Claude Willemin et Laurent Vorlet*

L'énergie grise dans les bâtiments

Aussi appelée « cachée » ou primaire, l'énergie grise d'un bâtiment est l'énergie non renouvelable qui est utilisée pour le construire, le rénover et, éventuellement, le démolir. Longtemps cette énergie a été occultée. Cependant, en conduisant à augmenter les quantités de matériaux isolants à mettre en œuvre, l'arrivée de normes d'isolation thermique plus sévères risque de faire accroître la consommation en énergie grise des bâtiments. Pour éviter cette évolution, il est impératif de choisir des matériaux à la fois performants sur le plan thermique et sobres en énergie grise.

L'énergie grise se définit par la consommation cumulée d'énergie produite à partir de ressources non renouvelables (pétrole, gaz naturel, uranium et charbon) pour fabriquer un matériau, par exemple une brique, ou fournir un service, par exemple son transport ou son recyclage.

Pour lutter contre le changement climatique dans le domaine de la construction, partout des exigences thermiques plus rigoureuses se mettent en place. En Suisse, la version 2009 de la norme SIA 380/1 ramène la consommation d'énergie de tout bâtiment neuf (chauffage + eau chaude) à 100 kWh/m²/an (contre 175 kWh/m²/an auparavant). Et le label Minergie, plus strict, gagne du terrain.

« L'entretien est un facteur clef »

En France, le Grenelle de l'environnement prévoit que les nouveaux bâtiments de type BBC (Bâtiment basse consommation) ne consommeront plus que 80 kWh/m²/an dès 2010, 50 en 2012.

Ce renforcement des normes thermiques va augmenter les quantités d'isolants à mettre en œuvre, dont certains sont de gros consommateurs d'énergie grise. Le bilan en énergie grise d'un bâtiment devient donc indispensable pour planifier toute construction ou rénovation. Il permet d'établir la contribution de chaque matériau au bilan global. Et de choisir, à performance égale, par exemple isoler une paroi, les matériaux les plus sobres en énergie grise.

Pour être juste, la comparaison entre matériaux doit inclure une analyse complète des cycles de vie (ACV ou écobilans), qui tient compte de l'extraction et de la transformation des matières premières, du transport, de l'entretien et/ou du remplacement en phase d'utilisation et de l'élimination en fin de vie.

Il serait injuste, par exemple, de constater que la fabrication d'une fenêtre au cadre en bois-métal consomme plus d'énergie grise que celle d'une fenêtre au simple cadre en bois, qui demande pourtant plus d'entretien, et consomme en réalité plus d'énergie grise.

Energie grise d'ici et d'ailleurs

A l'heure d'aujourd'hui, la notion d'énergie grise n'est pas normée au niveau international. Les valeurs qui circulent dans la littérature ne sont donc pas (encore) harmonisées d'un pays à l'autre, ce qui peut induire en erreur lors du choix des matériaux de construction.

En Suisse, la *Liste des données des écobilans pour la construction*, que publie le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherches (EMPA), est une source de données en énergie grise fiable pour les collectivités publiques. Elle a été mise à jour en 2009.

Disponible gratuitement sous format électronique, cette liste est assez bien adaptée aux besoins des concepteurs de bâtiments (KBOB, 2009). Elle comporte des valeurs pour près de 150 matériaux de construction et le fonctionnement d'installations techniques du bâtiment : production de chaleur, ventilation, électricité, etc. Elle inclut aussi des valeurs pour différents moyens de transport.

Cette liste est à la base des cahiers techniques SIA 2031 « Certificat énergétique des bâtiments » et SIA 2032 « Energie grise des bâtiments ». Publié en 2009, ce deuxième cahier donne des indications sur les processus à intégrer dans le bilan en énergie grise d'un bâtiment.

Si le planificateur se réfère à des valeurs issues de la littérature étrangère, il doit choisir, en Allemagne et en Autriche, celles qui se réfèrent au *Primärenergieinhalt, nicht erneubar* (contenu d'énergie primaire, non renouvelable) ou, dans les pays anglo-saxons, à la *Cumulative Energy Demand, non Renewable* (dépense d'énergie cumulée non renouvelable).

Facteurs clefs

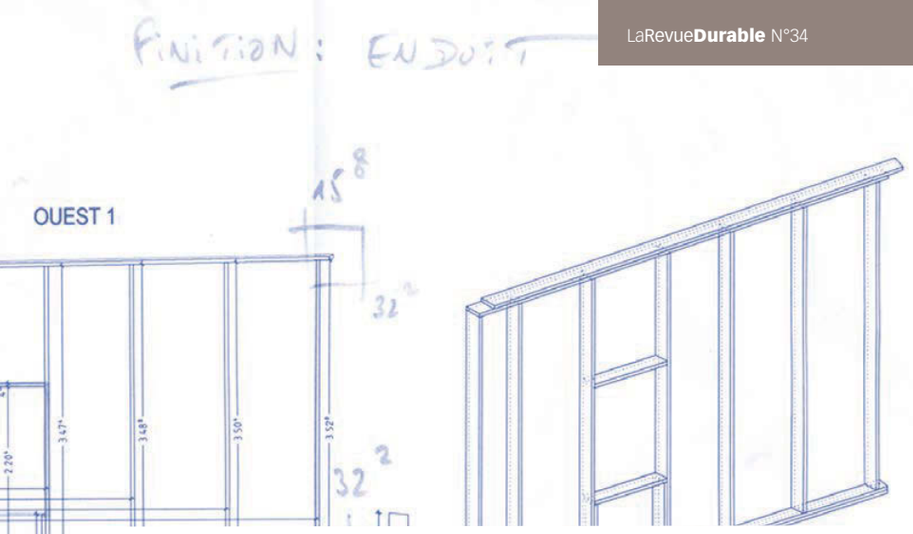
Matériaux du gros œuvre

Nos travaux menés sur différents types de construction montrent que ce sont les matériaux du gros œuvre et ceux qui constituent les parois séparatives, les faux planchers et les faux plafonds qui influencent le plus le bilan en énergie grise d'une construction. Et en général, les valeurs en énergie grise des matériaux qui constituent ces parties du bâtiment sont connues.

L'isolation en toiture et en façade étant déterminante, une attention toute particulière est à porter au choix des matériaux isolants. Tout en atteignant des performances thermiques satisfaisantes, les matériaux d'origine naturelle (laine de mouton, laine de chanvre, paille, etc.) présentent en moyenne des valeurs en énergie grise significativement plus faibles que les matériaux « traditionnels » (laine minérale, polystyrène, etc.) (Heger et coll., 2005).

Les quantités de peintures et de revêtements de sol ou de façade mises en œuvre dans un

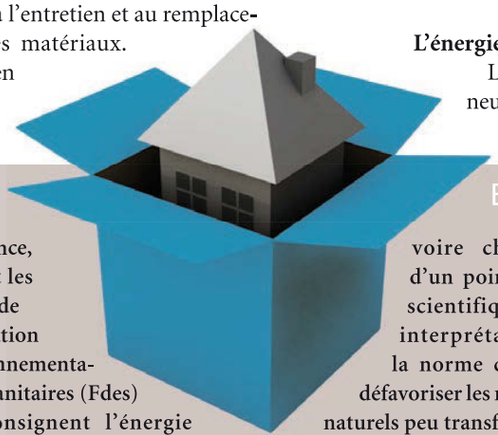
* Claude Willemin est fondateur du bureau dimension3 architectes, à Genève. Laurent Vorlet est fondateur de bureau d'ingénieurs-conseils Dena Energies, à Fribourg, en Suisse



bâtiment sont faibles par rapport aux matériaux structurels. Aussi, plus que leur énergie grise, ce sont les quantités d'émissions nocives qu'ils pourraient libérer lors de leur utilisation qui doivent guider leur choix.

Durée de vie des matériaux

Un piège à éviter est de sous-estimer l'impact dû à l'entretien et au remplacement des matériaux. Dans bien des cas, l'impact lié à cette phase du cycle de vie peut être supérieur à celui de la phase d'édification du bâtiment. C'est donc un facteur clef. En particulier pour les matériaux d'isolation « classiques », très énergivores, pour lesquels il faut garantir une durabilité minimale de vingt-cinq à trente ans, surtout s'ils sont susceptibles d'être exposés aux intempéries.



L'énergie grise en rénovation

Lorsqu'on planifie des constructions neuves, les impacts dus aux flux de matériaux commencent à être intégrés en optimisant le choix du système constructif, la compacité du bâtiment et les types de matériaux mis en œuvre.

Pour les bâtiments à rénover, le seul paramètre sur lequel on peut agir est l'énergie grise des matériaux à remplacer ou à ajouter. Mais là aussi, les exemples de rénovation avec des isolants d'origine naturelle avec un bon bilan d'énergie grise se multiplient (voir page 49). ■

En France, l'énergie grise est dans le bleu

En France, ce sont les Fiches de déclaration environnementales et sanitaires (Fdes) qui consignent l'énergie grise des matériaux de construction. Ces fiches sont conformes à la norme NF-P-01-010 issue des normes internationales ISO 14040 et 14044 sur l'analyse du cycle de vie. Mais, élaborées par les fabricants de matériaux de construction, elles présentent des défauts.

A ce jour, sauf exception, elles ne garantissent pas l'indépendance des informations qu'elles fournissent. En raison du coût de réalisation de ces documents qui les rend inaccessibles aux PME, elles ne décrivent pas les produits simples peu transformés pourtant omniprésents dans la construction (sable, gravier, pierre, bois brut, scié ou raboté, etc.) ou en plein essor (terre crue, paille, etc.).

Ensuite, contrairement aux usages dans les autres pays, les analyses en cycle de vie des Fdes intègrent l'énergie solaire qui a permis la photosynthèse dans le contenu en énergie grise des matériaux d'origine végétale. Très surprenante, voire choquante d'un point de vue scientifique, cette interprétation de la norme conduit à défavoriser les matériaux naturels peu transformés.

C'est ainsi que l'énergie grise d'une fenêtre en bois intègre l'énergie solaire contenue dans le pin qui sert à fabriquer ses montants. Résultat : alors qu'une fenêtre en PVC consomme 70 % d'énergie non renouvelable de plus qu'une fenêtre en bois de même taille, le bilan d'énergie grise selon la norme française ne fait apparaître qu'un petit avantage de 20 % pour la fenêtre en bois.

En revanche, les Fdes ne comptabilisent pas l'énergie solaire qui a permis de produire les végétaux et les animaux qui ont été transformés en pétrole.

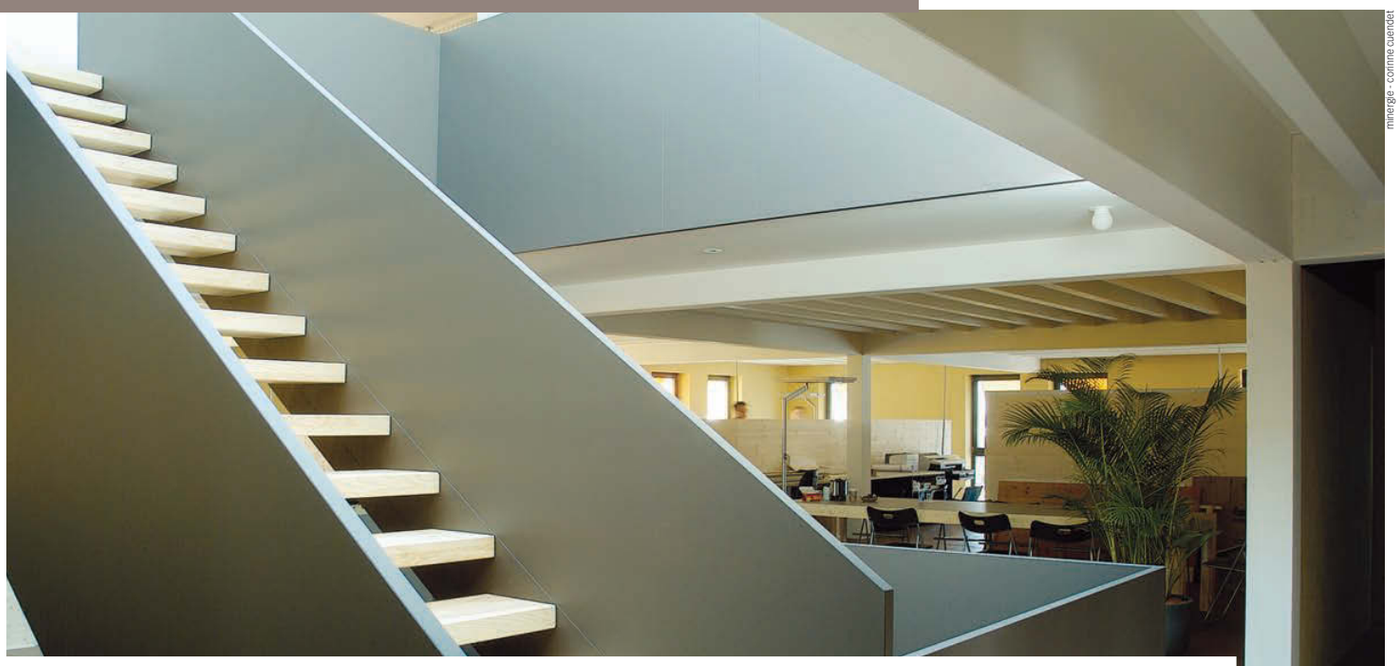
Cette asymétrie dans la prise en compte de l'énergie matière alourdit encore un peu plus le poids relatif de l'énergie grise des produits naturels peu transformés, ce qui trompe la majorité des prescripteurs et des consommateurs sur les véritables impacts énergétiques des produits.

Les indicateurs d'énergie primaire que la norme française propose sont donc à utiliser avec la plus grande circonspection. Mieux vaut leur préférer l'indicateur de changement climatique qui est plus représentatif de l'impact environnemental du produit étudié.

Pour aider les non-spécialistes à y voir clair, il existe des logiciels : Equer, Elodie, Cocon, etc. Cocon est conçu pour aider à choisir les meilleures solutions constructives pour un bâtiment. Il permet de simuler la construction d'un bâtiment selon différentes réglementations (RT 2005, BBC, Effinergie, Minergie, Passiv Haus) et de choisir les matériaux qui minimisent les impacts environnementaux : émissions de CO_2, consommations d'énergie non renouvelable et de ressources, etc. Il met aussi en évidence l'intérêt technique et environnemental de certaines opérations de réhabilitation.

Luc Floissac
Chercheur au LRA/Grecau Ecole d'architecture de Toulouse et conseiller environnemental.

Fraîchement sorties du moule, des briques « terre-paille » du Hameau des Buis, en Ardèche : deux matériaux locaux travaillés et utilisés sur place



minergie - comme cuendet

Green-Offices : un siècle de chauffage économisé

Un siècle de chauffage du bâtiment ! Voilà ce que Green-Offices, à Givisiez, près de Fribourg, a permis d'économiser. « Lorsque nous sommes parvenus à ce résultat, raconte Conrad Lutz, j'ai cru que nous avions commis une erreur de calcul. » Et pourtant non, l'architecte et son équipe n'en ont pas commis : plus un bâtiment est économe en énergie, moins l'énergie de chauffage pèse dans la balance globale.

« Ce résultat souligne l'immense responsabilité que nous, architectes et constructeurs, avons lorsque nous édifions un bâtiment, continue Conrad Lutz. Il prouve le gisement gigantesque d'économies d'énergie que la pleine prise en compte de l'énergie grise permet d'exploiter. »

L'histoire de Green-Offices – qui rafle tous les prix d'excellence depuis deux ans – commence en 1990 lorsque, déjà expérimenté et sensibilisé à l'énergie, l'architecte s'inscrit au cours post-grade de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) sur la construction en bois.

« Pour mon master, j'ai calculé la consommation d'énergie grise dans un bâtiment pour une prestation donnée : capacité de portage, pouvoir isolant, etc. Depuis, j'intègre toujours un calcul sur les économies d'énergie et l'énergie grise. »

1 million de kWh

En 2006, Conrad Lutz et sa collègue Ursula Schwaller suivent une nouvelle formation post-grade, cette fois en écobiologie du bâtiment, à l'Institut suisse d'écobiologie (SBI), à Zurich. Pour obtenir leur diplôme, ils calculent l'énergie grise de sept variantes d'un même bâtiment. La plus économe d'entres elles est devenue réalité : c'est Green-Offices.

« Au bilan, la différence d'énergie grise entre Green-Offices et un bâtiment conventionnel aux prestations équivalentes qui respecte les normes 2007 est de 1 million de kWh, soit de quoi chauffer Green-Offices pendant un siècle », triomphe Conrad Lutz. L'essentiel de ces gains vient de la structure, en bois plutôt qu'en acier, et des isolants, ouate de cellulose dans les surfaces de plancher et fibre de bois dans les panneaux verticaux plutôt que polystyrène.

LRD

Quatre fiches sur l'énergie grise dans le bâtiment

Premier bâtiment de bureaux Minergie-P Eco de Suisse, Green-Offices est le formidable symbole d'une démarche écologique et énergétique cohérente dans le domaine des écomatériaux et de la construction durable.

En tant que bâtiment à très faible consommation d'énergie aussi bien pour l'énergie grise que pour l'énergie d'exploitation, c'est un exemple à suivre et une source d'inspiration pour tout architecte et constructeur.

Les calculs que l'équipe de Conrad Lutz ont effectués pour arriver à une économie d'un siècle de chauffage n'ont cependant pas été réalisés avec les valeurs officielles de la liste KBOB. Aussi avons-nous demandé à Claude Willemin et Laurent Vorlet de rédiger des fiches comparatives pour montrer de quel poids pèse le choix d'un matériau à forte énergie grise par rapport à un matériau à faible énergie grise dans quatre registres : les structures porteuses (page 41), les isolants (page 31), les cadres de fenêtres (page 45) et les peintures (page 36).

D'autres registres qui interviennent dans le bâtiment jouent un rôle très important, mais qui dépasse le cadre de ce dossier. Il s'agit des réseaux (ventilation, électricité, informatique, eau) constitués de matériaux énergivores (métal, PVC) et des équipements techniques (ventilation mécanique contrôlée, circulateurs, contrôleurs électroniques).

LRD

BIBLIOGRAPHIE

Heger et coll. *Baustoff Atlas,* Edition Detail, Munich, Allemagne, 2005.

KBOB. *Données des écobilans dans la construction,* Berne, Suisse, 2009. www.bbl.admin.ch/kbob/00457/01142/index.html?lang=fr

POUR ALLER PLUS LOIN

Cornillier C, Vial E. *L'analyse de cycle de vie (ACV) appliquée aux produits bois : bilan énergétique et prise en compte du carbone biomasse,* IXe Colloque sciences et industrie du bois - 20 et 21 novembre 2008.

Frischknecht et coll. *Is Cumulative Fossil Energy Demand a Useful Indicator for the Environmental Performance of Products?* Ecole polytechnique fédérale de Zurich, Suisse, 2006.

Floissac L. *Bilans environnementaux de bâtiments. Guide environnement et ville durable,* Paris, Weka, sous presse.

Logiciel Cocon : www.citemaison.fr
Fdes : www.inies.fr