



Gronskar, l'immeuble suédois choisi pour comparer les labels internationaux de haute qualité environnementale

Les outils de mesure de la durabilité des bâtiments

Comparaison transnationale

Marita Wallhagen
Mauritz Glaumann
Ulla Westerberg

Les outils d'évaluation environnementale des bâtiments ont vu le jour pour permettre l'évaluation objective de l'utilisation des ressources, des contraintes écologiques et des qualités environnementales intérieures (Cole, 2005). De nombreux efforts ont été déployés pour développer un outil qui prévoit, calcule et estime une ou plusieurs caractéristiques de performance environnementale d'un bâtiment. Ces outils présentent différentes manières de définir les critères d'un bâtiment « durable ». Ils rassemblent un grand nombre de questions liées à l'environnement et procèdent à leur agrégation pour obtenir un aperçu général de la situation. Les enjeux visés par les outils de manière directe ou indirecte pourraient influencer les politiques de construction durable et les pratiques de conception et de construction. Les méthodes d'évaluation jouent différents rôles : comprendre l'impact des bâtiments sur les systèmes naturels, faire la promotion des bâtiments « durables », définir ce qu'est la dimension durable (Cole, 2005), soutenir les décideurs politiques et assurer la fonction d'un outil de *management* environnemental, essentiellement dans le cadre de projets architecturaux. L'image véhiculée par ces outils auprès des utilisateurs influence la conception « durable » des bâtiments. Cela contribue à donner le ton, au même titre que les revues spécialisées et les moyens de communication de masse (Gluch, Stenberg, 2006).

Les outils d'évaluation environnementale comportent un certain nombre d'indicateurs et de critères. Certains intègrent une méthodologie d'analyse du cycle de vie (ACV) (Assefa *et al.*, 2007). Le choix des indicateurs, les échelles de mesures et les critères de classification et d'agrégation sont très importants pour les résultats de l'évaluation. Cependant, les descriptions de ces outils présentent rarement le principe de ces choix, qui sont toujours équilibrés entre les enjeux théoriques et pratiques (Malmqvist, Glaumann, 2006). Le manque d'une approche théorique et systématique et le mélange de différents types d'indicateurs rendent difficiles les comparaisons et l'interprétation de la valeur finale obtenue en termes d'impact environnemental.

Trois outils d'évaluation environnementale très différents ont été sélectionnés. Ces outils ont été comparés pour un nombre limité d'enjeux, à savoir : leur *objectif*, leur *contenu* et leur méthode d'*agrégation*. Ils ont été appliqués à un nouvel immeuble d'habitation de plusieurs étages pour illustrer les différences entre ces outils.

Les outils choisis pour cette comparaison sont LEED®-NC (Leadership in Energy and Environmental Design – Nouvelles Constructions) version 2.2, (USBC, 2005), Code for Sustainable Homes (DCLG, 2007) et EcoEffect (Assefa *et al.*, 2007). Les différences entre les outils sont nombreuses selon le pays dans lesquels ils ont été développés, le type d'habitation pour lequel ils l'ont été, la méthodologie qu'ils utilisent et la manière de les utiliser. Les deux premiers outils sont de renommée internationale et bien documentés. EcoEffect a été choisi car c'est celui pour lequel nous avons la plus grande expérience.

Présentation des trois méthodes d'évaluation

LEED a été développé par l'U.S. Green Building Council (USGBC) dans le but d'arriver à une conception « verte ». L'USGBC met en avant que « la conception verte n'implique pas seulement un impact positif sur la santé publique et l'environnement, mais elle permet également de réduire les coûts de fonctionnement, d'améliorer la valeur commerciale du bâtiment et de l'organisation, d'augmenter éventuellement la productivité des occupants et de favoriser la création d'une communauté durable » (USGBC, 2005). L'USGBC (2005) assure que LEED est « fondé sur un consensus, régi par le marché et repose sur des principes approuvés sur l'énergie et l'environnement, équilibrant les pratiques établies et les concepts émergents.

CSH est le premier outil de ce type à devenir un label (DCLG, 2008). Il s'agit d'un développement du modèle EcoHomes© du Building Research Establishment britannique. « L'adoption du Code vise à encourager l'amélioration continue des immeubles d'habitation durables. » Ce code de la construction durable semble avoir été possible grâce à la volonté du gouvernement d'agir sur le changement climatique et à la grande expérience du BRE en matière d'actions volontaires dans ce domaine.

EcoEffect est un outil d'évaluation développé par un groupe de chercheurs suédois. Leur tâche consistait à développer une méthode d'évaluation environnementale globale et non un système national de classification. L'objectif formulé était double : « 1) décrire de manière quantitative l'impact de l'immobilier et des constructions sur l'environnement et la santé ; 2) fournir une base de comparaison et de prise de décisions nécessaires pour réduire l'impact environnemental. Cette méthode vise en premier lieu les décideurs au niveau de la planification, de la conception et de la gestion de l'environnement construit » (Glaumann, Malmqvist, Westerberg, 2005).

LEED est facultatif et très attentif au marché. CSH implique les autorités et tend à intégrer l'évaluation environnementale dans

le code de la construction. EcoEffect n'est ni commercial, à l'image de LEED, ni institutionnalisé comme CSH.

Des contenus différents

Tous les outils ont en commun les domaines de l'énergie, des matériaux et de l'environnement intérieur mais leur contenu est très différent. Outre les différents enjeux de l'évaluation liés à ces domaines principaux, LEED donne des points pour les aspects suivants : l'eau, l'innovation dans la conception et les chantiers. CSH traite également de manière spécifique l'eau, les déchets, la gestion et l'écologie. EcoEffect comprend aussi l'évaluation du chantier et le calcul du coût du cycle de vie. Les outils mesurent également ces enjeux de manière différente.

Pour pouvoir les comparer, nous avons classé les critères et indicateurs similaires selon des domaines communs. Seuls les enjeux faisant partie des domaines principaux sont présentés dans ce document.

Environ 25% des évaluations de tous les outils sont dédiés à l'énergie. LEED évalue les performances énergé-

Enjeux évalués et notes ou échelles disponibles dans le domaine énergie

| | ENJEU EVALUE | LEED | CSH | EcoEffect |
|--------------------------|--|----------|-----------|-----------|
| Utilisation de l'énergie | Performance énergétique minimale | Oblig. | | |
| | Optimisation des performances énergétiques /Économies sur les coûts de l'énergie | 10 | | |
| Type d'énergie | Énergie renouvelable sur place | 3 | | |
| | Électricité verte | 1 | | |
| | Épuisement des ressources | | | Calculé |
| Émissions | Technologies à émissions de carbone faibles ou nulles | | 2 | |
| | Taux d'émission des logements (CO2) | | 15/Oblig. | |
| | Emissions issues de l'utilisation de l'énergie | | | Calculé |
| Solutions techniques | Éclairage intérieur | | 2 | |
| | Buanderie | | 1 | |
| | Biens électroménagers durables labellisés | | 2 | |
| | Éclairage extérieur | | 2 | |
| | Pièce faisant office de bureau | 1/Oblig. | 1 | |
| | Enveloppe du bâtiment (déperdition de chaleur) | 1 | 2 | |
| | Local à vélos | | 2 | |
| | Mise en service des systèmes énergétiques du bâtiment | | | |
| | Mesure et vérification | | | |
| Gestion | Notes disponibles pour ce domaine | 15 | 29 | |
| | Pourcentage dans toutes les notes disponibles | 28% | 25% | |

tiques, l'énergie renouvelable et la gestion. CSH évalue les émissions de CO₂ dues à l'utilisation de l'énergie et des solutions techniques spécifiques d'économies d'énergie. EcoEffect considère uniquement l'aspect néfaste de l'utilisation de l'énergie, évaluant les émissions négatives associées et l'épuisement des ressources. EcoEffect utilise ainsi une échelle linéaire sans maximum défini, qui peut difficilement être convertie en note. Une autre différence entre les outils montre que CSH évalue également la performance énergétique des biens électroménagers.

L'environnement intérieur

LEED couvre la qualité de l'air, le confort thermique, la lumière du jour, mais pas le bruit, ce qui est surprenant. Le label CSH prend en compte, le bruit, la lumière du jour, l'intimité, « l'adaptation à tous les âges de la vie », le « Guide de l'habitant », analysé en termes d'accessibilité, d'adaptabilité et de qualité de l'information. EcoEffect évalue la qualité de l'air, le confort thermique, le bruit, l'accès au soleil et la lumière du jour, le radon, la légionel-

lose et les champs électriques et magnétiques. EcoEffect dispose d'une échelle inversée, c'est-à-dire que les notes traduisent ici un risque de gêne.

Les matériaux et les déchets

LEED est beaucoup plus axé sur la réutilisation et le recyclage. En général, les points sont accordés pour la réutilisation et le recyclage sans prendre en compte le fait que la réduction de l'impact environnemental change selon les matériaux (par exemple entre la récupération de l'aluminium et du bois). LEED traite également d'autres enjeux comme les déchets ménagers, les matériaux locaux et les matériaux rapidement renouvelables.

CSH s'attache à l'impact environnemental de la production des matériaux de construction et de l'approvisionnement responsable en ressources mais il couvre également les déchets ménagers. Les matériaux représentent environ 1/3 de tous les enjeux évalués par CSH, ce qui correspond à 1/5 pour LEED. Concernant les matériaux, EcoEffect évalue les impacts environnementaux négatifs dès la phase de

Enjeux évalués et notes ou échelles disponibles pour l'environnement intérieur

| | ENJEU EVALUE | LEED | CSH | EcoEffect |
|---------------------|--|------------|------------|-------------|
| Qualité de l'air | Qualité de l'air en général | | | 0-3 |
| | Performance QAI minimale | Oblig. | | |
| | Contrôle de la fumée de tabac ambiante (FTA) | Oblig. | | |
| | Suivi de l'apport en air extérieur | 1 | | |
| | Ventilation renforcée | 1 | | |
| | Matériaux à faibles émissions | 4 | | |
| | Radon | | | Évalué |
| Confort thermique | Conception et Vérification | 2 | | |
| | Confort thermique en général | | | 0-3 |
| Bruit | Isolation phonique/Bruit | | 4 | 0-3 |
| Lumière du jour | Éclairage naturel, visibilité et lumière du soleil | 2 | 3 | 0-3 |
| Autre | Environnement électrique | | | 0-3 |
| | Espace privé | | 1 | |
| | Logements adaptés à tous les âges de la vie | | 4 | |
| | Légionellose | | | Évalué |
| Gestion et Contrôle | Plan de gestion de la QAI des bâtiments | 2 | | |
| | Contrôle de l'éclairage et du confort thermique | 2 | | |
| | Contrôle des sources intérieures de pollution | 1 | | |
| | Guide de l'habitant | | 3 | |
| | Notes disponibles pour ce domaine | 15 | 15 | 0-15 |
| | Pourcentage dans toutes les notes disponibles | 22% | 16% | |

production des matériaux de construction utilisés. La réutilisation et le recyclage sont récompensés par la diminution des émissions dues au traitement et à l'épuisement des ressources.

LEED n'aborde pas les substances dangereuses. Pour CSH et EcoEffect, les émissions les plus toxiques issues des matériaux et de leurs productions sont traitées par la valeur globale de concassage (ACV) de ces matériaux. Ainsi, aucun de ces outils n'évalue le problème des substances dangereuses. Pourtant, les substances dangereuses sont l'un des sujets les plus présents en matière « d'impact environnemental » dans le secteur de la construction en Suède (Comité consultatif suédois pour l'environnement, 2000; Ecocycle, 2007). Le travail de la Suède sur les substances dangereuses a également pu être observé dans d'autres études (par exemple Stenberg et Räisänen, 2004).

Des différences de pondération et d'agrégation

Tous les outils d'évaluation environnementale ont une influence différente sur la pondération et l'agrégation des

résultats. Selon Lee *et al.* (2002), la pondération est au cœur de tout schéma d'évaluation dans la mesure où elle domine la valeur finale du bâtiment évalué. Cependant, selon Grace K.C. Ding, (2008) il n'existe aujourd'hui aucune approche consensuelle ni aucune méthode satisfaisante pour guider la répartition de cette pondération. De nombreuses techniques permettent de définir les pondérations de manière systématique (Andresen, 1999).

LEED propose 69 points répartis sur 58 enjeux évalués, eux-même organisés en six catégories d'évaluation. Certains indicateurs sont de *nature procédurale*, concernant les procédures et le comportement, comme respecter un programme de contrôle donné, contrairement aux *indicateurs de performance*, qui mesurent directement la performance, comme par exemple la quantité d'énergie utilisée pour le chauffage. Il existe souvent plusieurs façons d'obtenir des points. Normalement, un point est accordé pour chaque enjeu, sauf pour deux indicateurs d'énergie qui permettent d'obtenir plus de points (10 pour « l'optimisation des performances énergétiques » et 3 pour « l'énergie renouvelable sur place »). Cela signifie que les points ont la même valeur « environnementale » et peuvent être échangés, à l'except

Enjeux évalués et notes ou échelles disponibles pour les matériaux et déchets

| ENJEU EVALUE | | LEED | CSH | EcoEffect |
|--|---|------------|------------|-----------|
| Recyclage des matériaux | Réutilisation des bâtiments | 3 | | |
| | Réutilisation des matériaux | 2 | | |
| | Contenu recyclé | 2 | | |
| Déchets ménagers | Stockage des déchets et collecte des déchets recyclables | Oblig. | 4/Oblig. | |
| | Compostage | | 1 | |
| Déchets de construction | Gestion des déchets de chantier | | 2/Oblig. | |
| | Prévention de la pollution liée aux activités de construction | Oblig. | | |
| | Gestion des déchets | 2 | | |
| Impacts environnementaux | Impact environnemental des matériaux | | 15/Oblig. | Calculé |
| | Potentiel de réchauffement global (PRG) des isolants | | 1 | |
| | Émissions issues de la production des matériaux | | | Calculé |
| | Épuisement des ressources en matériaux | | | |
| | Émissions de NOx | | 3 | |
| | Gestion de la climatisation | Oblig. | | |
| Gestion avancée de la climatisation | 1 | | | |
| Approvisionnement en matériaux | Bois certifié | 1 | | |
| | Traçabilité des matériaux | | 9 | |
| Autres | Matériaux régionaux | 2 | | |
| | Matériaux rapidement renouvelables | 1 | | |
| Notes disponibles pour ce domaine | | 14 | 35 | |
| Pourcentage dans toutes les notes disponibles | | 20% | 34% | |

tion de quelques-uns qui restent obligatoires. Les points obtenus sont ajoutés et la note totale indique laquelle des quatre récompenses finales peut être décernée au bâtiment (certifié, argent, or, platine). Le principe d'attribution d'un nombre de points donné à un des enjeux traités n'est pas décrit. Ce système d'agrégation est simple et compréhensible mais la signification environnementale de la note finale est floue (Humbert *et al.*, 2007).

Pour CSH, 104 crédits peuvent être répartis en neuf catégories. Un total de 34 enjeux sont évalués et la valeur de chacun d'entre eux varie entre 1 et 15 points (par enjeu), certains étant obligatoires et d'autres échangeables. La plupart des enjeux évalués donnent un maximum de 1-4 points, sauf les taux d'émissions des logements et l'impact environnemental des matériaux qui peuvent rapporter jusqu'à 15 points. Chaque catégorie dispose d'un coefficient de pondération calculé d'après une enquête réalisée auprès « d'experts » internationaux et par la consultation des industriels. L'énergie est dotée d'un coefficient de 1,26 alors que celui des matériaux n'est que de 0,33, ce qui signifie en réalité que la valeur environnementale des notes en matière d'énergie est presque quatre fois supérieure à celle des matériaux. La somme des points est traduite par un symbole représentant 1 à 6 étoiles. Puisque l'agrégation s'effectue en modifiant les points pour chaque enjeu et en pondérant les catégories, il est difficile d'interpréter les résultats. La spécificité de CSH est qu'il évalue les logements et non les bâtiments. L'évaluation d'un bâtiment comprend les évaluations des logements qui le composent. L'évaluation finale est terminée lorsque le bâtiment a été construit et utilisé pour s'assurer que les performances correspondent aux attentes et aux points obtenus lors de la conception.

L'évaluation finale par EcoEffect comprend les résultats en matière d'impacts intérieur et extérieur. Les impacts extérieurs incluent l'énergie et l'utilisation des matériaux. Elle se fonde sur une approche par le cycle de vie et les équivalents de sept catégories d'impacts sont calculés, essentiellement par des algorithmes de calculs mondialement connus. L'impact extérieur se mesure pour le nombre prévu d'utilisateurs du bâtiment, divisé par la valeur correspondante par habitant pour ce pays, donnant finalement un pourcentage. Cela favorise une utilisation optimisée de l'espace, élément important d'un point de vue environnemental (Wilson, Boehland, 2005). Pour chaque catégorie d'impact, des coefficients de pondération ont été définis à partir de l'estimation du préjudice potentiel que les problèmes pourraient en définitive causer à la population dans chacune de ces catégories. (Assefa *et al.*, 2007). L'évaluation se fonde sur la quantité totale d'énergie et de matériaux utilisée par résident ou utilisateur.

Les impacts internes couvrent les problèmes intérieurs et extérieurs de l'immeuble. Les objectifs sont classés en cinq catégories et évalués en fonction du risque au stade de la conception selon 54 enjeux. L'évaluation finale se termine au plus tôt un an après la fin de la construction. Elle

est donc fondée sur un ensemble de mesures effectuées sur le bâtiment et sur un questionnaire rempli par les utilisateurs. Une échelle de quatre niveaux (0-3) s'applique, pénalisant les mauvais résultats et la gêne occasionnée. Il y avait au départ un système de pondération d'expertise de trois niveaux, remplacé aujourd'hui par une échelle d'incapacité/gêne qui fait suite au système DALY (calcul des années de vie perdues à cause de la pollution) (Malmqvist, Glaumann, 2006).

EcoEffect est relativement complet mais les valeurs agrégées, bien qu'appliquées de manière systématique, peuvent être difficile à comprendre pour un profane.

Application des trois méthodes à un immeuble

Pour illustrer les différences entre l'utilisation pratique et les résultats d'évaluation, les trois outils ont été testés sur un nouvel immeuble en construction, à Gronskar, près de Stockholm, c'est-à-dire que les plans et les descriptions sont disponibles, mais les données de performances réelles ne le sont pas. Les résultats dans les trois domaines (énergie, environnement intérieur, et matériaux et déchets) sont présentés ci-dessous. Aucun outil d'évaluation environnementale n'a été utilisé lors de la conception. Les résultats d'EcoEffect sont présentés par rapport à un bâtiment de référence, construit en 1990 dans la même région. Les notes de LEED et CSH sont présentées par rapport au plus grand nombre de points qu'il est possible d'obtenir.

Informations générales sur le bâtiment testé, GRONSKAR, Surface brute : 2893 m², 32 appartements, 8 étages, utilisation d'énergie pour le chauffage et l'eau chaude : 80 kWh/m²/an. Alimentation en énergie : chauffage urbain et pompe à chaleur sur l'air évacué.

Structure : éléments préfabriqués en béton avec isolation en polystyrène.

La valeur U moyenne est de 0,46 W/m²,K (la valeur U de la fenêtre est de 1,3 W/m²,K.)

Utilisation de l'énergie

Avec LEED, Gronskar a obtenu 9 points sur 16 pour l'énergie (soit 56 %), 6 points sur 10 grâce à l'optimisation de l'énergie, grâce essentiellement à la pompe à chaleur sur l'air évacué puisque l'enveloppe n'est pas particulièrement bien isolée. Aucun point n'a été obtenu pour l'énergie renouvelable sur place, ce qui correspond à environ 20 % des points disponibles. Les mesures nécessaires pour obtenir les 10 points correspondent à environ 150 m² de capteurs solaires pour 50 % de l'eau chaude ou à une diminution de la valeur U moyenne d'environ 20 %, de 0,46 à 0,37 W/m²,K. La première option apporte également le nombre de points



: Magnus Pajner

Une famille de Gronska

maximal pour les énergies renouvelables. Puisque LEED utilise les *indicateurs de coûts* pour l'énergie, les capteurs solaires ne rapportent aucun crédit : ils sont plus chers que le chauffage urbain pour l'eau chaude. La deuxième option consiste à diminuer la valeur U, ce qui pourrait influencer la construction du bâtiment.

Avec CSH, l'énergie rapporte 16 points sur 29 (soit 55 %). Les émissions de CO₂ par an sont comparées aux émissions d'un logement de référence de même dimensions, de même valeur U fixe et chauffé au gaz. Gronska consomme 80 KWh/m²/an tandis que le bâtiment de référence consomme 146 KWh/m²/an principalement car il n'est pas équipé de pompe à chaleur. Gronska émet environ vingt fois moins de CO₂ par rapport au bâtiment de référence car le chauffage urbain, au biocombustible, émet très peu de CO₂.

Gronska a obtenu les 3 points restants pour les critères d'économies d'énergie et de « pièce faisant office de bureau » qui implique un certain espace et les installations nécessaires à l'électricité et aux télécommunications. D'autres points d'énergie peuvent être obtenus pour une meilleure enveloppe, des biens électroménagers labellisés, des buanderies, des locaux pour les vélos, etc. Gronska pourrait également obtenir deux points supplémentaires pour la pompe à chaleur, qui est considérée comme une technologie d'énergie à faible intensité en carbone. Mais d'après nos calculs, la pompe à chaleur ne permet pas dans ce cas de réduire le CO₂ car le mix électrique suédois émet beaucoup plus de CO₂ que le chauffage urbain. Pour améliorer ces notes, il serait préférable de remplacer la pompe à chaleur par le chauffage urbain, ce qui permettrait d'obtenir de meilleurs résultats pour les faibles émissions de CO₂.

Avec EcoEffect, l'utilisation de l'énergie est évaluée en mesurant l'épuisement des ressources et les émissions qui influencent de nombreuses catégories parmi les effets étudiés. Même si Gronska utilise 70 % de plus d'électricité au m² (pompe à chaleur) que le bâtiment de référence, la quantité globale d'énergie utilisée est inférieure de 40 % à celle de ce dernier bâtiment, qui bénéficie également du chauffage urbain. Ainsi, l'impact des émissions est légèrement plus important à Gronska. Les impacts les plus forts sont dus à l'alimentation externe du système et à la radioactivité (déchets nucléaires issus de l'énergie nucléaire). La contribution à l'alimentation externe du système provient pour 70 % du mix électrique suédois et pour 30 % du chauffage urbain de Stockholm. Le changement de la pompe à chaleur dans ce cas ne permettrait qu'une faible réduction de l'impact environnemental. L'information d'EcoEffect permet donc principalement de réduire les pertes de chaleurs, c'est-à-dire d'améliorer l'isolation de l'enveloppe du bâtiment.

Environnement intérieur

Gronska obtient 12 points sur 15 (soit 80 %) avec LEED, 6 points sur 12 (soit 71 %) avec CSH et s'avère être 30 % plus efficace que les valeurs de référence avec EcoEffect, c'est-à-dire que quelle que soit la méthode, Gronska est efficace au niveau de l'environnement intérieur. Chaque méthode dispose d'indicateurs différents pour l'intérieur, sauf pour la lumière du jour, qui est toujours calculée différemment.

Avec LEED, la ventilation est l'enjeu prédominant avec 6 points sur 15 et deux exigences obligatoires : la qualité de l'air en général et la performance minimale de qualité de l'air intérieur (QAI). Pour obtenir une meilleure note, Gronska devrait satisfaire au critère des émissions issues des adhésifs, joints, peintures et revêtements. Les faibles teneurs en substances dangereuses des matériaux de construction ont tenu une place importante lors de la conception, mais les émissions n'ont pas été mesurées. LEED est la seule méthode qui utilise des indicateurs pour les systèmes de gestion et de contrôle. Ici, Gronska obtient 4 points sur 5 grâce au système de gestion et de contrôle qu'il utilise.

CSH ne prend pas en compte la qualité de l'air, la ventilation et le confort thermique. Cet outil utilise une définition plus large de l'habitat durable et inclut des dimensions sociales comme « l'espace privé » et les logements « adaptés à tous les âges de la vie ». Ces logements « adaptés à tous les âges de la vie » correspondent à un certain nombre de critères qui doivent tous être remplis. Il manque à Gronska 4 points pour les logements « adaptés à tous les âges de la vie » car les prises électriques de l'immeuble ne sont pas placées à la bonne hauteur. CSH accorde également 3 points pour le « guide de l'habitant », document spécifique, qui est propre à ce label britannique. De plus, l'éva-

luation porte sur l'isolation phonique. Les 4 points restants dépendent d'une meilleure isolation phonique.

EcoEffect traite la qualité de l'air, la ventilation, le confort thermique et l'environnement sonore. Gronskar a obtenu une note relativement élevée dans tous ces domaines avec EcoEffect. Les enjeux pour l'environnement intérieur liés au confort et à la santé sont intégrés au domaine de l'environnement intérieur, de même que l'environnement électrique et la légionellose. L'accès au soleil et la lumière du jour ont obtenu de mauvaises notes en raison de l'orientation des logements au nord. Il faudrait orienter les balcons et certaines pièces dans d'autres directions pour obtenir de meilleures notes.

Matériaux et déchets

Gronskar obtient de mauvaises notes avec les trois outils. Dans la catégorie Matériaux et Déchets, les types d'indicateurs et de critères utilisés sont très différents. Avec LEED, Gronskar obtient 4 points sur 14 (39 %), CSH l'a estimé à 18 points sur 35 (54 %). La dernière version du « Guide vert » et les outils de calcul Mat1 et Mat2, tous nécessaires à l'évaluation, n'étaient pas disponibles à d'autres personnes que les experts

approuvés du CHS et du BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology*).

Le projet n'obtient pas beaucoup de points avec LEED en raison du manque de prise en compte des matériaux réutilisés ou recyclés. Il est possible d'obtenir 7 points sur 14 dans cette catégorie. Il y a également trois critères obligatoires : Stockage et collecte de produits recyclables, Prévention de la pollution liée aux activités de construction et Gestion de la climatisation. Par l'intermédiaire du Forest Stewardship Council (FSC), du bois certifié et des matériaux régionaux rapidement renouvelables pourraient également permettre d'obtenir de meilleures notes.

L'objectif principal de CSH est d'utiliser des matériaux à faible impact environnemental qui proviennent de sources responsables. Les mauvaises notes obtenues avec CSH dépendent essentiellement de l'estimation élevée de l'impact environnemental dû aux matériaux utilisés. Les critères pour l'indicateur « Approvisionnement responsable » n'étaient pas précisément satisfaits, puisque la méthode exigeait une certification EMS et le contrôle par un tiers. De plus, le bois utilisé n'était pas certifié par le FSC. Pour le stockage des déchets ménagers et les déchets de construction, Gronskar a obtenu de bonnes notes. Les processus de construction industrialisés génèrent une quantité minimale de déchets de construction.

Résumé des caractéristiques significatives des outils

| Objectif | Utilisation pratique Axe environnemental | LEED Outil commercial Environnement durable | CSH Outil de décision Changement climatique (CO2) | EcoEffect Outil analytique Réduction des émissions et épuisement des ressources |
|-----------------------------|---|--|---|---|
| Contenu | Énergie | Quantité d'énergie utilisée et coût Solutions techniques | Quantité et qualité d'énergie utilisée Solutions techniques | Quantité et qualité d'énergie utilisée |
| | Matériaux et déchets | Qualité des matériaux utilisés et coût - Recyclage | Qualité des matériaux utilisés. Gestion des déchets | Quantité et qualité des matériaux utilisés |
| | Environnement intérieur | Qualité de l'air, Confort thermique Lumière du jour. Gestion | Bruit, Lumière du jour Gestion | Qualité de l'air, Bruit, Lumière du jour, Confort thermique |
| Évaluation et Agrégation | Énergie & matériaux Environnement intérieur Par catégorie Entre les catégories | Indicateurs, critères Indicateurs, critères Notes ajoutées Notes ajoutées | Indicateurs, critères Indicateurs, critères Notes ajoutées Pondéré | Calculs Indicateurs, critères Équivalents pour l'énergie et les matériaux, Envt. intérieur pondéré Pondération et somme |
| | | Nombre d'enjeux évalués 58 Nombre de notes finales 1 | 34 1 | 18 2 |

Avec EcoEffect, l'indicateur des émissions dues à la production des matériaux de construction était huit fois supérieur à celui du bâtiment de référence et l'indicateur de l'utilisation des ressources était deux fois plus important que ce dernier bâtiment. Après comparaison, ces valeurs élevées s'expliquent par la forte utilisation du béton, de l'acier et du polystyrène, qui exige une grande quantité d'énergie pour leur production et est donc plus responsable d'émissions. EcoEffect n'évalue pas les moyens permettant de récupérer les déchets ménagers lorsque le bâtiment est en service, comme le proposent LEED et CSH.

Le durable est à dimensions variables

Un bâtiment « durable » selon LEED dispose d'un système énergétique en service qui optimise les coûts et utilise une énergie renouvelable sur place. Des matériaux utilisés présentant de faibles niveaux d'émissions et des systèmes de gestion et de contrôle sont appliqués pour garantir un bon environnement intérieur. Les matériaux de construction sont de préférence réutilisés, recyclés et régionaux. Des schémas de prévention de la pollution et des déchets sont appliqués.

Un bâtiment « durable » avec CSH présente de faibles émissions de CO₂ en raison de l'utilisation de l'énergie et des solutions techniques spécifiques mises en œuvre pour réduire l'utilisation énergétique des ménages. Les murs et les dalles sont insonorisés et les pièces lumineuses grâce à la lumière du jour. Le bâtiment est adapté pour les personnes handicapées et des activités de bureau. Les matériaux de construction utilisés présentent un faible impact environnemental et proviennent de sources responsables ; les déchets ménagers et de construction sont traités.

Le bâtiment « durable » selon EcoEffect consomme peu d'énergie, avec un faible impact environnemental. L'environnement intérieur est conçu pour garantir la bonne qualité de l'air, le confort thermique, la lumière du jour, le soleil et l'isolation phonique, mais aussi pour écarter les champs magnétiques, le radon et la légionellose. Les matériaux de construction utilisés pour la production et le transport ont un faible impact environnemental et des mesures sont prises pour simplifier le recyclage futur. Le plan de masse est conçu pour optimiser l'espace.

Les différences d'objectifs peuvent influencer la pénétration du marché. Les autorités seront incitées probablement à utiliser CHS pour les immeubles d'habitation, LEED pour les précurseurs « en bâtiment durable » et EcoEffect essentiellement pour les bâtiments d'éducation. Cette répartition n'est pas une conséquence du contenu des outils ou de leur applicabilité, mais plutôt des forces qui les positionnent sur le marché.

Les outils utilisent différentes méthodes de mesures et différentes méthodologies d'agrégation. Par exemple, pour l'environnement intérieur, LEED et CSH veillent à une bonne gestion pour le bâtiment en service alors qu'EcoEffect se repose dans cette catégorie sur des questionnaires. Le principe d'attribution des notes pour différents enjeux et de définition des coefficients de pondération paraît quelque peu arbitraire pour les trois outils, sauf les coefficients d'EcoEffect, fondés sur les dommages encourus. Plus les enjeux concernés par la pondération sont nombreux, moins les indicateurs ont une incidence. Un coefficient de pondération élevé pour un indicateur signifie qu'un coefficient plus faible est attribué à un autre indicateur. Enfin, ajouter les notes et pondérer les catégories rend les résultats difficiles à interpréter. LEED n'est fondé que sur ces sommes mais est plus facile à comprendre.

L'étude de cas de Gronskar montre que les outils orientent la conception du « bâtiment durable » dans différentes directions. CSH indique que la pompe à chaleur devrait être remplacée par le chauffage urbain puisque cet outil s'attache aux émissions de CO₂. Les locaux à vélos, les buanderies et les autres solutions techniques peuvent être mis en œuvre pour obtenir de meilleures notes dans la catégorie Énergie avec CSH.

LEED est récompensé pour son utilisation de sources d'énergie régionales renouvelables, mais puisque le coût de l'énergie est décisif dans ce cas, les capteurs solaires représenteraient probablement un investissement trop onéreux.

EcoEffect défend mieux les valeurs U et les combustibles à faibles émissions de CO₂ pour le chauffage, comme le chauffage urbain à Stockholm. Cela aurait permis d'éviter une grande quantité de béton et l'isolation par polystyrène expansé. En appliquant la méthode de LEED, il aurait été plus important d'utiliser du béton et un isolant recyclés. Du fait de son orientation plutôt commerciale, LEED accorde un coefficient de pondération relativement plus élevé à l'environnement intérieur, catégorie dans laquelle il obtient par conséquent un meilleur résultat que CSH. EcoEffect aurait incité l'architecte à exposer les balcons de la face nord à une direction plus ensoleillée. Cela illustre les différences culturelles et géographiques entre les pays dans lesquels ces méthodes ont été développées.

La technique défendue par un outil n'est pas toujours la meilleure pour réduire les impacts environnementaux évalués par d'autres outils. L'évaluation environnementale complète d'un bâtiment devrait prendre en compte tout le cycle de vie, comme c'est le cas pour les évaluations environnementales des produits ou des services (Finnveden, 2000). Le concept de « bâtiment durable » est encore loin d'être universel.

Références bibliographiques

- Andresen I., (1999), *Multi-criteria Decision-making. A Survey of Tools*, Report, Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Architecture, Planning and fine Art. Department of Building Technology, Trondheim.
- Assefa G., Glaumann M., Malmqvist T., Kindembe B., Hult M., Myhr U., Eriksson O., (2007), « Environmental assessment of building properties – Where natural and social science meet. The case of EcoEffect », *Building and Environment* 42, pp. 1458-1464.
- Cole R. J., (2005), « Building Environmental assessment tools : redefining intentions and roles », *Building Research & information*, 35 (5), pp. 455-467.
- DCLG, Department for Communities and Local Government, (2007), *The Code for Sustainable Homes Technical guide*, Communities and Local Government Publications, Wetherby, West Yorkshire.
- DCLG, Department for Communities and Local Government, (2008), *The Code for Sustainable Homes Setting the standard in sustainability for new homes*, Communities and Local Government Publications, Wetherby, West Yorkshire.
- Finnveden G., (2000), « On the Limitations of Life Cycle Assessment and Environmental Systems Analysis Tool in General », The MIIM LCA PhD Club, *Int. J. LCA* 5(4), pp. 229-238, p 230.
- Glaumann M., Malmqvist T., Westerberg U., (2005), « A simplified method to generate weights for application in environmental assessment of buildings », *The Int. Conference Sustainable Building 2005* in Tokyo Sept. 2005. Proceedings 04-054 pp. 1972-1979.
- Grace K.C. Ding, (2008), « Sustainable construction – The role of environmental assessment tools », *Journal of Environmental Management*, 86, pp. 451-464, (p. 457).
- Gluch P., Stenberg A.-C., (2006), « How trade media influence green building practice ? », *Building Research & Information*, 34:2, pp. 104-117, p. 105.
- Humbert S., Abeck H., Bali N., Horvath A., (2007), « Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) A critical evaluation by LCA and recommendations for improvement », *Int. Journal Life Cycle Management* 12, special issue 1, pp. 46-57.
- Lee W.L., Chau C.K., Yik F.W.H., Burnett J., Tse M.S., (2002), « On the study of credit-weighting scale in a building environmental assessment scheme », *Building and Environment*, 37, pp. 1385-1396.
- Malmqvist T., Glaumann M., (2006), « Selecting problem-related environmental indicators for housing management », *Building Research & Information*, 34(4), pp. 321-333.
- Shapiro A., (2006), « Selecting problem-related environmental indicators for housing management », *Building Research & Information*, 34(4), pp. 321-333.
- Stenberg A.-C., Räisänen C., (2004), « The interpretative, flexibility of "green" in the building sector : diachronic and synchronic perspectives », *International Studies of Management and Organization*, 36(2).
- The Ecocycle Council, (2007), Building Product Declarations – Ecocycle Council guidelines BPD 3, Kretsloppsrådet, <<http://www.kretsloppsradet.com>> 2008.03.30
- USGBC, (2005), LEED-NC, Green Building Rating System for New Construction & Major Renovations, Version 2.2, available at www.usgbc.org 2008.03.30
- Wilson A., Boehland J, (2005), « Small is Beautiful – U.S. House Size, Resource Use, and the Environment », *Journal of Industrial Ecology*, Volume 9, Number 1–2, The Massachusetts Institute of Technology and Yale University, pp. 77-287

Biographies

MARITA WALLHAGEN est architecte et docteurante au Département de Technologie et de l'Environnement construit de l'Université de Gävle en Suède.

Marita.wallhagen@hig.se

MAURITZ GLAUMANN est architecte et professeur dans ce même département universitaire.

Mauritz.glaumann@hig.se

ULLA WESTERBERG est également architecte et chercheuse dans ce département. Elle est aussi une des animatrices du réseau Urban-net, constitué par la Commission européenne pour fédérer les organismes nationaux financeurs de recherche urbaine en Europe.

Ulla.westerberg@hig.se