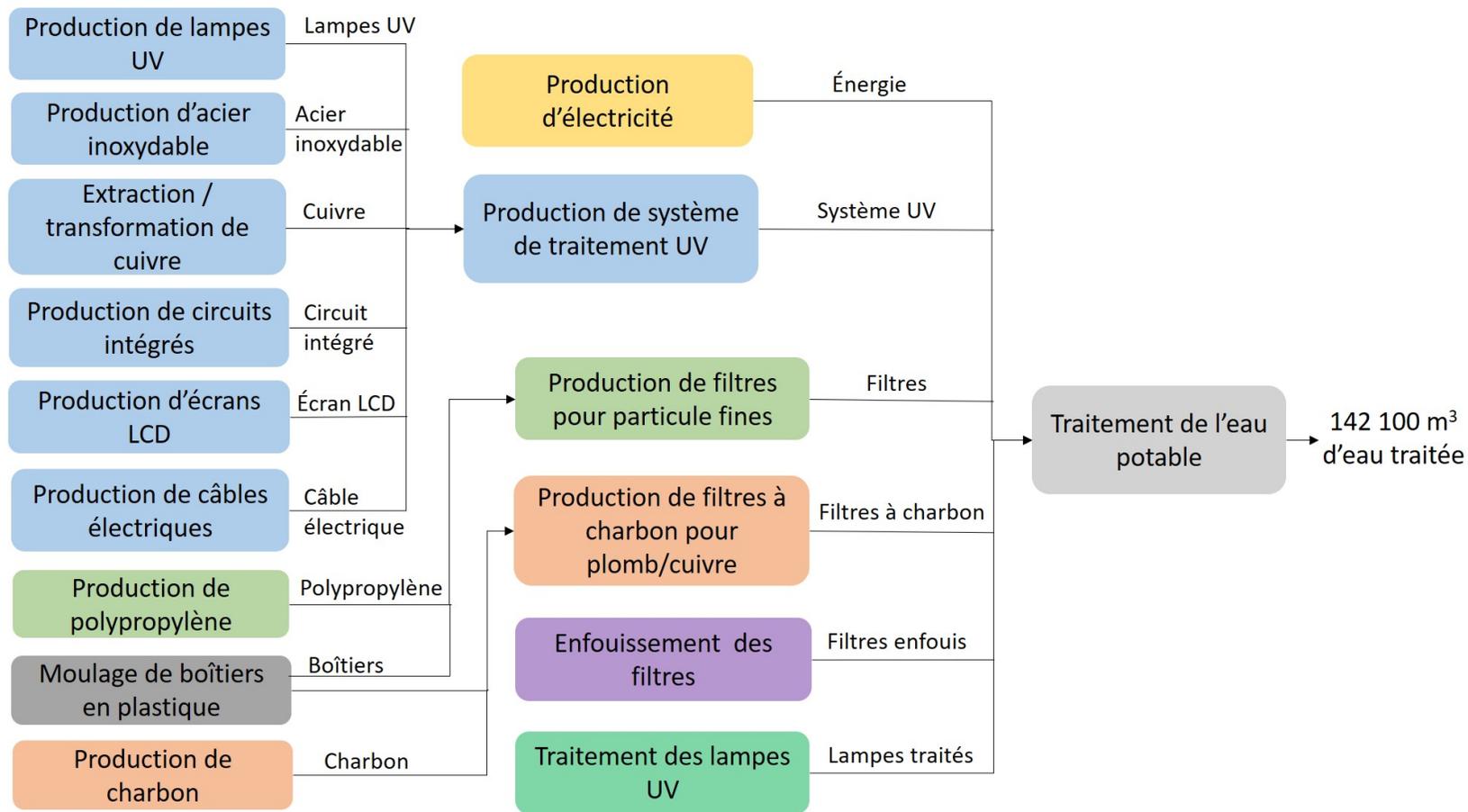


Figure A.5 - Système de produits du critère W05 : Maintien de la qualité de l'eau

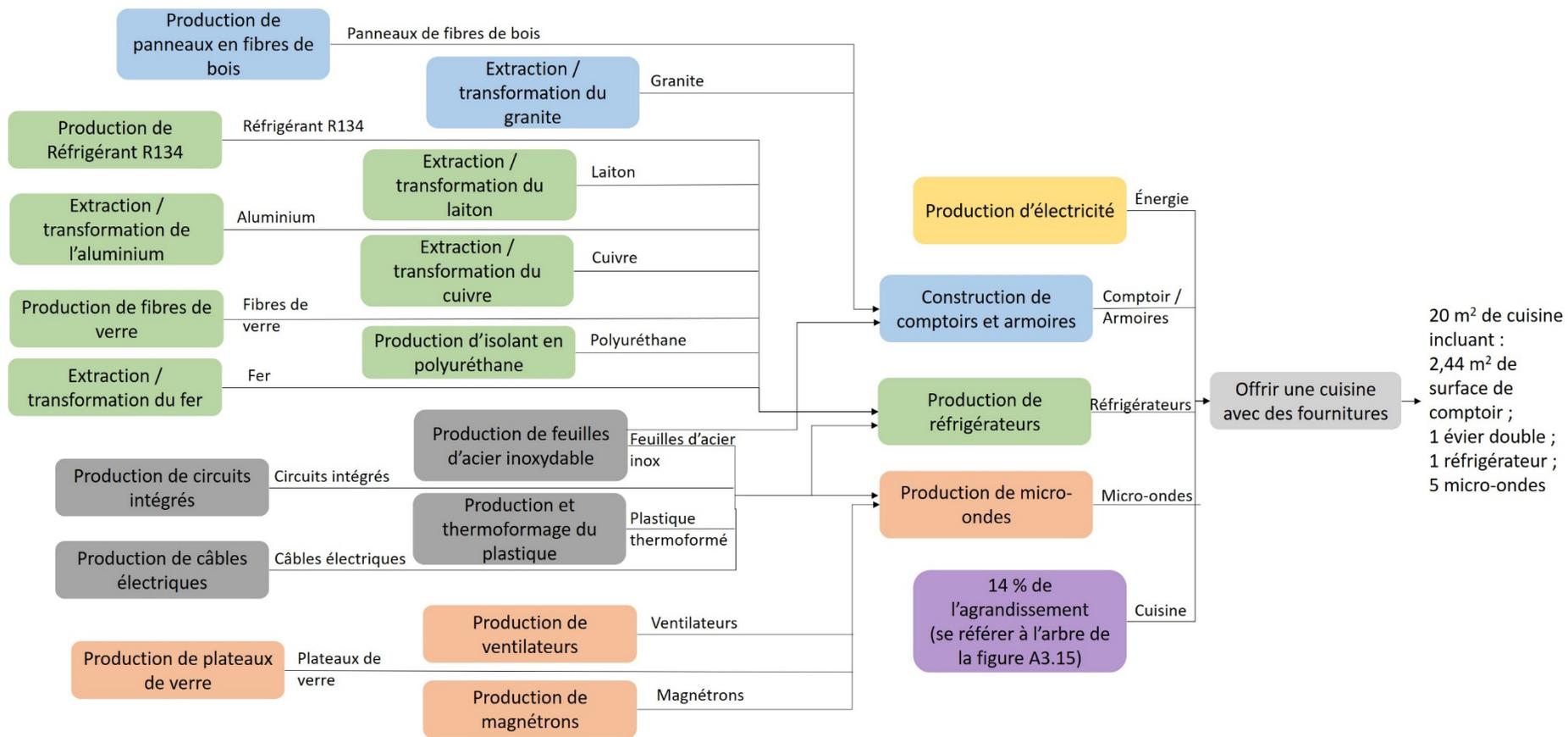


Figure A.6 - Système de produits du critère N10 : Préparation des aliments

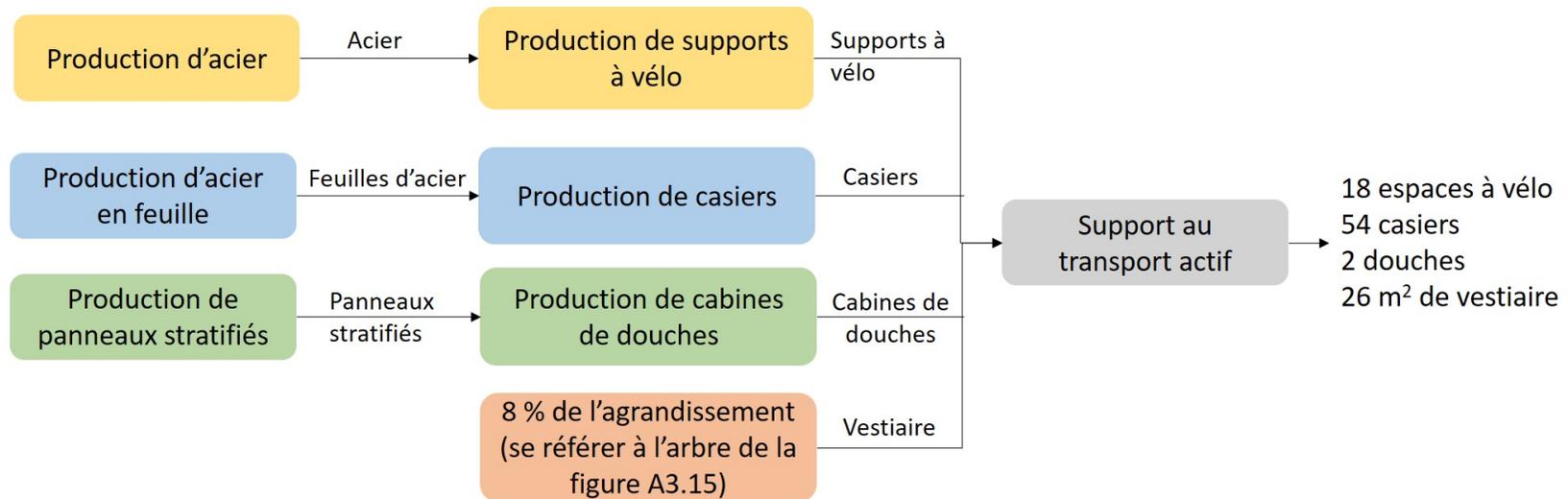


Figure A.7 - Système de produits du critère V04 : Support au transport actif des occupants

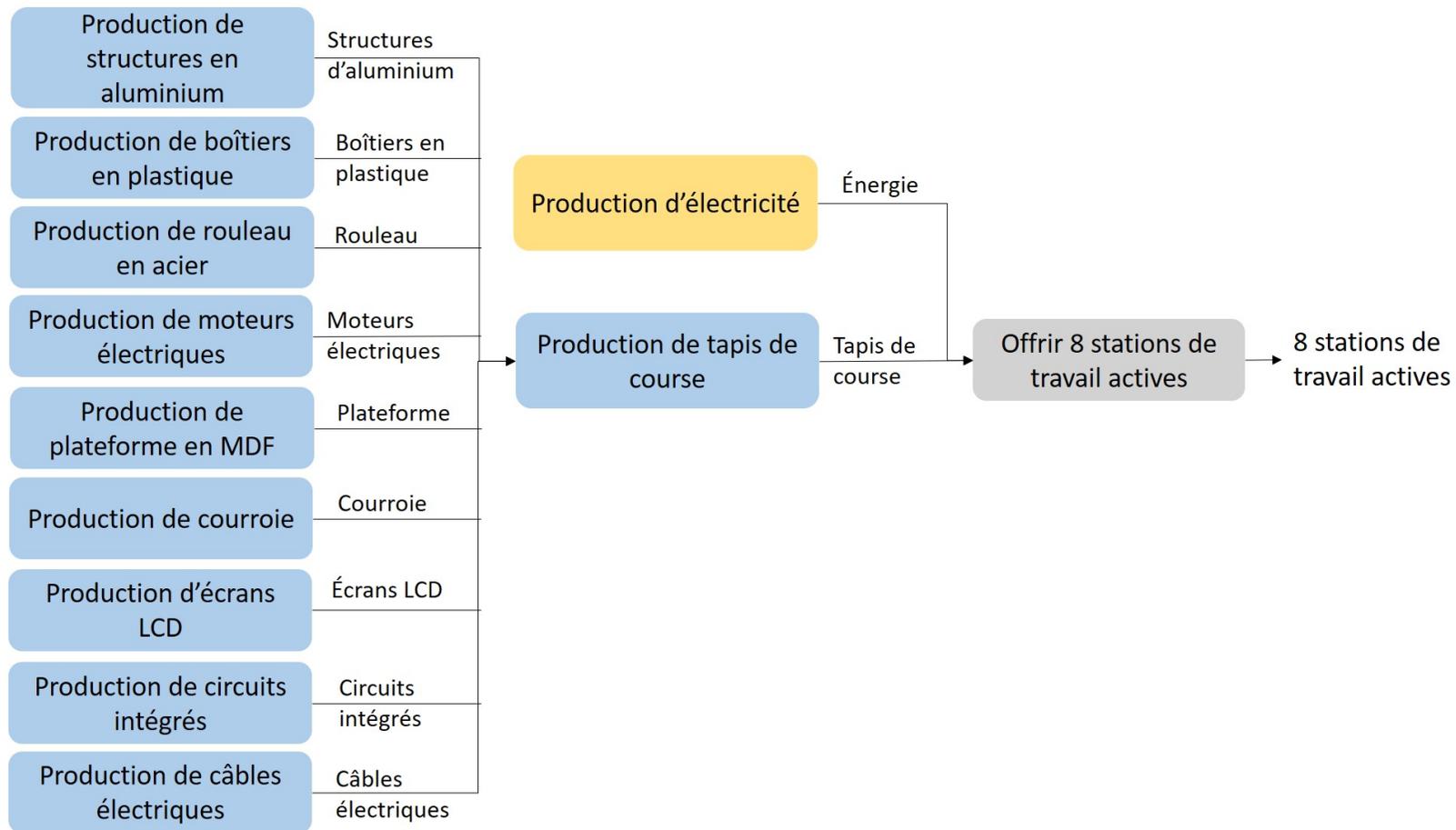


Figure A.8 - Système de produits du critère V07 : Mobilier actif

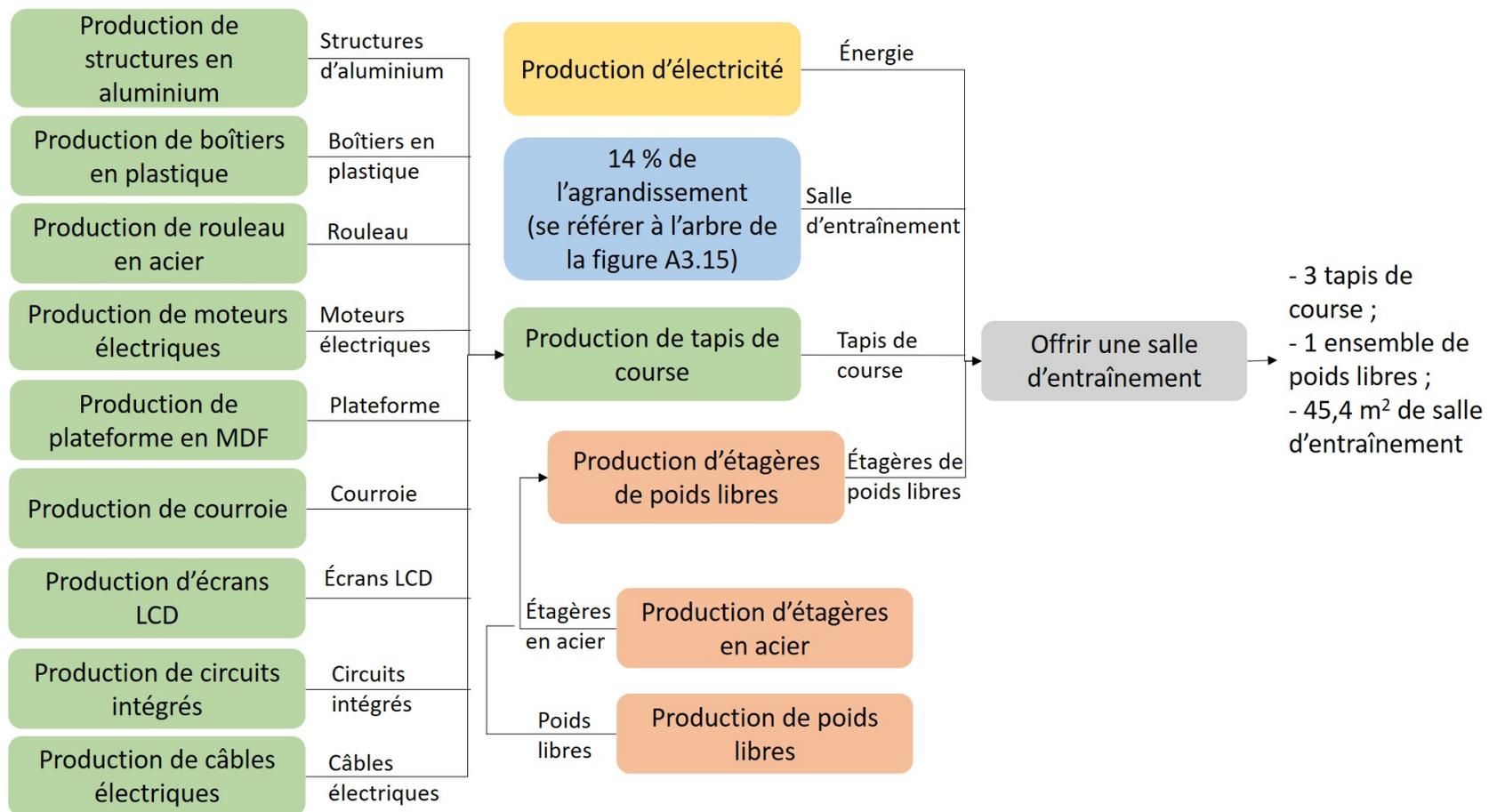


Figure A.9 - Système de produits du critère V08 : Espace et équipement pour l'activité physique

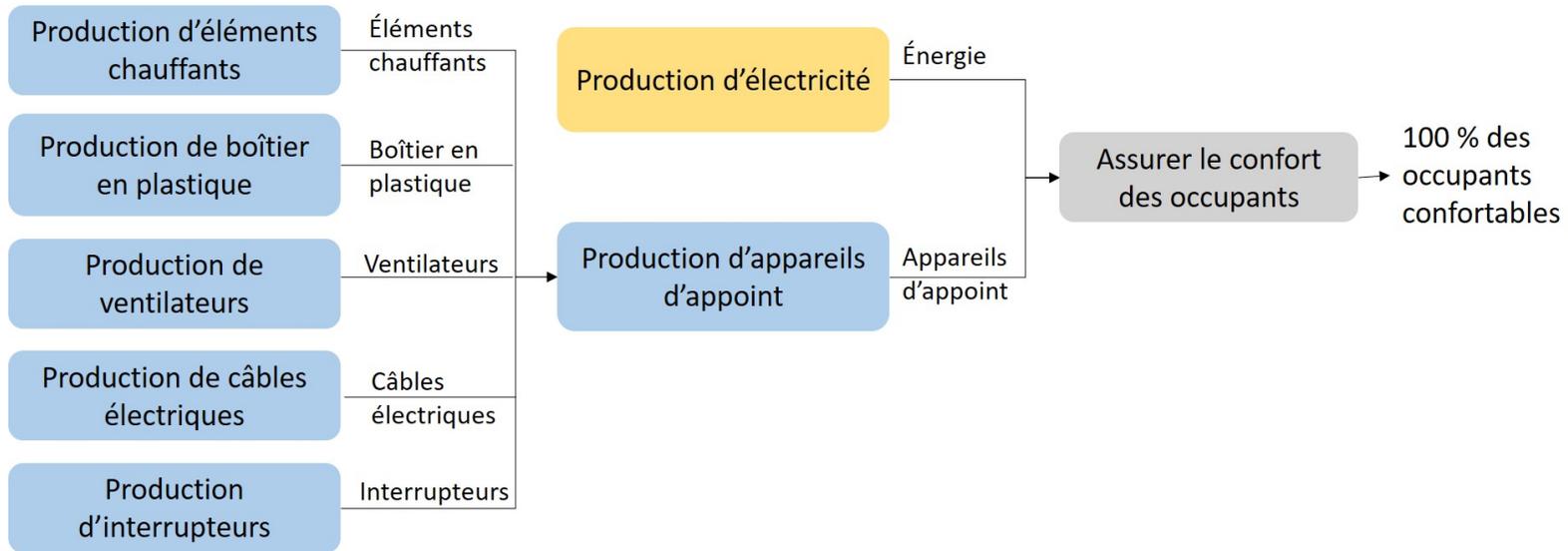


Figure A.10 - Système de produits du critère T04 : Contrôle du confort thermique individuel

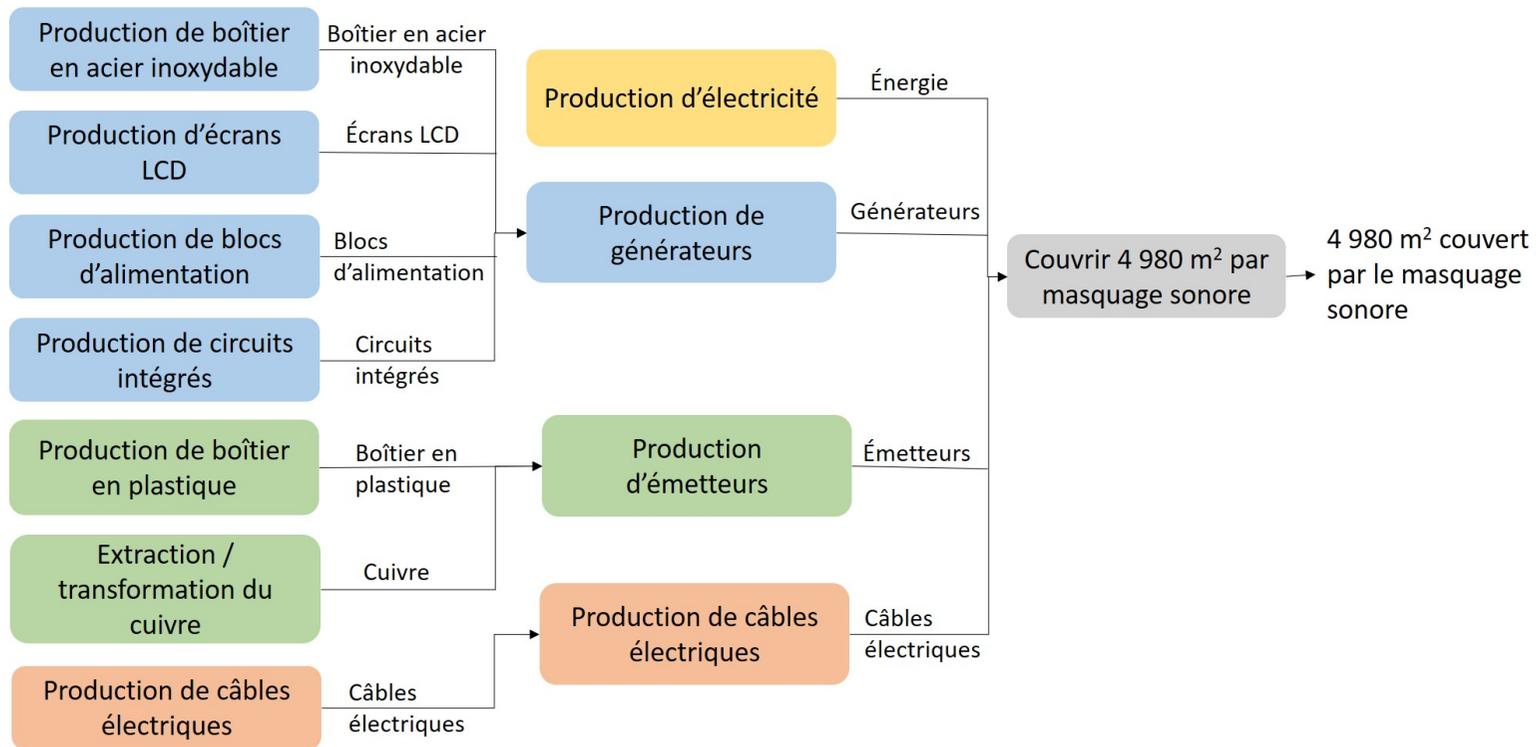


Figure A.11 - Système de produits du critère S05 : Masquage sonore

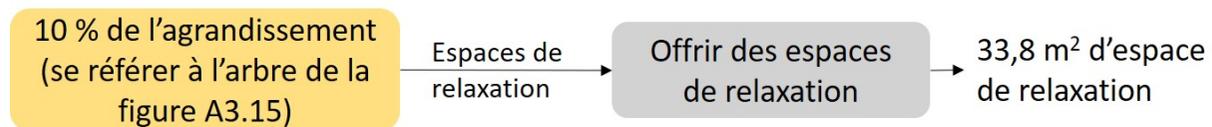


Figure A.12 - Système de produits du critère M07 : Espaces de relaxation

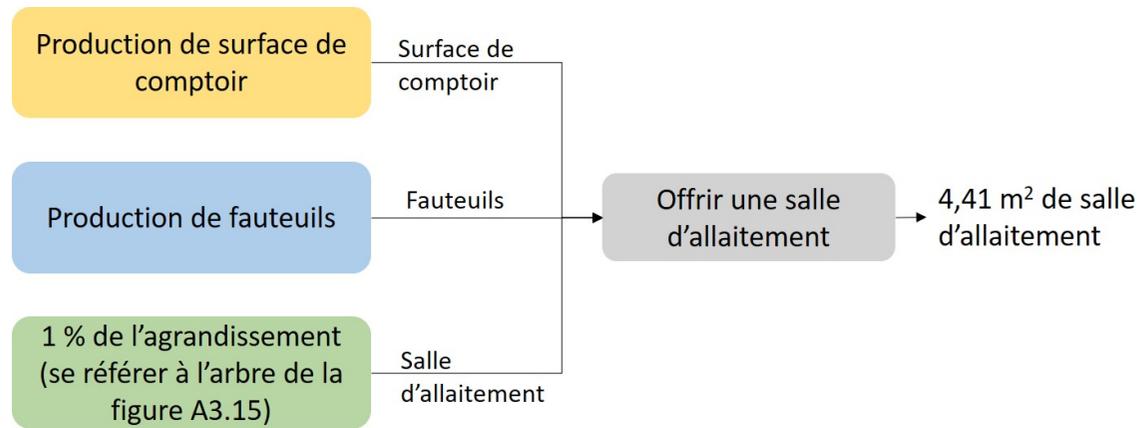


Figure A.13 - Système de produits du critère C09 : Support aux nouvelles mères

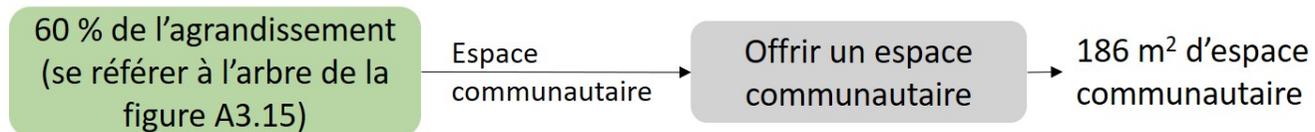


Figure A.14 - Système de produits du critère C16 : Accès communautaire et engagement

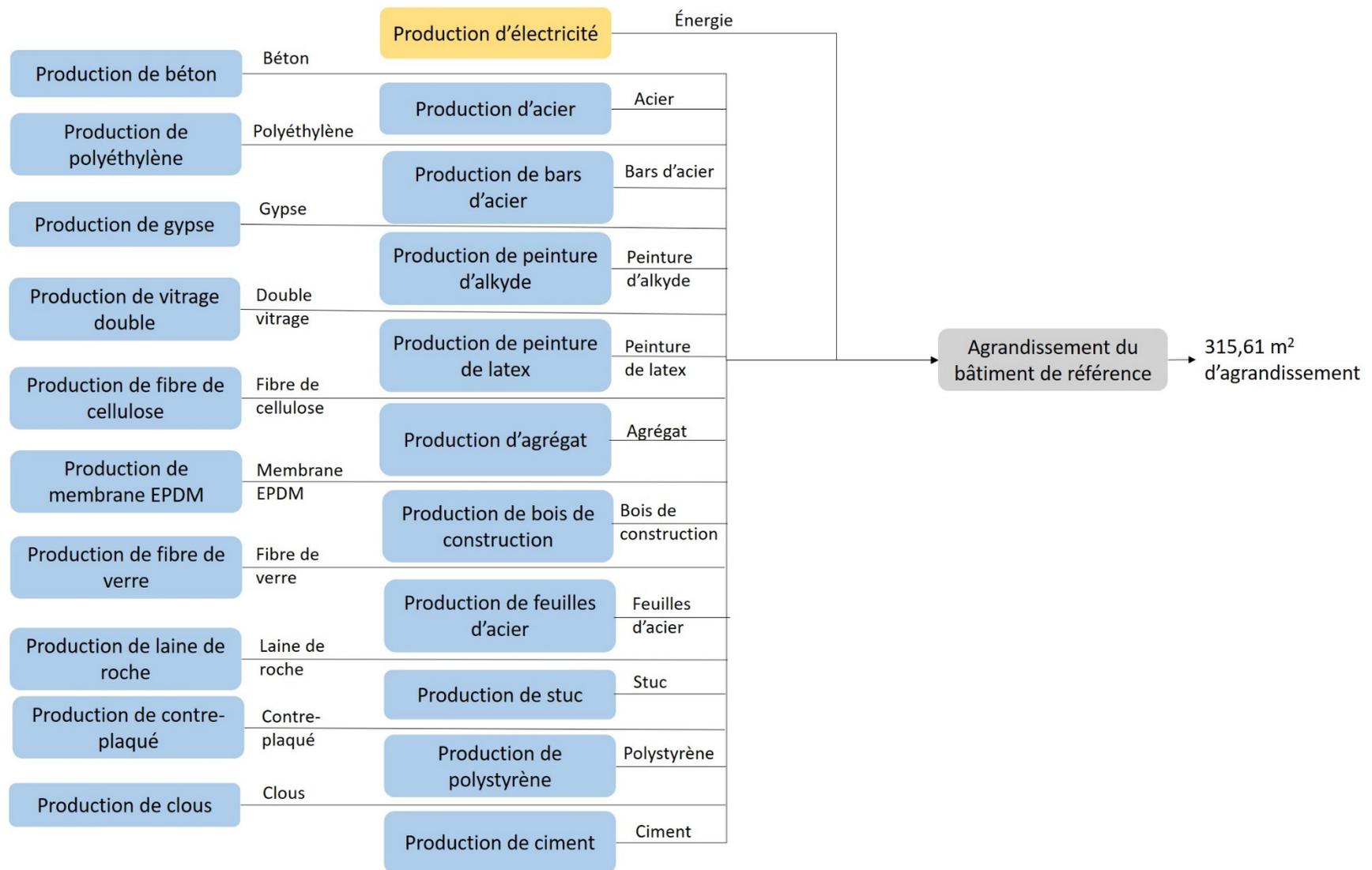


Figure A.15 - Système de produits de l'agrandissement du bâtiment de référence

ANNEXE 4 - PRINCIPALES HYPOTHÈSES POUR LA DÉFINITION DES SYSTÈMES DE PRODUITS DES CRITÈRES WELL ÉVALUÉS

Le tableau A.3 résume les principales hypothèses considérées pour la modélisation des critères évalués.

Tableau A.3 - principales hypothèses considérées pour la modélisation des critères évalués

| CRITÈRE | HYPOTHÈSES |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">A06 Ventilation accrue</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Le débit d'air neuf supérieur de 60 % à la norme ASHRAE 62.1-2010 est de 13,6 L/s. • L'efficacité de distribution d'air par déplacement d'air est de 1,2 (ASHRAE, 2010). Ainsi, 11,3 L/s par occupant serait suffisant. • La puissance moyenne du ventilateur liée à l'apport de 1 m³/h est de 0,65 Wh/m³ (energie+, s.d.a). • L'énergie associée au chauffage de l'apport de 4 559 cfm d'air neuf est de 165,4 GJ (DOE, 2018). • L'énergie associée à la climatisation de l'apport de 4 559 cfm d'air neuf est de 232,1 GJ (DOE, 2018). • Le système de ventilation fonctionne en continu et le débit d'air neuf est constant. • L'éventuel redimensionnement des installations de ventilation n'est pas considéré. • La modélisation suppose une efficacité électrique de ventilateur de 100%. |
| <p style="text-align: center;">A12 Filtration de l'air</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Le débit à filtrer correspond au débit d'air neuf exigé par la norme ASHRAE 62.1-2010 soit 8,5 L/s par occupant (2 278 L/s). • Les moyennes annuelles de particules fines 2,5 mesurées aux différentes stations météorologiques du Québec sont toutes inférieures à 16 µg/m³ (Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques [melcc], 2017). D'après le critère, un filtre avec un <i>minimum efficiency reporting value</i> (MERV) de 8 est donc suffisant. • La modélisation du filtre est basée sur le modèle DF8-10x10x2 (Dwyer, s.d.). • La durée de vie des filtres est variable et dépend de plusieurs facteurs. Les filtres de la tour de l'Université de Sherbrooke au Campus Longueuil sont changés minimalement aux 6 mois et maximalement à l'année (M. Ménard, conversation en personne, 28 mars 2019). La durée de vie considérée pour l'ACV sera donc de 9 mois. • La masse des filtres est estimée à partir des spécifications de filtres similaires (Flanders, s.d.) • Les filtres sont jetés, puis enfouis en fin de vie. • La modélisation suppose une efficacité électrique de ventilateur de 100%. |

Tableau A.3 - Principales hypothèses considérées pour la modélisation des critères évalués (suite)

| CRITÈRE | HYPOTHÈSES |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">A13 Contrôle actif des COV</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Le débit à filtrer correspond au débit d'air recirculé soit 80 % du débit d'air total (9 112 L/s). • La modélisation du critère est basé sur le modèle de boîtier CARB4V et le filtre CARB Honeycomb 2 po (International Filtration, 2016b). • L'ensemble des paramètres clés sont déterminés à partir des spécifications techniques des modèles CARB4V et CARB Honeycomb. • Le volume d'acier requis pour le boîtier et le cadre des filtres est estimé d'après les dimensions des modèles CARB4V et CARB Honeycomb. • La durée de vie minimale d'un filtre à charbon est de 1 an (International Filtration, 2016a). • La modélisation suppose que les boîtiers à filtres ont une durée de vie d'au moins 50 ans. • Les filtres sont jetés et disposés par enfouissement avec le cadre (TIGG, 2019). |
| <p style="text-align: center;">A14 Contrôle des microbes et des moisissures</p> | <ul style="list-style-type: none"> • La modélisation du critère est basée sur le modèle IL60 CoilClean de Sanuvox (2017). • D'après un devis de Sanuvox, un seul IL60 CoilClean est nécessaire pour irradier la surface de serpentins de refroidissement (Sanuvox, 2019). • La durée de vie d'un système UV correspond à la garantie du produit (15 ans) (Sanuvox, 2017). • La durée de vie d'une lampe UV est fixée à 17 000 h (Sanuvox, 2017). • Devant l'absence de données sur la composition du ballast, seule une estimation du volume de cuivre (12 cm³) est modélisée (energie+, s.d.c). • La masse d'une lampe est estimée à partir d'un modèle similaire de mêmes dimensions (Matel, 2017). • La masse du réflecteur d'aluminium est estimée à partir des dimensions de son profilé (Sanuvox, 2016). • Les composantes électroniques considérées se résument à un circuit intégré de 0,1016 g étant donné le manque d'information (<i>Microchip</i>, 2016). • La modélisation suppose que le système fonctionne en continu. • La modélisation comprend le traitement des lampes UV en fin de vie. |

Tableau A.3 - Principales hypothèses considérées pour la modélisation des critères évalués (suite)

| CRITÈRE | HYPOTHÈSES |
|--|---|
| <p style="text-align: center;">W05 Maintien de la qualité de l'eau</p> | <ul style="list-style-type: none"> • La modélisation du critère est basée sur le modèle IHS22-E4 de VIQUA (2019b). • Un seul IHS22-E4 est nécessaire pour traiter le débit d'eau du bâtiment. • La durée de vie du système (15 ans) est basée sur la garantie du IL CoilClean de Sanuvox (2017). • La modélisation suppose que le système fonctionne en continu. <p>Traitement UV</p> <ul style="list-style-type: none"> • La durée de vie d'une lampe est fixée à 9 000 h (VIQUA, 2015) • Le volume d'acier inoxydable est déterminé à partir des dimensions de la chambre UV en supposant une épaisseur de 3 mm (VIQUA, 2019b). • Devant l'absence de données sur la composition du ballast, seule une estimation du volume de cuivre (12 cm³) est modélisée (energie+, s.d.c). • La masse d'une lampe UV est estimée à partir d'un modèle similaire de mêmes dimensions (Matel, 2017). • La surface d'écran LCD est déterminée à partir des dimensions approximatives du produit (VIQUA, 2019b). • La masse surfacique de l'écran LCD est estimée à partir de spécifications techniques d'un écran LCD (Distar, s.d.). • La longueur de câble électrique est fixée à 1,5 m de façon arbitraire. • La masse linéaire du câble électrique est déterminée à partir des spécifications techniques d'un produit analogue (Belden, 2019). • Les composantes électroniques considérées se résument à un circuit intégré de 0,1016 g étant donné le manque d'information (<i>Microchip</i>, 2016). • La modélisation comprend le traitement des lampes UV en fin de vie. <p>Filtration des particules fines</p> <ul style="list-style-type: none"> • La modélisation se base sur le filtre CMB-120-HF de VIQUA (2019a). • La durée de vie d'un filtre est estimée à 6 mois (Premier, s.d.; self aquashop, s.d.). • La masse du filtre est estimée à 1,3 kg (Home Comfort Center, 2019). • Les données relatives à la perte de pression du filtre sont obtenues directement du fabricant (VIQUA, courriel, 27 mars 2019). • Les filtres sont jetés et enfouis en fin de vie. <p>Traitement du plomb et cuivre</p> <ul style="list-style-type: none"> • La masse du filtre au charbon se base sur les données du filtre à air du critère A13 (International Filtration, 2016a). • Les durées de vie des filtres et du boîtier à filtre sont considérées identiques à ceux de la filtration des particules fines. Les filtres sont jetés et enfouis en fin de vie. |

Tableau A.3 - Principales hypothèses considérées pour la modélisation des critères évalués (suite)

| CRITÈRE | HYPOTHÈSES |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">N10 Préparation des aliments</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Les masses volumiques de l'acier, le plastique et le verre sont tirées de tables (ulaval, s.d.). • Les composantes électroniques considérées se résument à un circuit intégré de 0,1016 g étant donné le manque d'information (<i>Microchip</i>, 2016). <p>Comptoir et armoires</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les armoires et comptoirs sont modélisés selon les standards dimensionnels de cuisine (Rona, 2019). • Le matériau ainsi que la durée de vie associée aux comptoirs et armoires sont tirés du modèle Bodbyn (IKEA, 2019a). • La surface de comptoir est supposée en granite et sa masse volumique est de 2 600 kg/m³ (Tri-matic, s.d.). • La modélisation de l'évier se base sur le modèle Hillesjön (IKEA, 2019b). <p>Réfrigérateur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le réfrigérateur est modélisé selon le modèle WRSA15SNHN (Whirlpool, 2019). • Les quantités d'acier inoxydable, de plastique et de polyuréthane ont été estimées à partir des dimensions du produit et des procédés de fabrication (How It's Made, 2015, 19 avril; Whirlpool, 2019) • Les matériaux pour le système de réfrigération et leur quantité sont tirés d'une ACV sur les réfrigérateurs (Horie, 2004). • La durée de vie du réfrigérateur est estimée à 13 ans (Pages Jaunes, 2019). • La longueur de câble électrique est fixée à 1,5 m de façon arbitraire. • La masse linéaire du câble électrique est déterminée à partir des spécifications techniques d'un produit analogue (Belden, 2019). • La masse volumique du polyuréthane est tirée d'une fiche technique sur l'isolant (Descamps, 2014) <p>Four micro-ondes</p> <ul style="list-style-type: none"> • La modélisation du four micro-ondes se base sur le modèle NN-SG656W (Panasonic, s.d.). • La masse d'un magnétron est estimée à partir des informations de livraison de la fiche produit (Amazon, 2019). • La durée de vie d'un four micro-ondes est estimée à 9 ans (ATD Home Inspection, 2019). • L'utilisation des four micro-ondes est estimée à 268 min par jour en supposant que 50 % des occupants les utilisent à raison de 2 min par jour. • Le nombre de four micro-ondes requis est déterminé de telle sorte que tous les usagers puissent chauffer leur plat en 1 heure. • La longueur de câble électrique est fixée à 1,5 m de façon arbitraire. • La masse linéaire du câble électrique est déterminée à partir des spécifications techniques d'un produit analogue (Belden, 2019). |

Tableau A.3 - Principales hypothèses considérées pour la modélisation des critères évalués (suite)

| CRITÈRE | HYPOTHÈSES |
|---|--|
| <p>N10 Préparation des aliments (suite)</p> | <p>Cuisine</p> <ul style="list-style-type: none"> • La superficie de cuisine est estimée de façon arbitraire à 20 m². • L'impact attribué au vestiaire est proportionnel au rapport entre la superficie de la cuisine et la superficie totale de l'agrandissement modélisé. • Le potentiel redimensionnement des installations mécaniques, dû à l'ajout de la cuisine, n'est pas considéré dans la modélisation. |
| <p>V04 Support au transport actif des occupants</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Les supports à vélo doivent fournir 5 % (14) des occupants du bâtiment et 2,5 % des visiteurs. Devant l'absence de données concernant les visiteurs, le minimum de support à vélo exigé (4) sera modélisé. C'est donc un minimum de 18 supports à vélo qui est requis. • La modélisation des supports à vélo se base sur le modèle VR-Arch (Vélo-rack, 2019). • La masse d'un support à vélo est estimée à 6,35 kg (Vélo-rack, 2017) • La modélisation suppose que les supports à vélo et les cabines de douches ont une durée de vie d'au moins 50 ans. • La modélisation des casiers se base sur le modèle 2-121872-1 ECO (Pedlex, 2010) • La masse d'une colonne de casier (2 casiers par colonne) est estimée à 45 kg (Pedlex, courriel, 26 février 2019). • La modélisation des douches se base sur les cabines cloisodouches 10 mm (Sanitec, s.d.). • La plomberie et la consommation d'eau associée aux douches ne sont pas considérées. • La superficie de vestiaire est déterminée de façon à pouvoir contenir les douches et casiers. • L'impact attribué au vestiaire est proportionnel au rapport entre la superficie du vestiaire et la superficie totale de l'agrandissement modélisé. • Le potentiel redimensionnement des installations mécaniques, dû à l'ajout du vestiaire, n'est pas considéré dans la modélisation. |

Tableau A.3 - Principales hypothèses considérées pour la modélisation des critères évalués (suite)

| CRITÈRE | HYPOTHÈSES |
|--|---|
| <p>V07 Mobilier actif</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Selon le critère, 8 stations de travail actives doivent être accessibles aux occupants. • Les stations seront rendues actives par l'ajout de tapis de course. • La modélisation des tapis de course se base sur le modèle TR1200, adapté au contexte de bureau (LifeSpan, 2019). • L'utilisation des stations actives est estimée à 8 heures par jour, 5 jours par semaine, correspondant à un horaire de travail typique. • Les dimensions et volumes de matériaux requis sont repris de celles estimées pour le critère V08 en les adaptant au modèle TR1200. • Les durées de vie correspondent également à celles utilisées pour le critère V08. • Les composantes électroniques considérées se résument à un circuit intégré de 0,1016 g étant donné le manque d'information (<i>Microchip</i>, 2016). |
| <p>V08 Espace et équipement pour l'activité physique</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Selon le critère, les appareils cardiovasculaires et musculaires doivent être en quantité suffisante pour 1 % des occupants (3 occupants). Ainsi, la modélisation comprend 3 tapis de course et une étagère de poids considéré suffisant pour 3 occupants. <p>Tapis de course</p> <ul style="list-style-type: none"> • La modélisation des tapis de course se base essentiellement sur le modèle 956i (Precor, 2019). • La longueur de la courroie est définie selon les spécifications générales maximales pour les tapis de course (Waehner, 2019). • La masse du moteur est estimée à partir du modèle DC517 (Universal Electric Motors, 2019). • Les dimensions des différentes pièces composant le tapis de course sont estimées à partir du modèle de référence ainsi que d'autres modèles similaires (How It's Made, 2015, 13 février; Life Fitness, s.d.; Precor, 2019). • Les composantes électroniques considérées se résument à un circuit intégré de 0,1016 g étant donné le manque d'information (<i>Microchip</i>, 2016). • La masse linéaire du câble électrique est déterminée à partir des spécifications techniques d'un produit analogue (Belden, 2019). • La masse surfacique de l'écran LCD est estimée à partir de spécifications techniques d'un écran LCD (Distar, s.d.). • Les masses volumiques des différents matériaux sont estimées à partir de tables (ulaval, s.d.). • La modélisation suppose l'utilisation d'un tapis de course à 4 heures par jours, 5 jours par semaine. • Les durées de vie des composantes du tapis de course correspondent à leur garantie. Elles sont tirées d'un modèle similaire qui présente les garanties les plus longues (Life Fitness, s.d.) |

Tableau A.3 - Principales hypothèses considérées pour la modélisation des critères évalués (suite)

| CRITÈRE | HYPOTHÈSES |
|--|---|
| <p>V08 Espace et équipement pour l'activité physique (suite)</p> | <p>Poids libres</p> <ul style="list-style-type: none"> • La modélisation de l'ensemble de poids libres comprend une étagère à poids ainsi que des paires de poids de 3, 5, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 lbs (Body Gym Équipements, 2019). • La durée de vie des équipements est estimée à au moins 50 ans. <p>Salle d'entraînement</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'impact attribué à la salle d'entraînement est proportionnel au rapport entre la superficie de ces espaces et la superficie totale de l'agrandissement modélisé. <p>Le potentiel redimensionnement des installations mécaniques, dû à l'ajout d'une salle d'entraînement, n'est pas considéré dans la modélisation.</p> |
| <p>T04 Contrôle du confort thermique individuel</p> | <ul style="list-style-type: none"> • La modélisation des appareils d'appoints se base sur le modèle VH5 Personal heater de Vornado (Vornado, s.d.). • Le volume de plastique nécessaire à la fabrication du boîtier est estimé à partir des dimensions fournies par le fabricant. • La durée de vie du produit correspond à sa garantie (3 ans) (Vornado, s.d.). • La puissance maximale d'utilisation est de 750 W (Vornado, s.d.). • Les volumes d'aluminium et de céramique pour l'élément chauffant ont été calculés à partir de mesures approximatives prises sur le modèle <i>Rite trempe 1500 W ceramic heater</i> (Home Depot, 2019). • La masse du ventilateur est estimée à partir des spécifications techniques d'un modèle de dimensions similaires : HAC0251S4-000U-999 (Sunon, s.d.). • La masse d'un interrupteur est estimée à partir des spécifications techniques du modèle <i>PCB Mount Miniature Toggles</i> (NKK Switches, s.d.). • La masse linéaire du câble électrique est déterminée à partir des spécifications techniques d'un produit analogue (Belden, 2019). • Le critère exige qu'il y ait autant d'appareils d'appoint à disposition que d'occupants. Toutefois, le critère T01, correspondant à un prérequis, exige le respect de la norme ASHRAE 55-2013. Cette dernière donne les directives pour le design des systèmes de chauffage et de climatisation afin qu'au moins 90 % des occupants soient confortables (ASHRAE, 2013). Seulement 10 % des occupants utiliseraient alors des appareils d'appoint. Ainsi, pour obtenir les points du critère, la modélisation considère que 268 appareils sont mis à disposition, mais que seulement 27 appareils doivent être remplacés aux 3 ans, en raison de l'utilisation réelle. |

Tableau A.3 - Principales hypothèses considérées pour la modélisation des critères évalués (suite)

| CRITÈRE | HYPOTHÈSES |
|--|--|
| <p>S05 Masquage sonore</p> | <ul style="list-style-type: none"> • La modélisation se base sur le modèle de masquage sonore QT-300 (Cambridge Sound Management, 2019). • Le système couvre une superficie de plancher de 3 345 m²; 2 modèles QT-300 sont donc requis. • La durée de vie est estimée d'après la garantie d'un modèle similaire (10 ans) (Speech Privacy Systems, 2019). • Le générateur comprend un écran LCD, un circuit intégré et un bloc d'alimentation. • La modélisation des câbles se base sur les spécifications de câbles CAT 3 (Belden, 2019). • La modélisation suppose que les câbles électriques ont une durée de vie d'au moins 50 ans. • La modélisation des émetteurs se base sur le modèle Qt Emitter (Cambridge Sound Management, 2016). • Le maximum d'émetteurs pouvant être connectés (360) est considéré dans la modélisation. • Les émetteurs sont essentiellement composés de plastiques et de cuivre (12 cm³). • L'utilisation du système se fait sur les heures de travail soit environ 10 h/jour, 5 jours/semaine. • Les composantes électroniques considérées se résument à un circuit intégré de 0,1016 g étant donné le manque d'information (<i>Microchip</i>, 2016). |
| <p>M07 Espaces de relaxation</p> | <ul style="list-style-type: none"> • L'impact attribué aux espaces de relaxation est proportionnel au rapport entre la superficie de ces espaces et la superficie totale de l'agrandissement modélisé. • Le potentiel redimensionnement des installations mécaniques, dû à l'ajout des espaces de relaxation, n'est pas considéré dans la modélisation. |
| <p>C09 Soutien aux nouvelles mères</p> | <ul style="list-style-type: none"> • La modélisation du fauteuil se base sur le modèle POÄNG (IKEA, 2019d). • Les volumes de coussin, de tissu et de bois nécessaire à la fabrication de la chaise sont estimés à partir des spécifications fournis par le fabricant ainsi que des mesures approximatives de la chaise. • La durée de vie du fauteuil est estimée à 10 ans selon la garantie du produit (IKEA, 2019d). • La masse volumique du coton est estimée à 35 kg/m³ (<i>Quelle est la masse volumique du coton ?</i>, s.d.) • La modélisation du comptoir est largement inspirée des surfaces proposées par IKEA (2019c). • La durée de vie du comptoir est estimée à 25 ans selon la garantie du produit (IKEA, 2019c). • L'impact attribué à la salle d'allaitement est proportionnel au rapport entre la superficie de cette salle et la superficie totale de l'agrandissement modélisé. • Le potentiel redimensionnement des installations mécaniques, dû à l'ajout de la salle d'allaitement, n'est pas considéré dans la modélisation. |

Tableau A.3 - Principales hypothèses considérées pour la modélisation des critères évalués (suite)

| CRITÈRE | HYPOTHÈSES |
|--|---|
| <p style="text-align: center;">C16 Accès communautaire et engagement</p> | <ul style="list-style-type: none"> • L'impact attribué à l'espace communautaire est proportionnel au rapport entre la superficie de cette espace et la superficie totale de l'agrandissement modélisé. • Le potentiel redimensionnement des installations mécaniques, dû à l'ajout de l'espace communautaire, n'est pas considéré dans la modélisation. |
| <p style="text-align: center;">Agrandissement</p> | <ul style="list-style-type: none"> • La consommation énergétique de l'agrandissement est estimée à partir des besoins énergétiques du bâtiment de référence selon le rapport de superficie (DOE, 2018). • L'agrandissement se fait par une extension du bâtiment de 3,12 m sur les 3 étages. • La fondation est modélisée en béton selon les dimensions suivantes : 3,12 x 33,3 x 0,3 m. • La construction des murs suit l'enchaînement suivant : structure de murs en acier (2X4 16IN OC), 0.4 in de stuc, 5/8 in de panneaux de gypse, isolant 5/8 in (DOE, 2018). • La modélisation du toit comprend une membrane, un isolant et une plateforme en acier (DOE, 2018). • Une porte additionnelle est modélisée. • Les fenêtres sont modélisées en continuité de celles existantes. |

ANNEXE 5 - PARAMÈTRES DE LA MODÉLISATION DE L'AGRANDISSEMENT

Les figures ci-dessous illustrent les paramètres sélectionnés pour la modélisation de l'agrandissement dans Athena.

Modify Project

Project

Athena Impact Estimator for Buildings

Project Name
Agrandissement

Project Location
Montreal

Building Type
Office Rental

Building Life Expectancy
50 Years

Building Height (ft)
39

Units
 SI Imperial

Gross Floor Area (ft²)
56988

Synchronize Assembly Display Units

Project Number
[Empty]

Project Description (CTRL + Enter for new line)
[Empty]

Operating Energy Consumption

Help Duplicate Delete OK Cancel

Figure A.16 - Paramètres généraux du projet

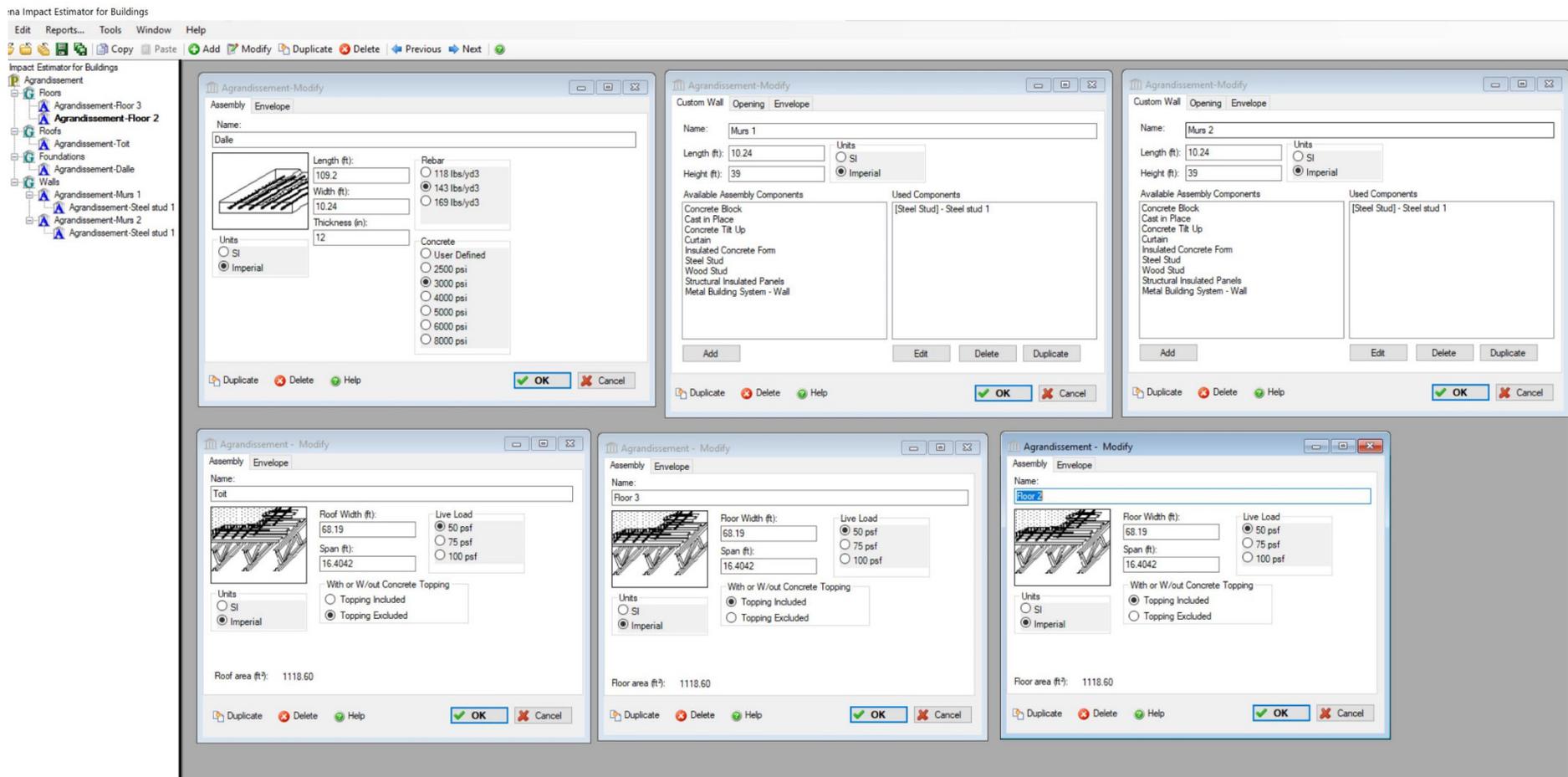


Figure A.17 - Paramètres des différents assemblages

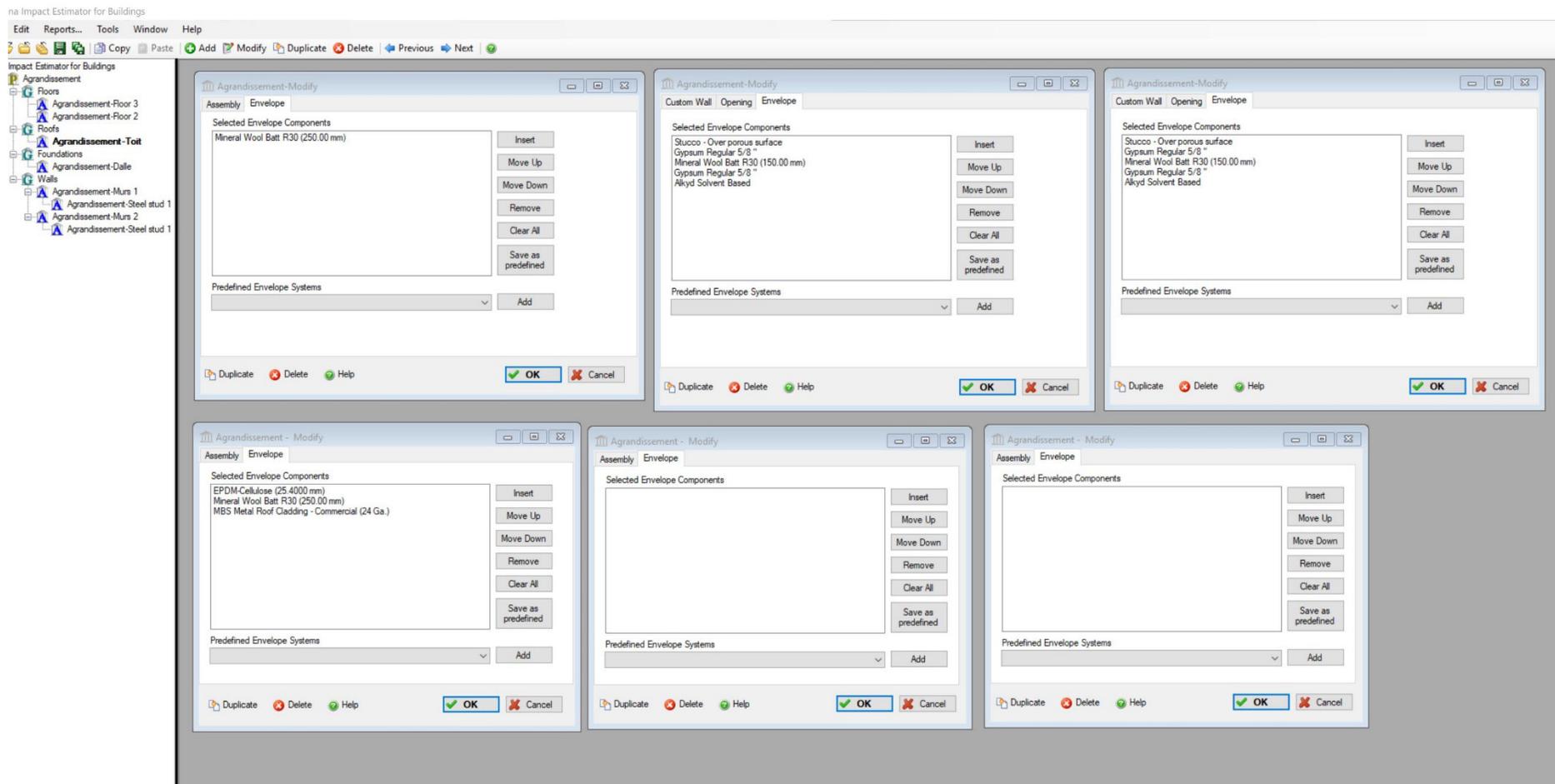


Figure A.17 - Paramètres des différents assemblages (suite)

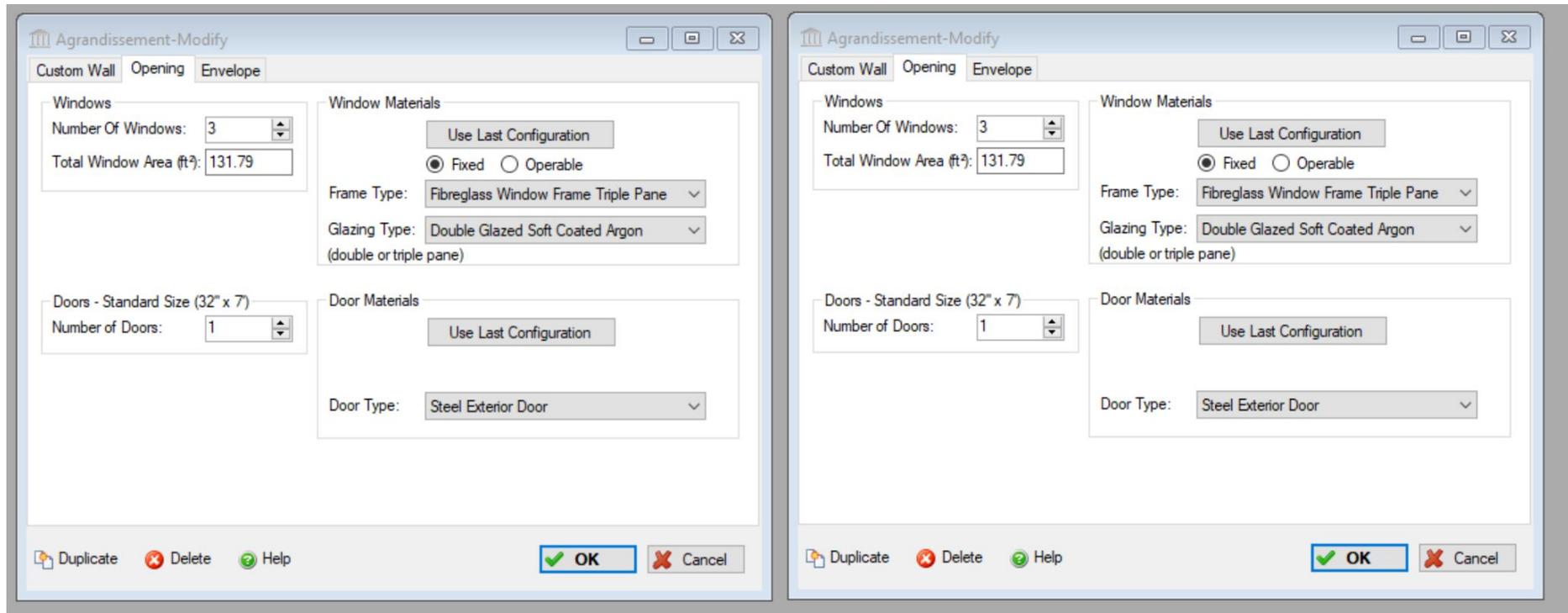


Figure A.17 - Paramètres des différents assemblages (suite)

ANNEXE 6 - CLASSEMENT DES CRITÈRES WELL SELON LEUR NIVEAU DE BIENFAITS HUMAINS

Les figures ci-dessous illustrent les niveaux de bienfaits humains de l'ensemble des critères WELL à l'exception de ceux dont le niveau n'a pu être déterminé.

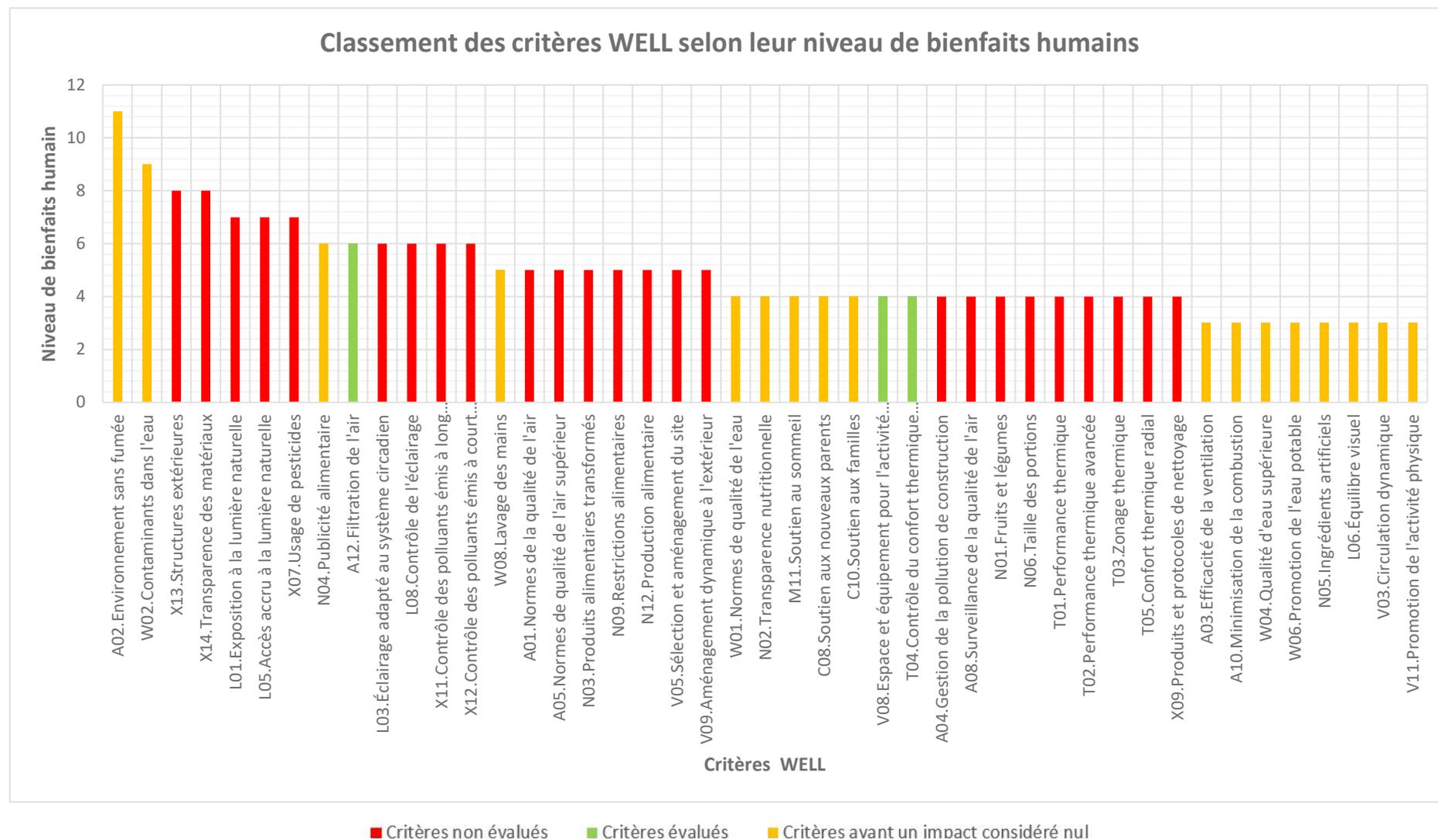


Figure A.18 - Classement des critères WELL selon leur niveau de bienfaits humains

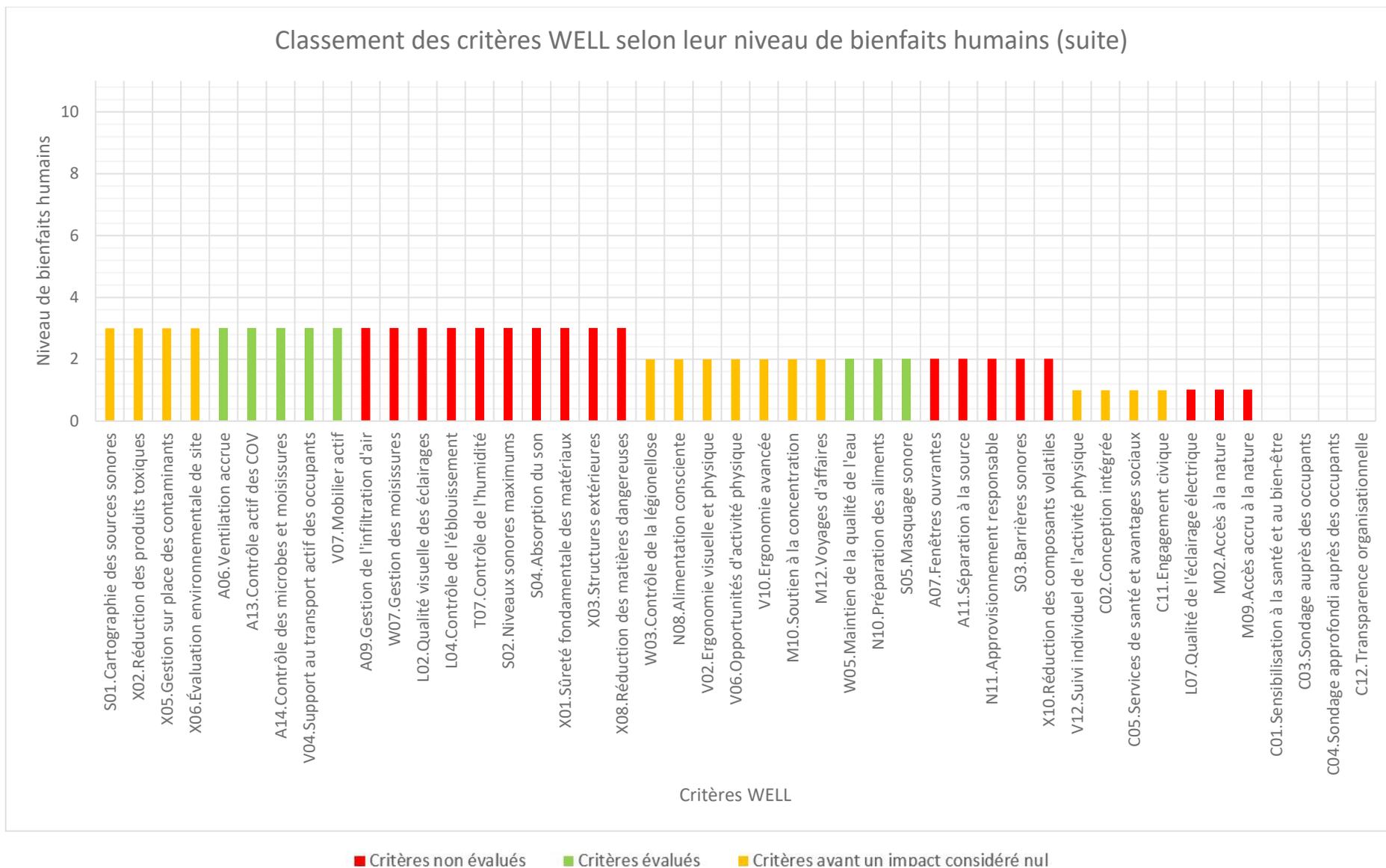


Figure A.18 - Classement des critères WELL selon leur niveau de bienfaits humains (suite)