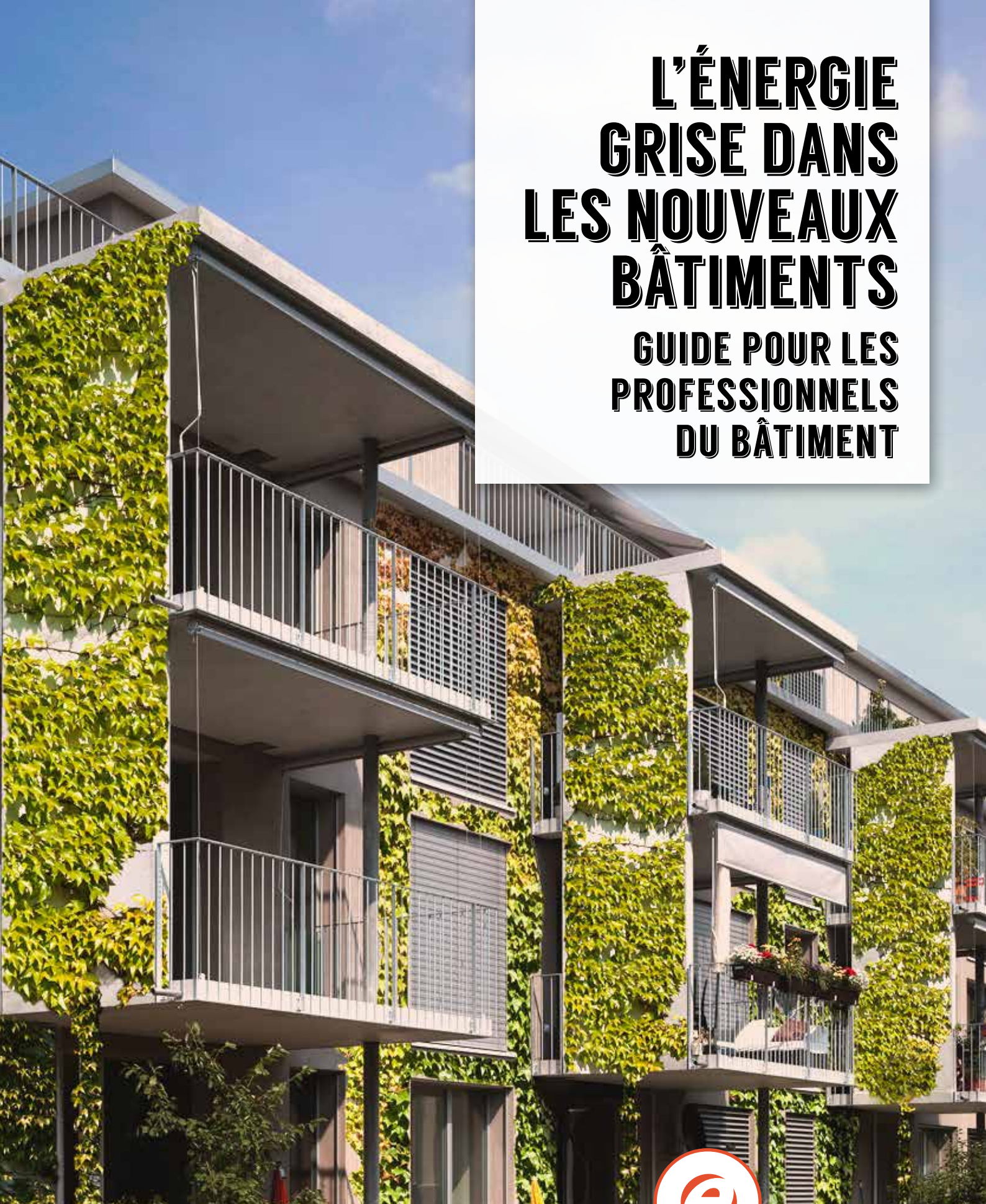


L'ÉNERGIE GRISE DANS LES NOUVEAUX BÂTIMENTS

GUIDE POUR LES PROFESSIONNELS DU BÂTIMENT



suisse énergie

Notre engagement : notre futur.

EnFK

Konferenz Kantonaler Energiefachstellen
Conférence des services cantonaux de l'énergie
Conferenza dei servizi cantonali dell'energia
Conferenza dals posts spezialisads chantunals d'energia

**e c o -
b a u**

Nachhaltigkeit im öffentlichen Bau
Durabilité et constructions publiques

SOMMAIRE

INTRODUCTION

- Objectif 4

BASES

- Définition de l'énergie grise 5
- Part d'énergie grise 5
- Autres systèmes d'évaluation 5
- Données de base et outils de calcul 6
- Calcul de l'énergie grise par élément de construction 7
- Domaines d'application 7

DÉMARCHE

- Démarche 8

CONCEPTION DU BÂTIMENT ET DE SES ESPACES EXTÉRIEURS

- Parcelle et sous-sols 10
- Forme compacte et efficacité d'exploitation des surfaces 10
- Structure du bâtiment 10
- Volumétrie et forme compacte 11
- Façades 11

STRUCTURE DU BÂTIMENT

- Groupes d'éléments et leur contribution à l'énergie grise 12
- Construction du bâtiment 12
- Détermination du mode de construction 14
- Aménagements intérieurs 15
- Installations techniques du bâtiment 15

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

- Paramètres déterminants 17
- Maçonnerie 17
- Matériaux isolants 17
- Sous-construction pour supporter des revêtements de façade 19
- Revêtements de façade 19
- Couverture de toitures inclinées 19
- Chapes, supports de revêtements de sols 20
- Revêtements de sol 20

RECOMMANDATIONS

- Sources/Bibliographie/Liens 21

INTRODUCTION

Jusqu'à présent, les architectes et planificateurs se sont surtout intéressés à l'énergie nécessaire pour exploiter les bâtiments. Ils calculaient les besoins de chaleur annuels pour le chauffage. Pour satisfaire aux exigences énergétiques, ils mettaient au point des concepts d'isolation et jouaient sur les épaisseurs d'isolants. Les bâtiments construits aujourd'hui consomment donc notablement moins d'énergie de chauffage que ceux érigés il y a seulement quelques années. Cette baisse des besoins en énergie pour le chauffage a permis de soulever d'autres problèmes énergétiques. Les spécialistes se sont intéressés de plus en plus souvent à la consommation globale d'énergie. Or une grande partie de cette consommation est liée à l'énergie grise, c'est-à-dire à celle qui a été nécessaire pour construire le bâtiment lui-même.

OBJECTIF

Maintenant que l'énergie grise est mieux prise en compte, il semblait nécessaire d'offrir des supports simples pour son calcul. Le présent guide a pour but de présenter de manière compréhensible les principaux paramètres et mécanismes concernant ce calcul. Il veut soutenir les professionnels et leur faciliter l'acquisition des bases nécessaires. Le fait de réduire la quantité d'énergie grise contenue dans un bâtiment permet en général d'en diminuer aussi le coût. Ainsi, tous les partenaires de la construction en bénéficieront, du maître d'ouvrage à l'acheteur ou au locataire, en passant par l'architecte et les autres planificateurs.

Le présent guide s'adresse aux professionnels du bâtiment, mais aussi à toute personne ou groupe intéressé par la problématique de l'énergie grise. Il est donc conçu principalement comme aide à la décision visant à réduire l'énergie grise. Il ne prétend cependant pas offrir les bases de calcul permettant de remplir les exigences du cahier technique SIA 2032.

STRUCTURE DU DOCUMENT

Le présent guide est subdivisé en plusieurs chapitres:

- Bases
- Conception du bâtiment et de ses espaces extérieurs
- Démarche
- Structure du bâtiment
- Matériaux de construction
- Recommandations

Cette articulation en chapitres permet de traiter les trois plans principaux de la construction d'un bâtiment, à savoir sa conception d'ensemble, sa structure et les matériaux mis en œuvre. Les explications fournies ici permettront au lecteur de mieux comprendre les mécanismes à respecter et les démarches à suivre pour tenir compte de l'énergie grise. En conclusion, le guide présentera dix points essentiels à considérer dans le but de diminuer la consommation d'énergie grise. Ce résumé sous forme de recommandations permettra aux professionnels de procéder rapidement à une première évaluation de l'énergie grise contenue dans un projet de bâtiment.



Le présent guide fait partie d'une série de publications sur l'énergie grise, dont notamment les documents suivants:

- L'énergie grise dans les nouveaux bâtiments
Guide pour les professionnels du bâtiment
- L'énergie grise dans les nouveaux bâtiments
Notice pour les maîtres d'ouvrage
- L'énergie grise dans les transformations de bâtiments
Guide pour les professionnels du bâtiment
- L'énergie grise dans les transformations de bâtiments
Notice pour les maîtres d'ouvrage

LE PRÉSENT CHAPITRE ABORDE LES BASES THÉORIQUES NÉCESSAIRES POUR COMPRENDRE LA NOTION D'ÉNERGIE GRISE. CES BASES PERMETTRONT AUX CONCEPTEURS DE MIEUX COMPRENDRE LA MARGE DE MANŒUVRE DONT ILS DISPOSENT, AINSI QUE LES LOIS ET RÈGLES QUI MODULENT L'ÉNERGIE GRISE.

DÉFINITION DE L'ÉNERGIE GRISE

La notion d'énergie grise comprend toute l'énergie primaire non renouvelable qu'il a fallu dépenser au cours des différentes étapes de fabrication, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à l'élimination des déchets de chantier, en passant par tous les processus de fabrication et de traitement, y compris les transports et le recours à d'autres moyens auxiliaires. L'énergie grise est aussi parfois appelée consommation énergétique cumulée, non renouvelable. L'unité de mesure de l'énergie grise est le kilowattheure par m² et par an (kWh/m² a). L'énergie contenue dans un bâtiment ou un matériau est donc rapportée à une surface et à un temps donnés, ce qui permet de la comparer à l'énergie d'exploitation. Ce guide se base sur deux grandeurs courantes: la surface de référence énergétique (SRE ou A_E selon la norme SIA 416/1) ainsi que la durée d'amortissement (SIA 2032, annexe C).

SOMME DE L'ÉNERGIE PRIMAIRE POUR TOUS LES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION

Energie nécessaire pour extraire les matières premières	Fabrication et transport des matières premières	Fabrication des matériaux et éléments de construction
---------------------------------------------------------	-------------------------------------------------	-------------------------------------------------------

Investissements portant sur des travaux de remplacement

Transports vers le chantier, montage, exploitation et entretien

ÉNERGIE PRIMAIRE POUR LA DÉCONSTRUCTION

Démolition des éléments de construction	Transport et élimination des éléments de construction
-----------------------------------------	-------------------------------------------------------

Limites du système pour l'énergie grise
Somme de l'énergie primaire non renouvelable pour tous les éléments de construction. Même définition pour les étapes de déconstruction.

PART D'ÉNERGIE GRISE

Dans les bâtiments construits actuellement, l'énergie grise représente jusqu'à un quart de toute l'énergie primaire nécessaire pour la fabrication et l'exploitation de l'objet, ainsi que pour les déplacements des utilisateurs (mobilité). Elle atteint 40 à 50 kWh/m² a, ce qui représente, dans le bilan énergétique global, une part importante en

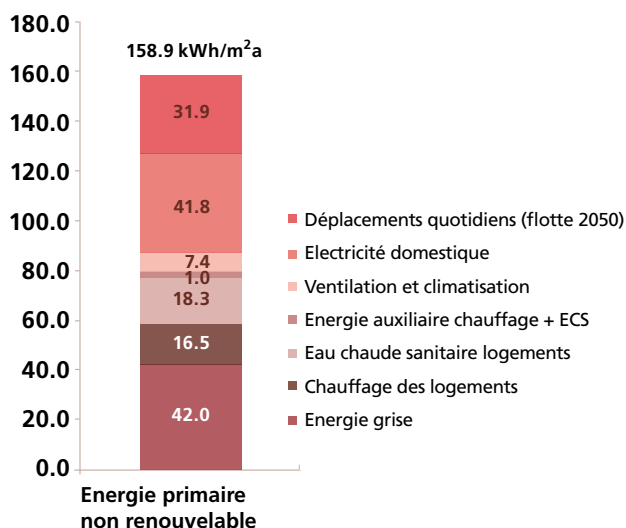
regard de l'énergie nécessaire pour le chauffage des locaux et la préparation de l'eau chaude sanitaire. Le graphique ci-après illustre le cas d'un immeuble collectif construit en respectant les valeurs cibles correspondant à la société à 2000 watts, valeurs décrites dans le document SIA «La voie SIA vers l'efficacité énergétique». Il montre que l'énergie grise reste une part considérable de la consommation globale d'énergie – à côté de celle nécessaire à la mobilité quotidienne des utilisateurs et à l'exploitation du bâtiment – et ce, même dans un cas où de nombreuses mesures d'optimisation ont été prises. Dans les bâtiments non optimisés, cette part d'énergie grise peut être bien plus importante.

AUTRES SYSTÈMES D'ÉVALUATION

L'énergie grise ne représente qu'une partie de l'évaluation de l'écobilan. Dans le cahier technique CT 2040 (La voie SIA vers l'efficacité énergétique), on tient aussi compte des émissions de gaz à effet de serre, que l'on peut calculer. Certaines autres publications se fondent sur la notion d'unités de charge écologique (UCE). Ainsi, on ne dispose pas seulement d'outils de calcul différents, mais aussi de données de base différentes.

Certains pays ont constitué leurs propres bases de données, saisies selon des critères et des règles spécifiques. En Suisse, on se base sur les types de données issues de la recommandation suivante: données des écobilans dans la construction 2009/1, KBOB, eco-bau, IPB (KBOB = Coordination des services fédéraux de la construction et des immeubles, eco-bau = plateforme commune des offices et services de construction de la Confédération, des cantons et des communes, IPB = Communauté d'intérêts des Maîtres d'ouvrage Professionnels Privés).

Si l'on examine un produit à la fois sous l'angle de son énergie grise contenue, des gaz à effet de serre qu'il génère et des unités de charge écologique, il peut arriver que les résultats des différentes analyses ne se recourent pas entièrement. En effet, les indicateurs sont le reflet de différents points de vue. Ainsi, il se peut qu'un produit contenant beaucoup d'énergie grise soit classé encore plus mal dans l'échelle des unités de charge écologique, ou qu'il émette une quantité proportionnellement plus importante de gaz à effet de serre.



Bilan global d'énergie primaire non renouvelable pour un immeuble collectif à basse consommation d'énergie

ÉNERGIE PRIMAIRE NON RENOUVELABLE [kWh]

Energie primaire prélevée à une source susceptible de s'épuiser par l'extraction; exemples: uranium, pétrole brut, gaz naturel, charbon.

ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE [KG]

La notion d'émissions de gaz à effet de serre désigne l'impact cumulé de différents gaz émis dans l'atmosphère et contribuant au réchauffement climatique (CO₂, méthane, protoxyde d'azote [gaz hilarant] ou autres). Ils sont rapportés à la substance de référence (CO₂) et sont donc exprimés en kg ou tonnes d'équivalent-CO₂ – c'est-à-dire dont l'effet cumulé sur le climat est comparable à la quantité de CO₂.

UNITÉS DE CHARGE ÉCOLOGIQUE (UCE)

Les impacts sur l'environnement mesurés en termes d'UCE rendent compte de l'exploitation des ressources énergétiques, de l'utilisation de terrain et d'eau douce, des émissions rejetées dans l'air, dans les eaux et dans les sols, ainsi que de l'élimination des déchets. Les unités de charge écologique sont aussi connues comme unités de mesure dans la méthode dite «de saturation écologique», qui permet d'illustrer d'une manière globale les effets sur l'environnement. Cette méthode est basée sur la politique environnementale suisse. Les UCE suisses ne sont pas comparables aux UCE utilisés dans d'autres pays européens.

DONNÉES DE BASE ET OUTILS DE CALCUL

De nouvelles règles et de nouveaux instruments ont été mis au point pour faciliter la gestion de l'énergie grise et pour créer une base de travail uniformisée. Les architectes et planificateurs disposent ainsi de bases de calcul facilitant leur tâche.

CAHIER TECHNIQUE SIA 2032

Le cahier technique SIA 2032, intitulé «L'énergie grise des bâtiments» a pour but d'uniformiser les modalités de calcul de l'énergie grise, ainsi que les sources de données utilisées. Seule une telle uniformisation permet de comprendre, de comparer et de reproduire des situations. Ce cahier s'adresse en priorité aux planificateurs et aux architectes. Il permet de faire entrer la problématique de l'énergie grise déjà au stade du projet. Il a pour ambition d'inciter plus de professionnels à intégrer ces réflexions dans leur pratique, en simplifiant les outils de travail. Il traite autant de nouvelles constructions que de rénovations, que ce soit au niveau de bâtiments entiers ou de leurs différents éléments de construction. L'énergie grise rend compte de l'ensemble des processus à l'œuvre pour construire un bâtiment ou un élément de bâtiment, à savoir: construction, investissements de remplacement, et élimination des déchets. Elle tient compte des différents délais d'amortissement, variables d'un élément de construction à l'autre. S'agissant de la durée d'utilisation et du délai d'amortissement, on distingue les notions suivantes:

Durée d'utilisation

Intervalle de temps écoulé entre la mise en service et le remplacement probable d'un élément de construction ou d'installation.

Délai (ou durée) d'amortissement

Période pendant laquelle l'énergie grise nécessaire pour la construction du bâtiment ou l'élimination des déchets est amortie.

DONNÉES DE BASE

Sous le nom de «Données des écobilans dans la construction», la Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics (KBOB) a édité les données de base permettant de calculer l'énergie grise. Il s'agit de données retraitées provenant de la plateforme électronique *ecoinvent* développée par l'Empa et l'EPFZ. Ces données permettent de calculer non seulement l'énergie grise, mais aussi l'énergie primaire totale, les émissions de gaz à effet de serre et les unités de charge écologique des matériaux de construction les plus courants, ainsi que des systèmes techniques et de leurs éléments.

CALCUL DE L'ÉNERGIE GRISE PAR ÉLÉMENT DE CONSTRUCTION

Exemple de calcul de l'énergie grise contenue dans une plaque isolante de 26 cm d'épaisseur en laine de pierre (par m² de surface de l'élément, et par année):

- Masse volumique apparente: 32 kg/m³
- Energie grise: 4,22 kWh/kg
- Volume: 1,0 m*1,0 m*0,26 m = 0,26 m³/m²_{SEC}
- Délai (ou durée) d'amortissement: 40 ans (SIA 2032)

ETAPE 1

Calcul de la masse par unité de surface (densité) de l'élément de construction:

$$0,26 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} * 32 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 8,320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

ETAPE 2

Calcul de l'énergie grise par m² de surface de l'élément:

$$8,320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 4,22 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} = 35,1 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$$

ETAPE 3

Calcul de l'énergie grise par m² de surface de l'élément et par an:

$$\frac{35,1 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}}{40 \text{a}} = 0,878 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{a}}$$

La plaque isolante contient donc 0,9 kWh/m²_{SEC} d'énergie grise.

Le calcul est effectué sur la base du cahier technique SIA 2032. Il introduit des simplifications (p.ex. laisser de côté certains éléments de construction) et définit des durées d'amortissement pour les différents éléments. Cela permet de comparer les bâtiments entre eux.

Pour déterminer la quantité d'énergie grise contenue dans un bâtiment donné, on multiplie l'énergie grise d'un élément (kWh/m²_{SEC}) par sa surface dans l'ensemble du bâtiment (m²_{SEC}). Le résultat de cette multiplication est ensuite divisé par la surface de référence énergétique (m²_{SRE}).

Sur la base de l'indice de dépense d'énergie obtenu de cette manière, il est possible de comparer différents bâtiments en tenant compte de leur surface de référence énergétique propre.

DOMAINES D'APPLICATION

La notion d'énergie grise a déjà été intégrée dans différents labels et standards de construction, avec indication de valeurs limites à ne pas dépasser.

Pour les standards MINERGIE®-ECO et MINERGIE®-A, il est nécessaire de respecter les valeurs limites pour l'énergie grise. Parallèlement à cela, le cahier SIA 2040 «La voie SIA vers l'efficacité énergétique» considère l'énergie grise comme un des paramètres les plus importants. Même le nouveau Standard de Construction Durable Suisse (SNBS), lancé il y a peu, tient compte de l'énergie grise dans l'évaluation d'un bâtiment.

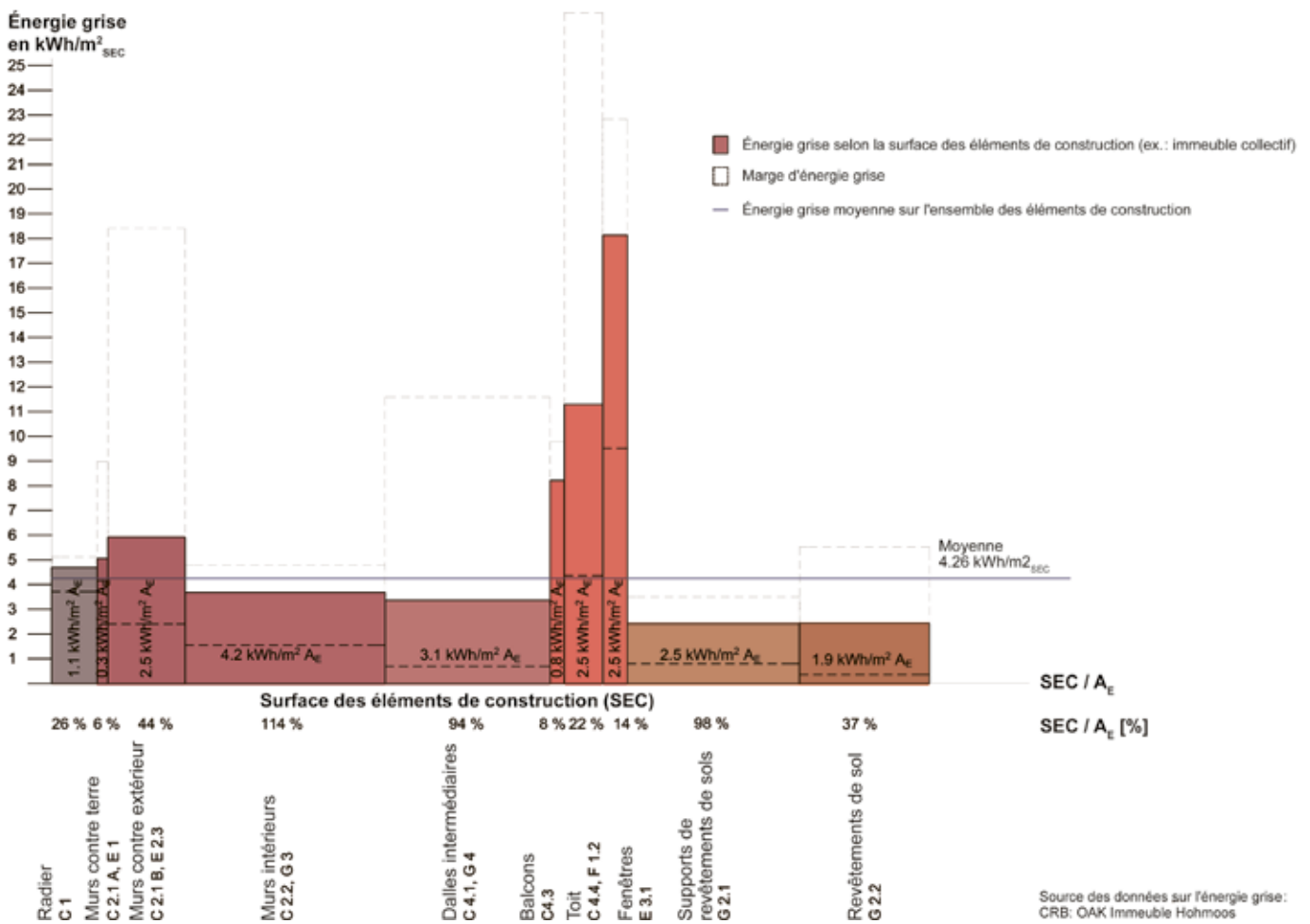
DÉMARCHE

AU DÉBUT D'UN PROJET, ON DISPOSE D'UNE ESQUISSE DU BÂTIMENT ET D'UN SCHÉMA D'IM-PLANTATION DANS LE TERRAIN. AU COURS DE CETTE PHASE PRÉLIMINAIRE, IL EST POSSIBLE D'INFLUENCER SENSIBLEMENT LA QUANTITÉ D'ÉNERGIE GRISE DU FUTUR BÂTIMENT. IL S'AGIT DE POSER LES CONDITIONS GÉNÉRALES POUR TOUTES LES MESURES QUI SERONT PRISES DANS LES PHASES ULTÉRIEURES DU PROJET.

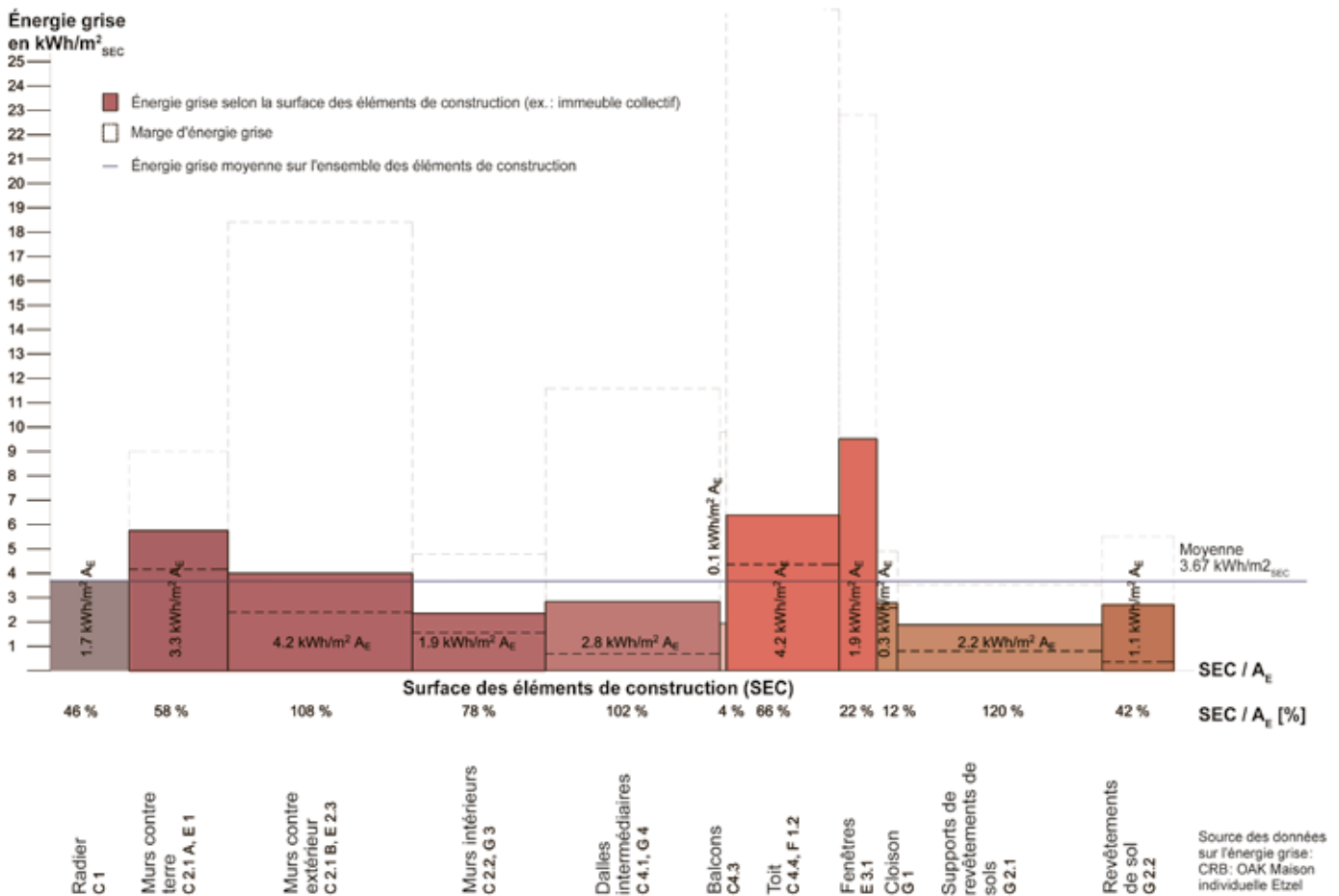
Ci-après sont présentées, à titre d'orientation, deux stratégies distinctes permettant d'optimiser l'énergie grise:

1. OPTIMISATION DU RAPPORT ENTRE SURFACES DES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION ET SURFACE DE RÉFÉRENCE ÉNERGÉTIQUE (SEC/SRE)
2. OPTIMISATION DE L'ÉNERGIE GRISE DE CHAQUE ÉLÉMENT DE CONSTRUCTION (EE/SEC)

ÉNERGIE GRISE SELON LA SURFACE DES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION (SEC) POUR UN IMMEUBLE COLLECTIF



ÉNERGIE GRISE SELON LA SURFACE DES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION (MAISON INDIVIDUELLE)



SOBRIÉTÉ

Un des principes les plus importants en la matière est de réduire partout où c'est possible la quantité d'énergie grise. Dans chaque projet, on se posera donc des questions dans les domaines suivants, en visant la sobriété du mode de vie:

- Surface de logement par personne
- Nombre de salles de bain ou de douches
- Surface des éléments de construction
- Nécessité de certains éléments de construction, p.ex. pour l'enveloppe

En restreignant la grandeur des différents éléments au strict minimum, il est possible d'influencer significativement la quantité d'énergie grise, ce qui aura aussi un effet sur les coûts de construction. Une telle réflexion doit déjà être faite au moment d'élaborer le programme des locaux et de fixer les exigences pour les installations du bâtiment.

CONCEPTION DU BÂTIMENT ET DE SES ESPACES EXTÉRIEURS

Pour optimiser l'énergie grise au stade de la conception générale du bâtiment et de ses espaces extérieurs, il faut aborder les quatre questions suivantes:

- Parcelle
- Forme compacte du bâtiment
- Structures
- Façades

Ces questions sont développées brièvement ci-après.

PARCELLE ET SOUS-SOLS

La situation du bâtiment sur la parcelle et la quantité de matériaux excavés pour la fouille sont des critères influençant notablement l'énergie grise. Il faudrait réduire au maximum les déplacements de terre, notamment en prenant les mesures suivantes:

- Réduire autant que possible les sous-sols (nb d'étages enterrés, volumes); ne creuser le terrain que sur une faible profondeur.
- Réutiliser autant que possible les déblais pour remodeler le terrain de la parcelle.
- Le remodelage du terrain ne devrait se réaliser que sur une petite partie de la parcelle, en ne modifiant pas trop sa forme naturelle.
- Restreindre autant que possible les murs de soutènement, qui nécessitent des matériaux et des fondations importantes.

FORME COMPACTE ET EFFICACITÉ D'EXPLOITATION DES SURFACES

Comparé à la réflexion sur les besoins de chauffage, celle sur l'énergie grise implique d'aller plus loin dans la notion de compacité du bâtiment. Dans le premier cas, on ne fait que comparer la surface de l'enveloppe isolée avec la surface de référence énergétique, ce qui donne un indice d'enveloppe ($A_{th}/_{SRE}$). Dans le second cas, on détermine un indice de compacité (FK), calculé comme le rapport de la surface de tous les éléments extérieurs sur la surface de plancher (A_{GF}). Cela permet de tenir compte, pour le calcul de l'énergie grise, à la fois des éléments situés à l'extérieur et à l'intérieur de l'enveloppe isolée. Ce critère de compacité est donc un facteur intéressant et important pour le calcul de l'énergie grise. Un

autre critère remarquable pour mesurer l'efficacité est le rapport entre la surface utile principale et la surface de plancher (A_{HNF}/A_{GF}). Si l'on réduit la surface des locaux annexes, on peut influencer grandement le bilan de l'énergie grise.

STRUCTURE DU BÂTIMENT

On peut influencer la quantité d'énergie grise contenue dans un bâtiment en jouant sur sa structure porteuse et sur la disposition des locaux. Ce critère permet de faire varier la durée d'utilisation du bâtiment, et d'influencer sa facilité de réaménagement (possibilité de modifier l'usage des locaux au cours du temps). La règle est la suivante:

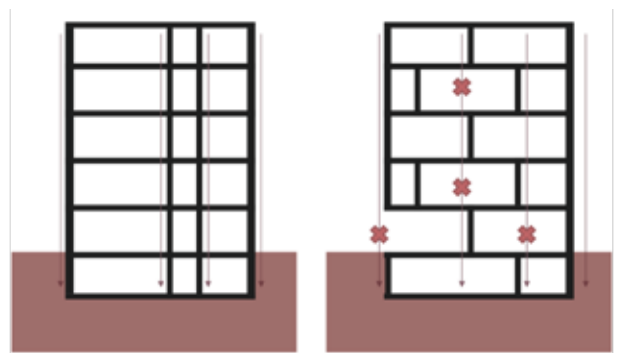
Plus longtemps le bâtiment peut être utilisé, plus faible est sa consommation d'énergie grise, rapportée à cette durée d'utilisation.

SÉPARATION SYSTÉMATIQUE DES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION

Les différents éléments d'un bâtiment ont des fonctions distinctes, que l'on peut séparer comme suit:

- Éléments porteurs (structure primaire)
- Installations techniques du bâtiment
- Aménagements intérieurs

Pour la structure primaire, il est utile de choisir un système porteur simple et logique. On choisira, p.ex., un dispositif permettant de reprendre les charges verticalement. Ce sont souvent les sous-sols et les halls d'entrée qui posent le plus de problèmes à ce sujet. Pour les dalles d'étage, on privilégiera les portées modestes.



Exemple: coupe de deux bâtiments illustrant deux manières de reporter les charges.

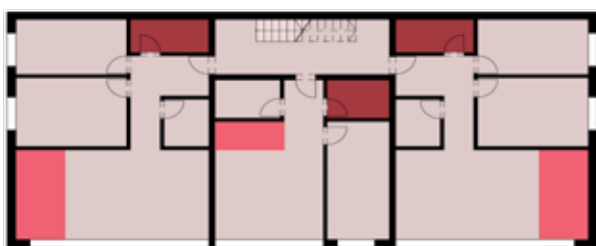
La durée d'utilisation de la structure primaire est différente de celle des aménagements intérieurs (y compris les cloisons non porteuses). Il s'agit donc de bien séparer les éléments porteurs du bâtiment et les éléments servant à aménager les intérieurs.

Les installations techniques du bâtiment, quant à elles, doivent être amorties sur une période plus courte que les éléments porteurs. Il doit être possible de rénover ces installations sans toucher les éléments porteurs. La meilleure solution est de poser les installations d'une manière bien accessible, indépendamment de la structure porteuse. Dans la mesure du possible, il faut renoncer à noyer les installations dans les dalles en béton, ce qui rend impossible leur modification ultérieure.

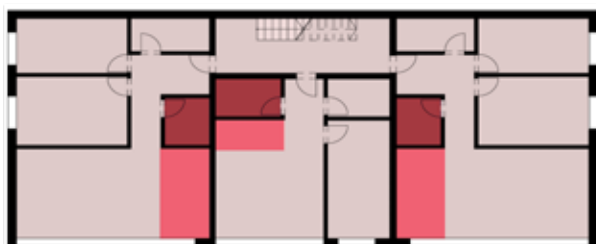
DISPOSITION DES LOCAUX/RACCOURCISSEMENT DES CONDUITES

Dans tout bâtiment d'habitation, les logements assurent différentes fonctions: séjour, espace nuit, salles d'eau et espace cuisine. Il est intéressant d'optimiser l'organisation des locaux en rapprochant ceux qui nécessitent des conduites, ce qui permet de simplifier et de raccourcir leur parcours.

SITUATION EXISTANTE



SITUATION OPTIMISÉE



Exemple: Les rectangles rouge clair représentent les espaces cuisine, tandis que les zones rouges figurent les salles de bain. Si l'on optimise l'organisation des locaux, il est possible de simplifier le tracé des conduites et canalisations principales et secondaires.

Cette règle est valable en plan comme en coupe, entre les étages.

VOLUMÉTRIE ET FORME COMPACTE

Les surfaces de l'enveloppe en contact avec l'extérieur ou avec la terre nécessitent beaucoup d'énergie grise pour leur construction. Il sera donc utile, dans le cadre du projet, d'optimiser ces surfaces. Sont par exemple concernés:

- le dimensionnement et l'organisation des caves et des parkings souterrains,
- l'excavation permettant d'implanter le bâtiment.

FAÇADES

Selon leur conception et leur design, les façades déterminent l'identité du bâtiment. Elles marquent la limite entre l'intérieur et l'extérieur et protègent le bâtiment contre le chaud ou le froid. Elles réduisent donc les pertes de chaleur, mais elles influencent aussi sensiblement la consommation d'énergie grise.

NICHES OU ÉLÉMENTS EN SAILLIE

Le modelage des façades par des éléments en creux ou en saillie permet de leur donner du caractère. Plus l'architecte «sculpte» ainsi les façades d'un bâtiment, plus le rapport entre surface de l'enveloppe et surface de référence énergétique augmente. Il est donc bon d'introduire le critère de l'énergie grise au stade du projet, ce qui permettra d'observer l'influence d'une façade très variée sur la quantité d'énergie grise consommée.

FAÇADES-RIDEAUX

Il est aussi possible de protéger les façades en les revêtant de plaques suspendues, qui peuvent être constituées de matériaux divers. Or on sait que, plus les plaques de revêtement sont lourdes, plus le système de fixation doit être solide, et plus le mur sur lequel ces fixations sont arrimées doit être massif. Tous ces éléments augmentent la dépense d'énergie grise.

SURFACE DES FENÊTRES

Le modelage des façades n'est pas seul à avoir une influence sur la dépense d'énergie grise; la taille des fenêtres y contribue également. Le cas le plus extrême est celui des façades entièrement vitrées. Lors du projet, l'architecte devrait se souvenir que les éléments de fenêtres sont très gourmands en énergie grise, et donc en tenir compte lorsqu'il détermine la proportion des ouvertures par rapport à la surface des façades.

Bien entendu, d'autres critères doivent aussi être pris en compte, comme les gains énergétiques dus aux apports solaires à travers les fenêtres, la nécessité de protéger les ouvertures contre la surchauffe en été, ainsi que les gains de lumière naturelle.



RECOMMANDATION

On a constaté que, souvent, un taux d'ouverture de 20 à 30% de la surface de référence énergétique est une taille de fenêtre optimale.

BALCONS

Les balcons jouent souvent un grand rôle dans la «physionomie» d'un bâtiment. C'est notamment le cas des galeries courant tout autour du bâtiment. Mais il ne faut pas oublier que de tels éléments, non seulement représentent une augmentation de surface des éléments construits, mais qu'ils nécessitent aussi plus de matériaux pour les dispositifs de protection contre les chutes. Le bilan d'énergie grise s'alourdit d'autant.

STRUCTURE DU BÂTIMENT

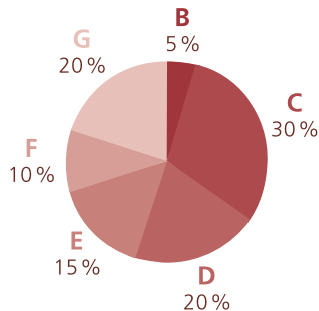
CE CHAPITRE PRÉSENTE LES PRINCIPES DE CONSTRUCTION DES BÂTIMENTS AINSI QUE LES ÉLÉMENTS UTILISÉS. IL EST CONÇU COMME UN SUPPORT POUR L'ARCHITECTE LORS DE LA PHASE DE RÉALISATION DU PROJET ARCHITECTURAL.

GROUPES D'ÉLÉMENTS ET LEUR CONTRIBUTION À L'ÉNERGIE GRISE

Pour traiter de la problématique de l'énergie grise, on a répertorié la quantité consommée par les divers éléments aux différents stades de la construction, d'après le Code des coûts de construction Bâtiment (CFC 2012). On distingue les groupes d'éléments suivants:

- B: Travaux préparatoires
- C: Gros œuvre
- D: Installations techniques du bâtiment
- E: Revêtements de façades et de murs contre terre
- F: Toitures
- G: Aménagements intérieurs

Ces groupes d'éléments ont un impact variable sur la dépense d'énergie grise. Des études ont permis de définir la répartition suivante de l'énergie grise entre les groupes (pour les nouveaux bâtiments):



D'après le schéma ci-dessus, on voit qu'environ un tiers de l'énergie grise est lié à la construction du bâtiment proprement dite (groupe C). Suivent, par ordre d'importance les groupes aménagements intérieurs et installations, qui représentent chacun un cinquième des dépenses en énergie grise.

CONSTRUCTION DU BÂTIMENT

D'après les données indiquées, on constate que, pour les nouvelles constructions, ce sont les groupes C, D et G qui offrent le plus grand potentiel d'économie. Cependant, il n'est guère possible d'obtenir une réduction significative d'énergie grise en ne prenant qu'une seule mesure dans un seul groupe d'éléments. Il vaut mieux prendre une panoplie de mesures. Sur ce plan également, la règle d'or est la suivante:

- Limiter le nombre d'éléments au minimum nécessaire, diminuer le nombre de couches de l'enveloppe, en diminuant l'épaisseur, la densité et le volume des différents éléments de construction.

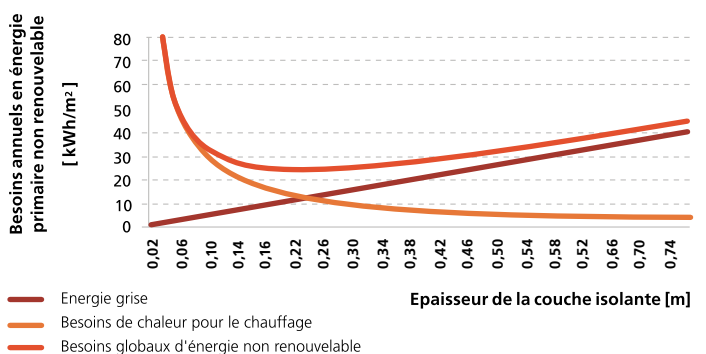
Si l'on observe cette règle, on peut diminuer, parallèlement à l'énergie grise, les coûts de construction.

MOINS CHAUFFER OU MOINS DÉPENSER D'ÉNERGIE GRISE

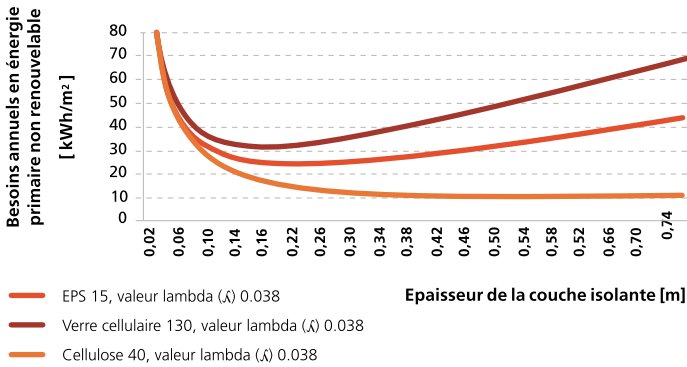
Si l'on augmente l'épaisseur ou le volume d'un élément de construction, l'énergie grise consommée augmente. On pourrait en déduire qu'il faut réduire autant que possible l'épaisseur des matériaux de construction. Pour certains éléments, toutefois, la relation est plus complexe car il faut prendre en compte les besoins en énergie pour le chauffage. Ce sont notamment les éléments suivants:

- Matériaux isolants
- Surfaces vitrées

Pour ces matériaux, les besoins en énergie grise augmentent proportionnellement à leur épaisseur. Mais parallèlement, les pertes de chaleur par transmission à travers l'enveloppe diminuent. Cela a pour effet une diminution des besoins d'énergie pour le chauffage. Il est possible d'illustrer cette règle sur la base d'un mur extérieur. Si l'on augmente son épaisseur, la dépense d'énergie grise augmente, et les besoins en énergie pour le chauffage diminuent. Si l'on veut obtenir un bilan de l'énergie globale consommée, il faut corriger les gains en énergie de chauffage en soustrayant les dépenses d'énergie grise. Les exemples suivants ont été calculés en prenant une pompe à chaleur dont le coefficient de performance annuel est de 3,2, et qui fonctionne avec le mix d'électricité suisse typique.



Le graphique ci-après montre que la dépense totale d'énergie augmente à nouveau à partir d'une certaine épaisseur optimale d'isolant. Encore faut-il moduler cette observation en fonction du type de bâtiment, de son emplacement, des apports solaires possibles, du type d'installations techniques du bâtiment et de l'agent énergétique utilisé. De même, le type d'isolant joue un rôle capital, comme le montre le graphique suivant:

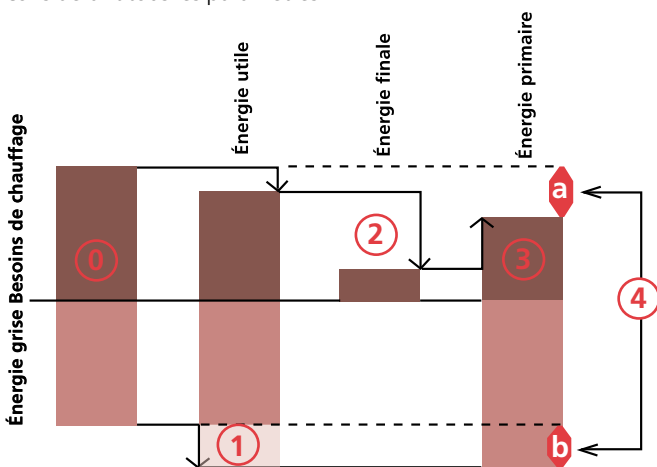


A RETENIR

Les matériaux isolants nécessitant peu d'énergie grise pour leur fabrication peuvent être mis en œuvre avec des épaisseurs plus importantes que les matériaux demandant beaucoup d'énergie grise. Cependant, l'épaisseur optimale varie d'un bâtiment à l'autre.

PROCESSUS D'OPTIMISATION

Etant donné que le bilan d'énergie grise se réfère à l'énergie primaire non renouvelable, et non à l'énergie utile, il faut convertir les besoins de chaleur pour le chauffage dans l'unité correspondante. A cette fin, il faut tenir compte du rendement du système global de production et de distribution de chaleur, ainsi que du facteur d'énergie primaire de l'agent énergétique concerné. Ce n'est qu'après une telle conversion que l'on peut optimiser l'épaisseur de l'isolant en considérant tous les paramètres.



- 0 Besoins de chaleur pour le chauffage et énergie grise
→ Situation initiale pour l'optimisation

- 1 Ajouter une épaisseur supplémentaire d'isolant
→ La consommation d'énergie grise augmente
→ Les besoins de chaleur diminuent
→ **TYPE D'ÉNERGIE CONCERNÉ: ÉNERGIE UTILE**
- 2 Rendement des installations du bâtiment
→ Les besoins en énergie finale augmentent ou diminuent en fonction du type de générateur de chaleur
→ **TYPE D'ÉNERGIE CONCERNÉ: ÉNERGIE FINALE**
- 3 Pondération de l'agent énergétique en termes d'énergie primaire
→ Les besoins en énergie finale sont multipliés par le facteur d'énergie primaire
→ **TYPE D'ÉNERGIE CONCERNÉ: ÉNERGIE PRIMAIRE**
- 4 Comparaison entre gains et dépenses
→ Est-ce que l'économie réalisée **a** est plus importante que la dépense d'énergie grise supplémentaire **b**?



CONSTAT

Si l'on souhaite obtenir une réduction effective des besoins en énergie primaire, il faut multiplier la quantité de chaleur pour le chauffage « gagnée » par le supplément d'isolation, par le facteur d'énergie primaire de l'agent énergétique concerné. Le résultat de cette opération doit être plus élevé que la quantité d'énergie grise nécessaire pour constituer la surépaisseur d'isolant.

CYCLE DE VIE DES PRODUITS

Au cours de la vie d'un bâtiment, certains de ses éléments sont rénovés plusieurs fois, ou même supprimés complètement. En effet, tous les matériaux mis en œuvre dans la construction ne sont pas amortis sur la même durée. Ces renouvellements ont aussi des conséquences en termes de consommation d'énergie grise. Il est donc important de réfléchir aux aspects suivants:

- Structure de l'élément de construction
- Séparation des groupes d'éléments
- Période d'amortissement des matériaux

Il vaut mieux utiliser des matériaux à long cycle de vie pour les parties centrales du bâtiment, telles que les éléments porteurs. Les couches d'éléments à renouveler plus souvent doivent être placées à la périphérie du bâtiment.

Si les groupes d'éléments sont soigneusement séparés (p.ex. installations [chap. D selon CFC] non intégrées aux éléments de gros œuvre [chap. C selon CFC]), il est plus simple de rénover ou de renouveler les installations pour les adapter à l'évolution de la technique. Il est utile de se souvenir des points suivants:

- Prévoir des liaisons démontables sans détruire les éléments
- Dimensionner largement les gaines techniques (colonnes et distribution) pour disposer de réserves de place.
- Faciliter l'accès aux différents éléments de construction.

Il est intéressant de prévoir des matériaux dont la durée d'amortissement correspond à la durée d'utilisation des espaces qu'ils constituent.

DÉTERMINATION DU MODE DE CONSTRUCTION

De nombreux facteurs à tous niveaux jouent un rôle pour le choix optimal du mode de construction ou des types de matériaux.

Tous ces niveaux doivent être pris en considération lors des décisions. Comme les décisions prises sur ces questions ont toutes un effet sur la consommation d'énergie grise, il vaut mieux que cette dernière soit intégrée comme élément de décision à chaque stade du projet – et non qu'elle soit traitée pour elle-même.

TYPE DE CONSTRUCTION

Le choix du type de construction (massive, à ossature bois, hybride) a surtout une influence sur le groupe d'éléments C Gros œuvre. Dans ce groupe, ce sont surtout les sous-groupes C1 Radiers, fondations et C2 Parois porteuses (enterrées) qui sont concernés, le premier (C1) l'étant indirectement. Ces deux sous-groupes représentent, à eux seuls, environ 20% de la consommation d'énergie grise du groupe Gros œuvre. On peut donc en déduire que le choix du type de construction compte pour un quart des besoins en énergie grise totaux.

On a calculé qu'une construction à ossature bois consomme environ 5% de moins d'énergie grise qu'une construction massive, si l'on tient compte de tous les groupes principaux. Lorsqu'on tient compte également des besoins de chaleur pour le chauffage (ou de la capacité d'emmagasiner de la chaleur dans la masse), on constate que les deux types de construction demandent à peu près autant d'énergie primaire non renouvelable l'un que l'autre. Il s'agit là d'une compréhension globale de la question. Pour optimiser les dépenses d'énergie grise, il ne suffit pas de choisir le «bon» type de construction; il faut également optimiser tous les autres éléments du bâtiment.



CONSTAT

Que ce soit pour une construction massive ou pour une construction à ossature bois, il est possible d'obtenir des résultats comparables du point de vue de l'énergie grise, pour autant que l'on procède à une optimisation globale des différents éléments.

Pour optimiser le mode de construction ou la structure porteuse du bâtiment, il vaut mieux concevoir un système porteur simple et logique.

Dans les bâtiments à ossature bois, il est important de choisir les matériaux convenables pour optimiser les dépenses d'énergie grise. Les aspects suivants jouent un rôle capital:

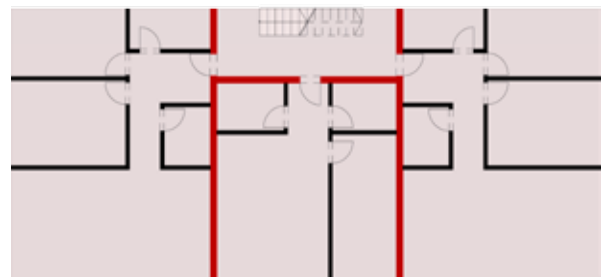
- Minimiser les parties en bois.
- Réduire le nombre de couches constitutives de chaque élément.
- Mettre en œuvre des éléments en bois massif plutôt que des poutres en bois lamellé-collé.

Dans les types de construction massive, les possibilités de réduire l'énergie grise dépendent des matériaux utilisés. On peut, p.ex., remplacer les briques en terre cuite par des parpaings de ciment. Le choix des matériaux sera traité plus en détail dans le chapitre correspondant.

SYNERGIES ENTRE LES FONCTIONS

Il est possible de réduire les dépenses en énergie grise en combinant plusieurs exigences, notamment autour des questions de protection. En effet, il est possible de réunir sur un seul élément de construction les exigences en matière de protection contre le feu, de protection contre le bruit et de sécurité sismique. Dans les immeubles collectifs, il est souvent possible de combiner les parois entre logements et les parois de séparation avec la cage d'escaliers, de manière à assurer simultanément une bonne isolation acoustique, une bonne capacité à absorber les forces latérales en cas de tremblement de terre, ainsi que de remplir les exigences en matière de protection contre le feu. Pour ce faire, on remplace le mur double en maçonnerie par un mur en béton armé.

La figure ci-dessous illustre ce principe. Les murs de séparation entre logements (en rouge) peuvent aussi assumer les fonctions de rigidification du bâtiment contre les tremblements de terre, de protection contre le bruit et de protection contre l'incendie.



Exemple: Les murs dessinés en rouge sont exécutés en béton armé. Les murs représentés en noir sont en briques simples ou en double rang de briques. La combinaison des fonctions a permis de réduire la consommation d'énergie grise.

AMÉNAGEMENTS INTÉRIEURS

Les aménagements intérieurs d'un bâtiment influencent grandement la consommation d'énergie grise, notamment parce que leur durée de vie est plus courte que le gros œuvre. Toute couche supplémentaire ajoutée à un élément de construction augmente son énergie grise, qui est aussi fonction des matériaux choisis.

LOCAUX À L'ÉTAT BRUT

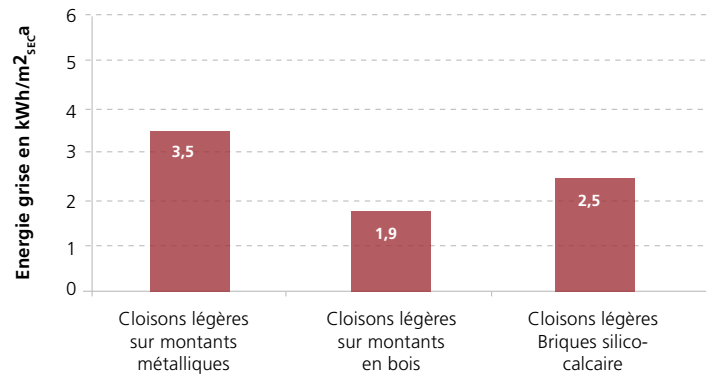
Un bâtiment dont les murs ne sont pas revêtus, mais qui est tout de même utilisable, peut être désigné par le terme «à l'état brut». Les éléments du gros œuvre sont encore visibles mais leur surface remplit les exigences de qualité d'une surface finie. Par exemple, un mur en béton apparent, une cloison en panneaux de fibres de bois non revêtus ou une chape fluide sans revêtement de sol peuvent être appelés éléments à l'état brut. Une construction à l'état brut se suffit à elle-même, sans revêtements et sans couches de couverture. Elle est moins gourmande en énergie grise et moins chère à construire qu'un bâtiment traditionnel.

SOUS-STRUCTURES

Il arrive fréquemment que les cloisons de séparation à l'intérieur d'un logement soient réalisées en construction légère, de type panneaux de plâtre sur profilés. Dans ce groupe d'éléments de construction, les panneaux sont en général constitués de plâtre armé de fibres ou de plâtre recouvert de carton (placoplâtre), et revêtus d'un crépi de finition.

Le graphique ci-après représente l'énergie grise d'une cloison légère sur poteaux en métal ou en bois, comportant un cœur de 80 mm de laine de pierre comme isolant, et un panneau en placoplâtre sur chaque face. Le choix du type de montants joue un rôle important pour le calcul de l'énergie grise nécessaire. Le remplacement des profilés métalliques par des montants en bois permet d'économiser au moins 2 kWh/m²a, soit de réduire de moitié la quantité d'énergie grise. On peut faire le même constat pour les habillages sur lattage ou les plafonds suspendus, ainsi que pour les supports de bardage en façade.

CLOISONS INTÉRIEURES



INSTALLATIONS TECHNIQUES DU BÂTIMENT

L'énergie grise nécessaire pour les installations techniques d'un bâtiment peut être calculée dans le groupe principal D du Code des coûts de construction.

Les principaux aspects à prendre en compte sont les suivants:

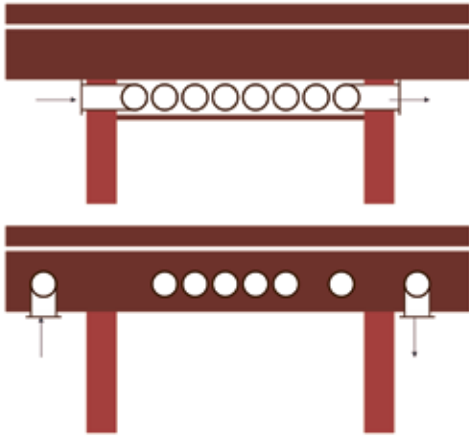
- Facilité de démontage (éléments non intégrés) et durée d'amortissement
- Nombre de systèmes installés
- Choix des matériaux et des produits

Ces questions sont traitées ci-après.

FACILITÉ DE DÉMONTAGE

La durée d'utilisation des installations techniques est nettement plus brève que la durée de vie du bâtiment. C'est pourquoi il est important que l'architecte prévoit le remplacement des diverses installations dès le début de sa planification. Il s'agit d'organiser le local technique en conséquence, de simplifier le tracé des conduites et de réserver suffisamment de place dans les colonnes techniques et les gaines de distribution.

Il est important de concevoir une porte suffisamment large pour le local technique et de faciliter l'accès aux colonnes montantes. De même, il est recommandé de ne pas intégrer les conduites dans les dalles en béton.



Exemple: Les canaux de ventilation douce peuvent être placés derrière les plafonds suspendus ou, mieux, rester visibles, au lieu d'être intégrés dans la dalle en béton.

NOMBRE DE SYSTÈMES INSTALLÉS

Le groupe d'éléments D du CFC (Installations) représente en moyenne, pour les nouvelles constructions, 20% de l'énergie grise contenue dans un bâtiment. Mais cette donnée peut varier énormément d'un bâtiment à l'autre, en fonction du nombre de systèmes installés. Pour limiter la dépense d'énergie grise, on peut agir sur les paramètres suivants:

- Raccourcir le tracé des conduites
- Limiter le nombre de systèmes installés

CHOIX DES MATÉRIAUX ET DES PRODUITS

Suivant les matériaux choisis pour les installations, il est possible de réduire encore plus les besoins en énergie grise. C'est le cas, p.ex., pour les conduites de distribution.

PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES (PV)

La production de panneaux photovoltaïques demande beaucoup d'énergie. Pour une villa optimisée sur le plan énergétique, il faut compter une dépense supplémentaire d'énergie grise d'environ 20% pour une installation photovoltaïque suffisamment puissante pour couvrir les besoins d'exploitation. Malgré cette dépense supplémentaire, il vaut la peine d'investir dans une telle installation, car l'électricité produite est nettement plus importante que l'énergie grise demandée. La durée nécessaire pour produire autant d'énergie que celle qui a été nécessaire à la fabrication dépend du type de module, du système de fixation des panneaux et du lieu d'implantation (rayonnement solaire disponible). En règle générale, la durée d'amortissement est de 2 à 3 ans.



EXEMPLE

Remplacer les canaux de ventilation habituels en tôle par des canaux à parois lisses en PE permet d'économiser 40% d'énergie grise.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

LE PRÉSENT CHAPITRE ABORDE CONCRÈTEMENT LA QUESTION DU CHOIX DES MATÉRIAUX.

PARAMÈTRES DÉTERMINANTS

Il est possible de se faire une première idée de l'énergie grise nécessaire en appliquant les critères de base suivants, qui permettent de choisir le groupe de matériaux le plus adéquat.

PROCESSUS DE PRODUCTION

L'énergie grise est l'addition de l'énergie nécessaire à la production d'un objet et de celle nécessaire à son élimination. La part d'énergie de production est toujours la plus importante des deux. La règle est simple: plus un matériau demande de l'énergie pour sa fabrication, plus il contiendra de l'énergie grise.

Trois facteurs entrent en jeu pour déterminer l'énergie de production:

- l'extraction des matières premières,
- la part de matériaux recyclés contenus dans le produit,
- le nombre d'étapes de fabrication et leur genre.

Les matériaux ou produits fabriqués à partir de matières premières simples à extraire contiennent en général moins d'énergie grise que ceux dont les matières premières demandent beaucoup d'énergie à l'extraction. Les matériaux nobles, ayant demandé beaucoup d'énergie au cours de leurs nombreuses étapes de fabrication contiennent plus d'énergie grise que des matériaux plus simples à fabriquer. Certains processus sont très énergivores: la fusion (des métaux), l'incinération ou le séchage consomment de grandes quantités d'énergie thermique, et donc leurs produits contiennent beaucoup d'énergie grise.

Si le matériau contient une certaine proportion de matières recyclées, cela contribue à faire baisser l'énergie grise, à condition toutefois que le processus de recyclage ne soit pas lui-même très gourmand en énergie. Un exemple très répandu est l'isolant à base de flocons de papier recyclé: ce matériau profite de l'énergie grise (non comptabilisée) nécessaire à fabriquer le produit antérieur (le papier), lequel est transformé par un processus simple. Par contre, le béton recyclé contient presque autant d'énergie grise que le béton normal, car il nécessite plus de ciment. Il reste toutefois intéressant parce qu'il permet d'économiser des matières premières (gravier naturel).

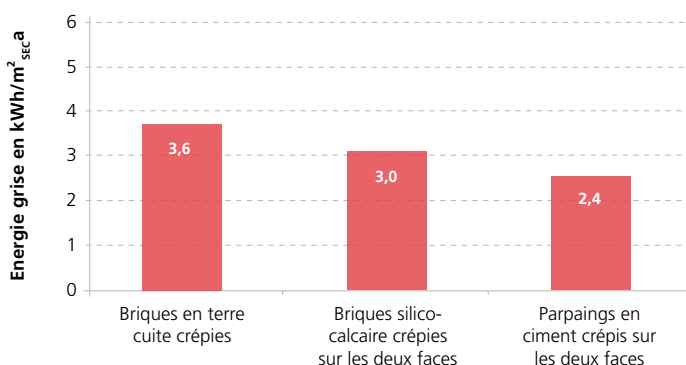
MAÇONNERIE

Les murs en maçonnerie, intérieurs ou extérieurs, servent soit de murs porteurs, soit de cloisons de séparation. Utilisés comme cloisons, ils assument bien leur fonction d'isolation acoustique et constituent un

meilleur matériau de base du point de vue de l'énergie grise que les cloisons légères en plâtre sur profilés en métal ou montants en bois.

Le graphique qui suit présente trois exemples de cloisons intérieures massives non porteuses. Elles ont toutes une épaisseur de 15 cm, et sont crépies sur les deux faces. La brique en terre cuite contient plus d'énergie grise que la brique silico-calcaire ou les parpaings en ciment. On constate que le processus de fabrication, à savoir la cuisson au four, a une influence déterminante sur le bilan d'énergie grise. Les deux autres produits contiennent moins d'énergie grise, car le processus de leur fabrication nécessite seulement la prise du ciment.

MURS NON PORTEURS DE 15 CM D'ÉPAISSEUR



MATÉRIAUX ISOLANTS

Les produits isolants ont ceci de particulier qu'ils ont un impact sur la consommation d'énergie à deux points de vue. D'un côté, ils contribuent à réduire les besoins en énergie pour le chauffage; de l'autre, ils consomment de l'énergie grise pour leur fabrication, en fonction de leur épaisseur. En visant la réduction de l'énergie d'exploitation, on augmente l'énergie grise.

UTILISATION JUDICIEUSE DES ISOLANTS, SELON LEUR TYPE

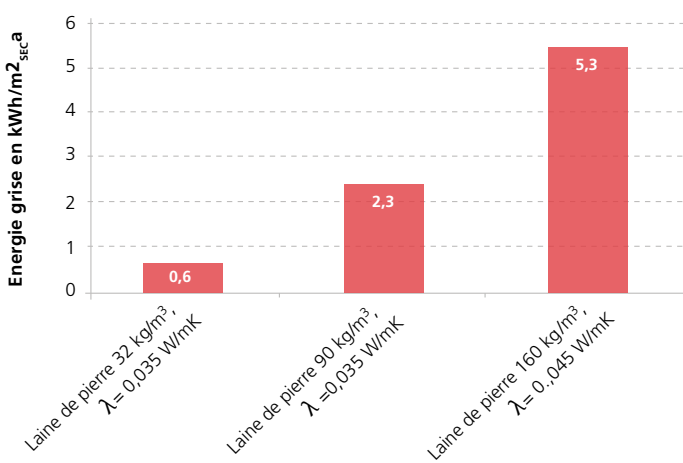
En simplifiant la question, on peut classer les produits isolants en trois catégories:

- Isolants intégrés dans des façades ventilées
- Isolants résistants à la pression
- Isolants avec fonction porteuse (p.ex. isolant comme support de crépi)

Ces trois catégories d'exigences déterminent les caractéristiques spécifiques des produits concernés. La densité de l'isolant – et donc sa masse – est choisie selon l'emplacement où il est utilisé et selon la fonction qu'il doit assumer. Par exemple, la laine de pierre utilisée comme matériau de remplissage dans les constructions à ossature bois ou colombage a une densité d'environ 32 kg/m³. Si ce même matériau est utilisé en façade comme support de crépi, sa densité est de 90 kg/m³. Si cette matière est mise en place pour isoler une toiture plate utilisable comme terrasse, sa densité peut s'élever jusqu'à 160 kg/m³, c'est-à-dire cinq fois plus élevée que dans le premier cas, et donc cinq fois plus gourmande en énergie grise.

A cela, il faut encore ajouter qu'un produit plus dense isole moins bien qu'un produit plus léger (sa valeur λ augmente). Pour obtenir un même pouvoir isolant (valeur U), il est donc nécessaire d'augmenter l'épaisseur des matériaux les plus denses. Comme le montre le graphique ci-dessous, il faut compter un facteur de 6 entre les isolants les plus lourds et les plus légers. La quantité d'énergie grise nécessaire ne dépend pas seulement de l'endroit où l'isolant est placé, mais aussi d'autres contraintes, telles que la protection contre le feu, l'isolation acoustique, l'isolation thermique estivale, le coût des matériaux, et aussi, bien entendu, l'épaisseur maximale supportable dans chaque cas particulier. Tous ces facteurs déterminent le choix de l'isolant. En conclusion, la valeur U n'est pas le seul critère; mais le domaine d'utilisation de l'isolant est déterminant.

LOCALISATION DE L'ISOLANT (VALEUR $U = 0,2 \text{ W/M}^2\text{K}$)

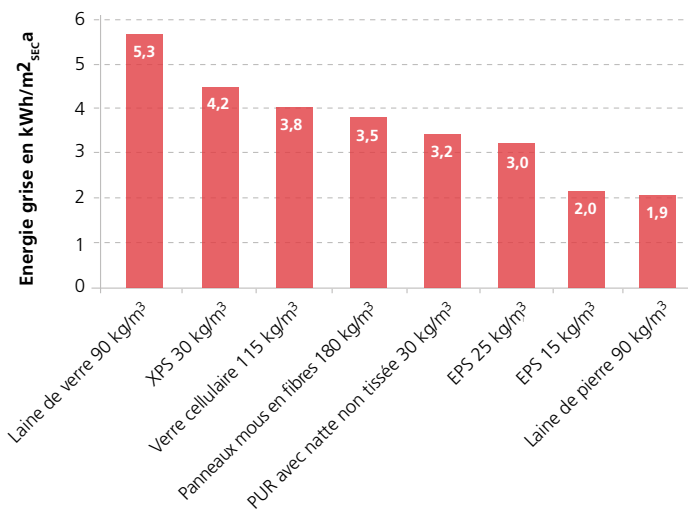


COMPARAISON ENTRE DIVERS ISOLANTS

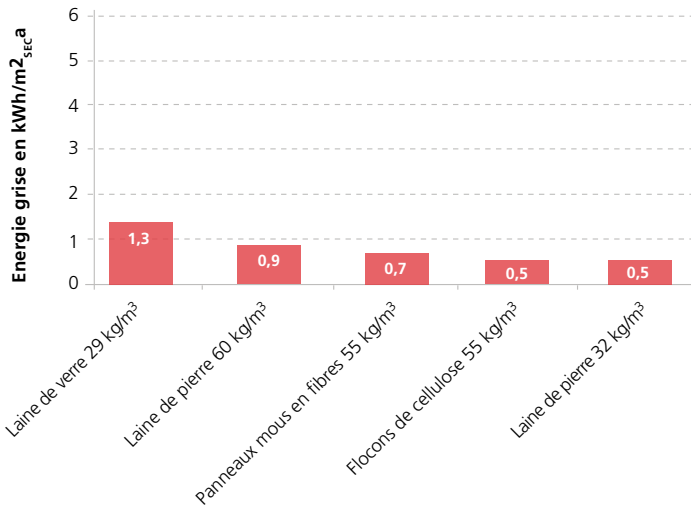
On trouve sur le marché de nombreux produits isolants: p.ex., laine minérale, matériaux à base de pétrole (PUR, PIR, EPS, XPS) ou produits à base de cellulose. Chaque groupe d'isolants se subdivise à son tour en plusieurs sous-produits, ce qui complique l'évaluation de l'énergie grise qu'ils contiennent. Les figures qui suivent présentent différentes manières d'isoler une façade extérieure. Les isolants sont définis par leur matériau de base et par leur densité.

On a choisi comme référence un isolant avec la valeur $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. La durée d'amortissement varie en fonction du domaine d'application. Selon la SIA (CT 2032), elle est de 30 ans pour les façades compactes et de 40 ans pour les façades ventilées. On voit que la quantité d'énergie grise des isolants varie en fonction de la masse volumique apparente, puisqu'elle est calculée par kilo de matériau. Par conséquent, les produits utilisés pour les façades compactes, étant plus lourds que ceux mis en œuvre dans les façades ventilées, ils contiennent nettement plus d'énergie grise. Le choix du matériau a, lui aussi, un impact sur l'énergie grise. Par exemple, la laine de pierre est en général moins gourmande en énergie grise que la laine de verre. Comparé à d'autres produits, la laine de pierre contient moins d'énergie grise, notamment celle de faible densité, avec ses 32 kg/m³. En revanche, les produits légers à base de laine de verre, avec une densité de 29 kg/m³, sont à classer, du point de vue de leur consommation en énergie grise, à peine en-dessus de 1,2 kWh/m².

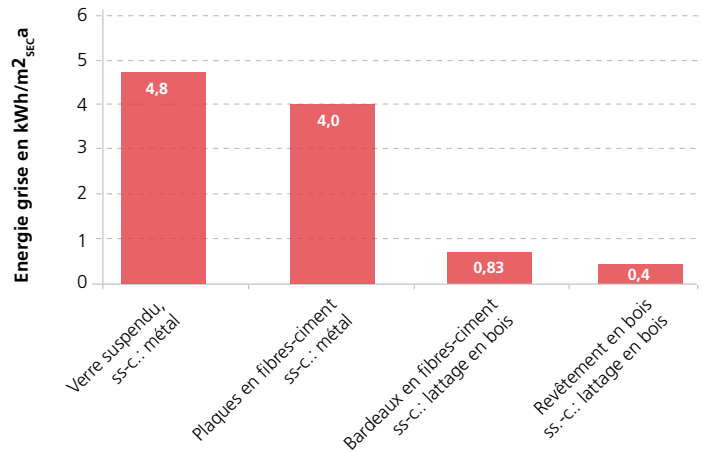
ISOLATION DE FAÇADES EXTÉRIEURES (RÉFÉRENCE: FAÇADE COMPACTE $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$)



ISOLATION DE MURS DOUBLES (RÉFÉRENCE: FAÇADE EXTÉRIEURE $U=0,2 \text{ W/M}^2\text{K}$)



REVÊTEMENT DE FAÇADE AVEC SOUS-CONSTRUCTION, VENTILÉE (SANS ISOLATION)



SOUS-CONSTRUCTION POUR SUPPORTER DES REVÊTEMENTS DE FAÇADE

Les sous-structures destinées à supporter les revêtements de façades ventilées peuvent être exécutées soit en métal, soit en bois. Les structures en métal (aluminium) contiennent beaucoup plus d'énergie grise que les structures en bois. Ces dernières permettent donc de réaliser d'importantes économies d'énergie. Le choix du matériau de sous-structure dépend souvent du système de revêtement choisi. Par conséquent, ce critère doit être pris en compte.

REVÊTEMENTS DE FAÇADE

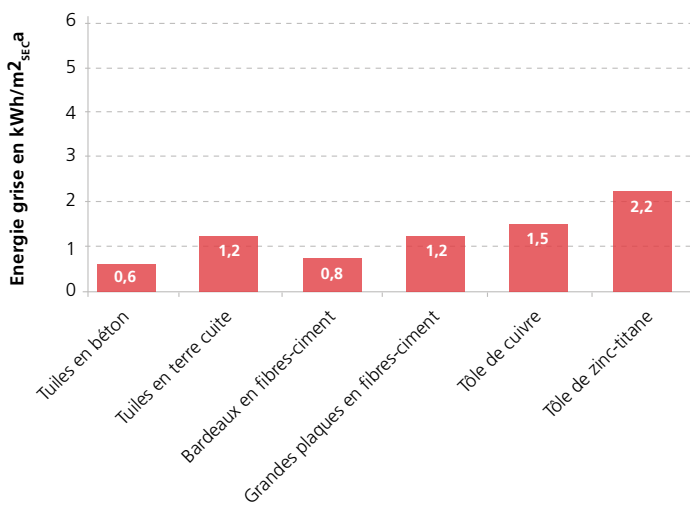
Les revêtements de façades présentent de grandes différences du point de vue de leur contenu en énergie grise. Par exemple, les façades constituées de plaques de verre cellulaires suspendues, puis crépies, consomment deux fois plus d'énergie grise qu'un revêtement ventilé en plaques de fibres-ciment. Par ailleurs, les façades revêtues de bois sont très peu gourmandes en énergie grise, et permettent donc de réaliser des économies substantielles.

COUVERTURE DE TOITURES INCLINÉES

La couche supérieure des toits inclinés, protégeant la construction des intempéries, peut être exécutée de diverses manières. Le graphique qui suit illustre six types de couverture. Seule la couche supérieure, en contact avec la pluie, est présentée ici, sans les éléments de sous-structure. Etant donné que la charpente et le lattage sont souvent exécutés en bois, leur consommation d'énergie grise est négligeable. De plus, ces structures sont très semblables d'un type de couverture à l'autre. Comparé aux toitures plates nécessitant environ $2,5 \text{ kWh/m}^2_{\text{SEC}}$, les produits classiques de couverture, tels que les tuiles ou les plaques en fibres-ciment, nécessitant seulement entre $0,5$ et $2,0 \text{ kWh/m}^2$ sont nettement plus économiques en énergie grise. Les tuiles en béton et les bardeaux en fibres-ciment ne nécessitent que peu d'énergie grise. En revanche, la tuile en terre cuite contient deux fois plus d'énergie grise que son équivalent en béton. Cela est dû à son procédé de fabrication (cuisson au four) qui est un grand consommateur d'énergie. Les couvertures en métal, quant à elles, oscillent entre $1,5$ et $2,2 \text{ kWh/m}^2$.

En raison de leur procédé de fabrication (par fusion de fer), les matériaux métalliques demandent beaucoup d'énergie. Les métaux les plus mous, tels que le cuivre, s'en sortent un peu mieux en raison d'un point de fusion moins élevé. En revanche, ils ne sont pas conseillés sur le plan écologique en raison de leur contribution à la pollution des eaux de surface.

MATÉRIAUX DE COUVERTURE (SANS SOUS-CONSTRUCTION)



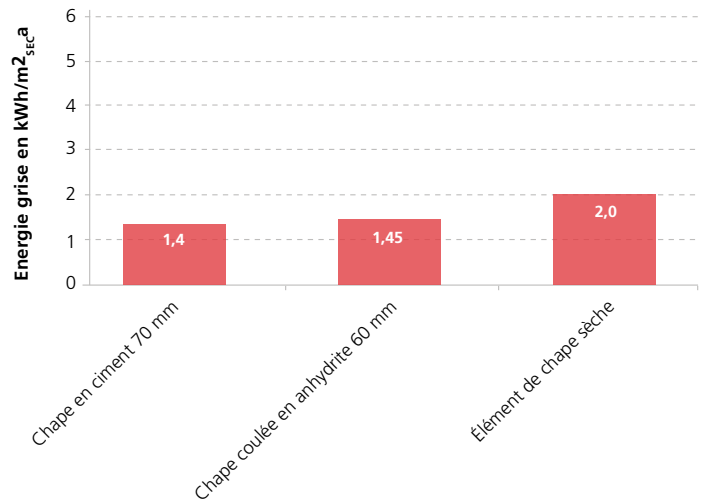
CHAPES, SUPPORTS DE REVÊTEMENTS DE SOLS

Pour avoir une idée correcte des dépenses en énergie grise, il ne suffit pas d'examiner les revêtements de sols; il faut aussi considérer les chapes ou supports sous-jacents. Dans certains bâtiments, en effet, les sols occupent des surfaces importantes. Ce critère est donc déterminant. Le graphique qui suit présente trois types de chapes et permet de les comparer.

- 7 cm chape en ciment
- 6 cm chape en anhydrite
- Chape sèche conventionnelle

On constate que les systèmes de chapes sèches contiennent davantage d'énergie grise que les systèmes de chapes dites humides. Cela est dû au fait que les matériaux utilisés demandent beaucoup d'énergie pour leur fabrication, et que le système prévoit des assemblages de plusieurs matériaux.

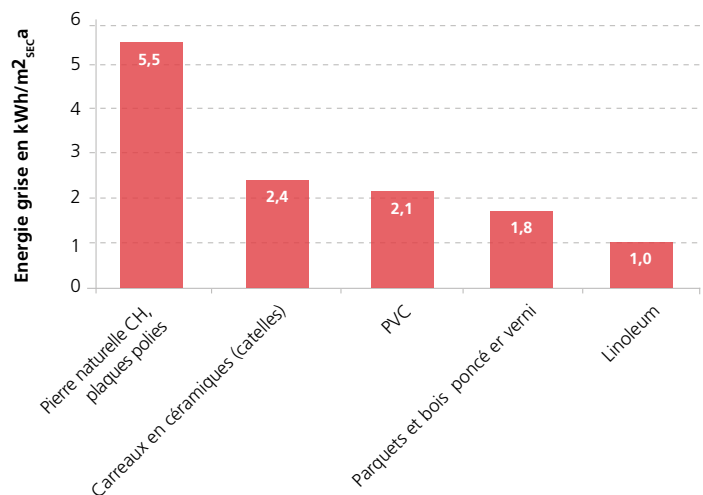
REVÊTEMENTS DE SOLS AVEC ISOLATION CONTRE LES BRUITS DE CHOC



REVÊTEMENTS DE SOLS

Si l'on considère le système complexe du bâtiment dans son ensemble, les revêtements de sols jouent un rôle non négligeable. Dans ce cas également, ce sont les procédés de fabrication et les étapes successives de traitement des différents matériaux qui influencent la dépense en énergie grise. Ces procédés peuvent être, pour la pierre naturelle, le sciage et le polissage (grands consommateurs d'énergie), pour les carreaux de céramique, la cuisson au four, et pour le PVC, les traitements thermiques.

REVÊTEMENTS DE SOL



RECOMMANDATIONS

POUR TERMINER, VOICI DIX CONSEILS CONCRETS QUI PERMETTENT D'EXPLOITER LES POTENTIELS D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE GRISE DANS LE BÂTIMENT:

1. PROLONGER LA DURÉE D'UTILISATION

On peut allonger la durée de vie d'un bâtiment en jouant sur sa localisation et sur son architecture, en prévoyant une utilisation flexible des locaux, en séparant les différents systèmes (porteurs et non porteurs), en choisissant des installations techniques adéquates et en simplifiant les aménagements intérieurs.

2. RÉDUIRE LA SURFACE DES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION

Il est possible de réduire la surface des éléments de construction en adoptant une forme de bâtiment compacte.

3. LIMITER LA GRANDEUR DES SOUS-SOLS

En modifiant le programme des locaux, il est possible de limiter le volume des matériaux d'excavation et de restreindre les parties enterrées du bâtiment.

4. PRÉVOIR UNE STRUCTURE PORTEUSE CLAIRE ET LOGIQUE

Il est intéressant de reporter les charges aussi simplement et directement que possible jusqu'aux fondations.

5. VALORISER LES SYNERGIES ENTRE FONCTIONS

Rassembler plusieurs exigences dans un seul élément de construction (p.ex. une paroi de séparation entre deux logements), telles que protection acoustique, protection contre le feu et sécurité sismique.

6. OPTIMISER LES DALLES ET LES TOITURES

Pour les dalles des niveaux intermédiaires, choisir une structure porteuse avec des portées économiquement raisonnables. Pour la structure des toitures, privilégier des isolants légers, ce qui contribuera efficacement à réduire l'énergie grise.

7. ÊTRE ATTENTIF AU CHOIX DU TAUX D'OUVERTURE EN FAÇADE

Déterminer la surface des fenêtres de manière intelligente et minimiser les éléments de cadres. Choisir de préférence des fenêtres en bois (1^{er} choix), puis des fenêtres bois-métal (2^e choix), enfin des fenêtres en plastique (3^e choix). Les fenêtres en métal sont celles qui consomment le plus d'énergie grise.

8. METTRE EN ŒUVRE DES ISOLANTS LÉGERS

Si les exigences en matière de résistance à la compression ne sont pas trop élevées, il vaut mieux choisir les matériaux isolants les plus légers possibles. De plus, il s'agit de dimensionner correctement l'épaisseur des isolants en faisant un compromis entre le gain en énergie de chauffage et la dépense d'énergie grise.

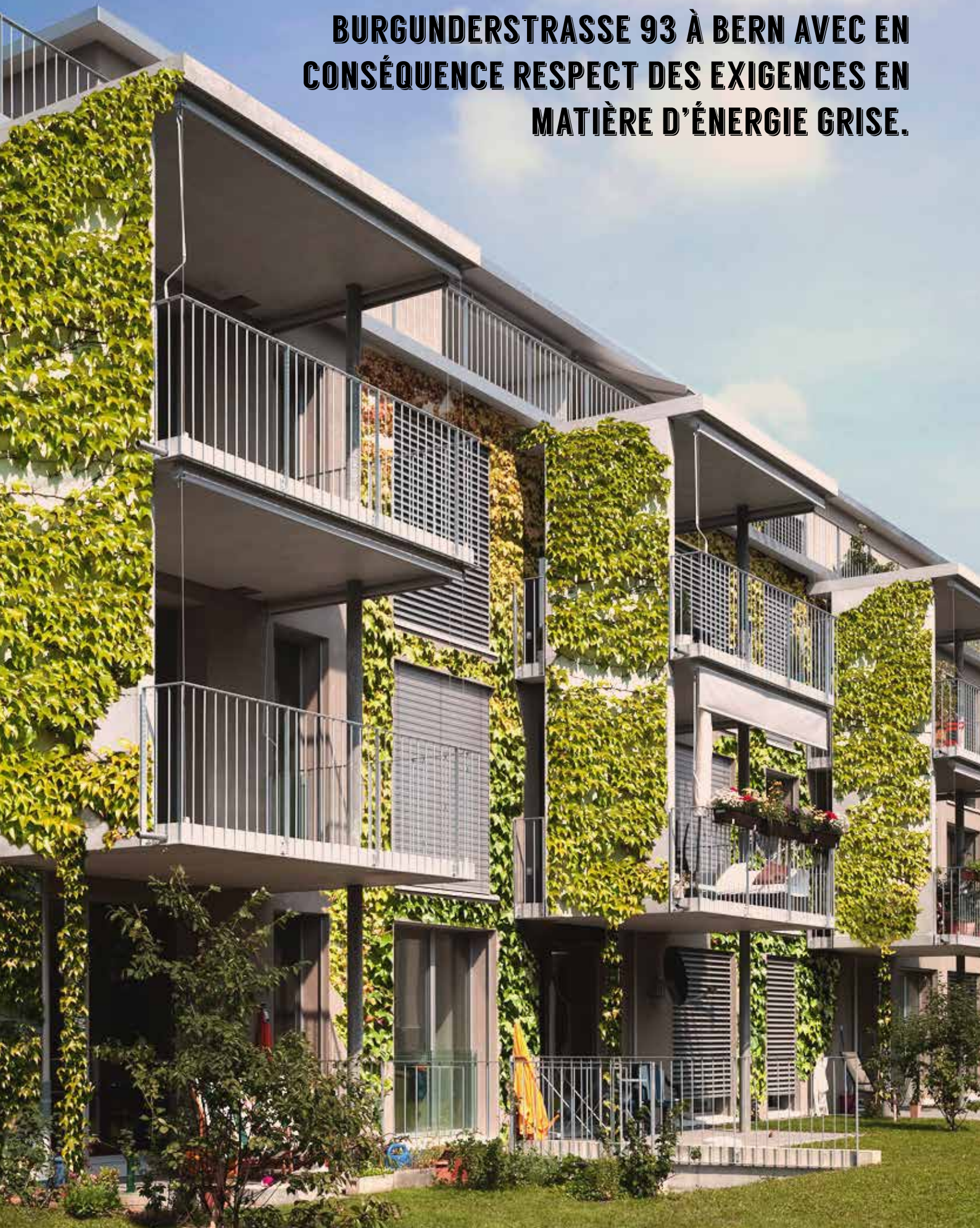
9. JOUER SUR LES MATÉRIAUX POUR LES CLOISONS INTÉRIEURES

Préférer les briques en ciment ou les briques silico-calcaires aux briques en terre cuite. Pour les cloisons légères choisir des montants en bois plutôt que des profilés métalliques.

10. OPTIMISER LES INSTALLATIONS TECHNIQUES DU BÂTIMENT

Réduire au strict nécessaire le nombre d'installations techniques. Raccourcir autant que possible le tracé des conduites. Pour les installations de ventilation, préférer les tuyaux en plastique aux canaux métalliques.

**IMMEUBLE COLLECTIF MINERGIE-P-ECO À LA
BURGUNDERSTRASSE 93 À BERN AVEC EN
CONSÉQUENCE RESPECT DES EXIGENCES EN
MATIÈRE D'ÉNERGIE GRISE.**



CO-AUTEURS

- aardeplan ag, architectes EPFZ SIA , Baar
- Energieagentur St.Gallen GmbH, St-Gall
- Visiobau, bureau d'architecture SIA , Muolen

SOURCES

- Bases pour les calculs énergétiques des bâtiments. SIA 380:2015
- Energie grise des bâtiments. Cahier technique SIA 2032, 1re édition 2010, correctifs C1, 2013
- La voie SIA vers l'efficacité énergétique. Cahier technique SIA 2040, 2011
- Rénovation énergétique des bâtiments, CT SIA 2047: 2015
- Données des écobilans dans la construction, KBOB 2009/1, 2014
- CRB, Code des coûts de construction, 2012

PHOTOS

- Architecture: Bürgi Schärer Architektur und Planung AG, Bern
Photo: Alexander Gempeler

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- SuisseEnergie: Rénovation énergétiquement correcte des immeubles locatifs - recommandations pour la rénovation stratégique des bâtiments, 2014
- SuisseEnergie: Aérer en respectant le bâtiment – Comment ventiler les logements lors de leur rénovation
- Gesund und ökologisch bauen mit Minergie®-ECO, édition
- Faktor 2015 (Réaliser une construction saine et écologique avec Minergie-ECO, en allemand seulement)
- interact, HES Lucerne, Technik und Architektur: Die Typologie der Flexibilität im Hochbau, 2008 (Une typologie flexible dans le bâtiment)

POUR EN SAVOIR PLUS

LIENS EN RAPPORT AVEC LE SUJET

www.eco-bau.ch	Questions de durabilité pour les bâtiments publics
www.ecospeed.ch	Etablir votre propre bilan énergétique
www.kbob.admin.ch > Publications > Construction durable	Données des écobilans dans la construction, KBOB 2009/1, 2014

AUTRES LIENS

www.cecb.ch	Certificat énergétique cantonal des bâtiments
www.energieantworten.ch	Réponses aux questions relatives à l'énergie
www.energybox.ch	Évaluez votre consommation d'électricité
www.energieetikette.ch	Étiquette-énergie pour les appareils électroménagers, les ampoules, les voitures, les pneus, etc.
www.energiefranken.ch	Tous les programmes d'encouragement de votre commune
www.energie-bois.ch	Tout savoir sur le chauffage au bois
www.energie-environnement.ch	Site internet des services cantonaux de l'énergie et de l'environnement sur les économies d'énergie et la protection de l'environnement
www.fernwaerme-schweiz.ch	Association suisse du chauffage à distance (ASCAD)
www.fws.ch	Groupement professionnel suisse pour les pompes à chaleur GSP
www.garantie-de-performance.ch	Certificat de performance des installations du bâtiment
www.geothermie.ch	Association pour la promotion de la géothermie en Suisse
www.gh-schweiz.ch	Association des entrepreneurs de l'enveloppe des édifices Enveloppe des édifices Suisse
www.habitatdurable.ch	Association HabitatDurable Suisse romande
www.hev-schweiz.ch	Association suisse des propriétaires fonciers
www.minergie.ch	Le label suisse pour le confort, l'efficacité et le maintien de la valeur patrimoniale
www.nnbs.ch	Réseau Construction durable suisse
www.snbs.ch	Standard de construction durable Suisse
www.suisseenergie.ch	Office fédéral de l'énergie (OFEN)
www.suisseenergie.ch/check-batiment-chauffage	Système check-bâtiment-chauffage
www.swissolar.ch	Centre d'information sur l'énergie solaire
www.topten.ch	Comparaison des appareils électroménagers les plus économes en énergie
