

Manuel pour le calcul de l'énergie grise des bâtiments MINERGIE-A®, MINERGIE-ECO®, MINERGIE-P-ECO® et MINERGIE-A-ECO®

1. Energie grise et cahier technique SIA 2032

Le calcul de l'énergie grise pour MINERGIE-A, MINERGIE-ECO, MINERGIE-P-ECO et MINERGIE-A-ECO se conforme au cahier technique SIA 2032 „L'énergie grise des bâtiments“. L'énergie grise y est définie comme la quantité totale d'énergie primaire non renouvelable nécessaire pour tous les processus en amont, depuis l'extraction des matières premières jusqu'aux procédés de fabrication et de transformation, et pour l'élimination, y compris les transports et les moyens auxiliaires nécessaires à cet effet. On l'appelle également „dépense d'énergie non renouvelable cumulée“.

Les données de base pour les matériaux de construction sont reprises de la recommandation KBOB "Données des écobilans dans la construction" qui évalue les produits et procédés usuels par rapport à leur impact environnemental. La durée d'utilisation des bâtiments est fixée à 60 ans. Les matériaux avec une durée d'utilisation plus courte et qui sont à remplacer avant, sont en conséquence saisis plusieurs fois. Le périmètre du bilan englobe l'entier du bâtiment ses parties chauffées et non chauffées incluses.

Dans le justificatif MINERGIE, la somme totale d'énergie grise annuelle se réfère à la surface de référence énergétique A_E . Il en résulte la valeur spécifique d'énergie grise en MJ/m²a, respectivement en kWh/m²a (mégajoule, respectivement kilowattheures par mètre carré de surface énergétique et par an).

2. Structure de ce manuel

Ce manuel décrit d'un côté le calcul de l'énergie grise pour une construction nouvelle ou une rénovation à l'aide d'un logiciel, (colonne gauche), de l'autre, le calcul des valeurs limites y correspondant pour les certifications MINERGIE (-P/A) –ECO respectivement la valeur limite fixe demandée pour MINERGIE-A (colonne de droite) dans le cas des constructions nouvelles:

Calcul de l'énergie grise	Valeurs limites de l'énergie grise
Construction nouvelle	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Enveloppe du bâtiment, chauffé ➤ Enveloppe du bâtiment, non chauffé ➤ Éléments de construction intérieurs: murs et plafonds ➤ Technique du bâtiment Sonde géothermique, photovoltaïque, solaire thermique, installations de chauffage, de ventilation, sanitaire et d'électricité ➤ Volume excavé 	<p>MINERGIE (-P/-A)-ECO</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Affectation: administration, école, habitat individuel/collectif ➤ Surface de référence par affectation ➤ Surface de plancher ➤ Technique du bâtiment: Sonde géothermique, photovoltaïque et solaire thermique <p>MINERGIE-A</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 50kWh/m²a
Rénovation	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Enveloppe du bâtiment, chauffé ➤ Éléments de construction intérieurs: murs et plafonds ➤ Technique du bâtiment Sonde géothermique, photovoltaïque, solaire thermique, installations de chauffage, de ventilation, sanitaire et d'électricité 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Affectation: administration, école, habitat individuel/collectif ➤ Enveloppe du bâtiment, chauffé ➤ Surface des murs extérieures contre-terre et hors-terre; surface de toiture; surface de fenêtres/portes extérieures et radier ➤ Éléments de construction intérieurs: murs et plafonds ➤ Technique du bâtiment Sonde géothermique, photovoltaïque, solaire thermique, installations de chauffage, de ventilation, sanitaire et d'électricité

La colonne de gauche décrit les éléments qui doivent être pris en compte pour le calcul de l'énergie grise. Les paramètres donnés dans la colonne de droite sont des informations d'entrée utilisées pour déterminer les valeurs limites de l'énergie grise. Pour MINERGIE-ECO, les valeurs limites de l'énergie grise sont dynamiques (ctd. évolue en fonction du projet), alors que la valeur limite de l'énergie grise, pour les nouveaux bâtiments selon le label MINERGIE-A, est fixée à 50 kWh/m²a.

3. Calcul de l'énergie grise

3.1 Logiciels et outils autorisés

Deux nouveaux logiciels destinés au calcul de l'énergie grise nécessaire au justificatif MINERGIE ont été développés et sont disponibles depuis mars 2011. Aucun autre logiciel ou calcul n'est autorisé pour le moment!

- **Variante 1: calcul au moyen de www.bauteilkatalog.ch** (Expert MINERGIE énergie grise)
(Base des données: [Recommandation KBOB "Données des écobilans dans la construction"](#) version janvier 2011)
- **Variante 2: calcul au moyen de www.lesosai.com** (à partir de Lesosai 7.1 avec justificatif complet ECO)
(Base des données: Recommandation KBOB "Données des écobilans dans la construction", version janvier 2011)

L'intégration des modules nécessaires au calcul de l'énergie grise est en préparation pour d'autres logiciels (p.ex. disponible depuis mi-2012 avec le logiciel [THERMO](#)). En règle générale, les logiciels sont vendus avec un manuel d'utilisation. Pour des questions en rapport avec un logiciel, nous vous

prions de vous adresser directement au vendeur respectif. Ce manuel se limite à la description du périmètre du bilan et des données de base utilisées.

3.2 Méthode de saisie

Pour calculer l'énergie grise spécifique, il faut prendre en compte les éléments de construction constituant l'enveloppe du bâtiment (dimensions à reprendre du justificatif SIA 380/1), les éléments de construction non chauffés (en dehors de l'enveloppe thermique), les éléments de constructions intérieurs, les installations techniques du bâtiment ainsi que le volume excavé. Le Code des coûts de construction Bâtiment eCCC-Bât (2009) est utilisé comme structure pour la méthode de saisie. Comme alternative, il existe une méthode de saisie simplifiée pour les éléments de constructions intérieures, la technique du bâtiment, ainsi que pour les éléments en zone non-chauffée et l'excavation dans le cas d'une nouvelle construction.

3.3 Construction nouvelle

Saisie complète

Les groupes d'éléments de construction suivants sont pris en compte sur la base du Code des coûts de construction Bâtiment eCCC-Bât (2009) (extrait de la SIA 2032, chiffre 3.2.3). Les petits éléments de construction (p. ex. fixations) et les ameublements fixes (p.ex. cuisines, armoires fixes, mobiliers) peuvent être négligés:

- Excavation:
 - B 6.2 Excavations, déblais non contaminés
- Enveloppe du bâtiment (parties chauffées et non chauffées):
 - C 1 Fondations
 - C 2.1 (A) Parois porteuses extérieures (souterraines)
 - C 2.1 (B) Parois porteuses extérieures (hors terrain)
 - C 4.3 Balcons
 - C 4.4 Structures porteuses de toitures
 - E 1 Revêtements de murs contre terre
 - E 2 Revêtements de façade
 - E 3 Fenêtres, portes (non compris: protections solaires et dispositifs de protection contre les chutes sur parois extérieures)
 - F 1 Couvertures
 - F 2 Ouvertures et superstructures (non compris: dispositifs de protection contre les chutes sur les toits)
- Éléments de construction intérieurs:
 - C 2.2 Parois porteuses intérieures (y compris fenêtres intérieures et portes/portails intérieurs)
 - C 3 Piliers
 - C 4.1 Structure porteuse de plancher (y compris escaliers/rampes)
 - G 1 Cloison (y compris fenêtres et portes/portails intérieurs)
 - G 2 Revêtements de sol
 - G 3 Revêtements de parois et de piliers
 - G 4 Revêtements intérieurs de plafonds
- Technique du bâtiment:
 - D 1 Installations électriques (y compris photovoltaïques)
 - D 5 Installations de chauffage (y compris sondes géothermiques et capteurs solaires)
 - D 7 Installations de ventilation et de conditionnement d'air
 - D 8 Installations de distribution d'eau (non compris: conduites d'évacuation, installations d'air comprimé ou sous vide)

Les principes de calcul suivants sont à respecter lors de la saisie des éléments de construction (extrait de la SIA 2032):

- Les parois extérieures sont calculées avec leurs dimensions extérieures (voir SIA 416/1)
- Les dalles sont calculées sans déductions des gaines ou escaliers; les escaliers ne sont pas calculés.
- Les parois intérieures sont calculées avec leurs dimensions intérieures et sans déduction des portes, passages de canalisation ou de conduit. Les portes et encadrements de porte ne sont pas calculés.
- Les revêtements de sol et de dalles sont calculés entièrement, sans déduction des surfaces de construction.
- Les petits éléments de construction comme des escaliers extérieurs menant au sous-sol, des puits de lumière et des sorties de secours peuvent être négligés.
- Les éléments linéaires en bordure d'éléments de construction, tels que gouttières, encadrements de fenêtre, etc., sont négligés.

Saisie simplifiée des éléments de construction intérieurs, des éléments de construction non-chauffés, des techniques du bâtiment et du volume excavé

Dans tous les cas de figure, la saisie de l'enveloppe doit être effectuée de manière détaillée. Afin de réduire le temps de saisie pour les éléments de construction intérieurs, des éléments de construction non-chauffés, des techniques du bâtiment et du volume excavé, il existe une méthode simplifiée. Pour les constructions nouvelles, les informations suivantes sont nécessaires:

- Bâtiment:
 - Hauteur sous plafond (longueur)
 - Surface de référence énergétique (surface)
 - Surface de plancher (surface)
 - Nombre d'étage non-chauffé
 - Nombre d'étages souterrains
 - Surface au sol du sous-sol (surface)
 - Surface au sol du bâtiment (Surface)
- Parois intérieures (chauffé):
 - Types de plans (choix)
 - Exigences de protection contre le bruit (liste déroulante)
 - Type de construction (liste déroulante)
- Planchers intermédiaires (chauffé) :
 - Exigences de protection contre le bruit (liste déroulante)
 - Type de construction (liste déroulante)
 - Epaisseur de plancher (liste déroulante)
- Techniques du bâtiment :
 - Catégorie d'ouvrage (liste déroulante)
 - Sonde géothermique (liste déroulante)
 - Standard MINERGIE® (liste déroulante)
 - Installation photovoltaïque (surface)
 - Solaires thermiques (surface)

Sur la base des données ci-dessus, l'énergie grise des éléments de construction intérieurs (murs et planchers intermédiaires chauffés), des éléments de constructions non-chauffés, des installations techniques et du volume excavé est calculée avec des valeurs moyennes. Les valeurs moyennes et les routines de calcul sont décrites dans le rapport final MINERGIE®-ECO 2011 (disponible auprès de l'office de certification MINERGIE-ECO CH).

3.4 Rénovations

Saisie complète

Pour les rénovations, il est nécessaire de saisir les éléments de construction impliquant des interventions majeures lors de la réalisation. La structure porteuse du bâtiment doit au minimum être conservée. Les cas suivants sont à prendre en considération:

- Mise en place de nouvelles couches constructives (p. ex. isolations extérieures et crépis)
- Mise en place de matériaux isolants (p. ex. isolation du toit)
- Remplacement d'installations techniques (p.ex. chauffage ou installations électriques)

Les travaux modestes (p.ex. peindre) ne comptent pas comme modernisation. La réalisation d'étages supplémentaires (p.ex. étage souterrain ou surélévation du bâtiment) est assimilée à une construction nouvelle, ces travaux sont donc à saisir séparément.

Pour la rénovation, lors d'une saisie simplifiée, l'excavation n'est pas à prendre en compte. L'énergie grise des éléments de construction intérieurs est attribuée principalement aux éléments intérieurs du périmètre chauffé.

Saisie simplifiée

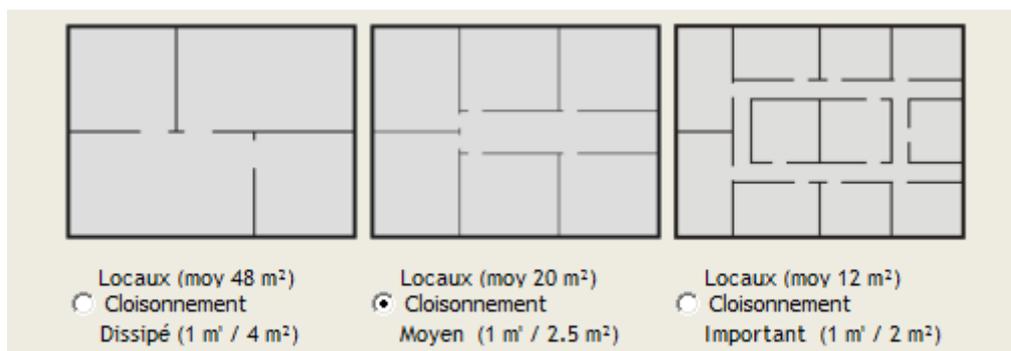
La saisie complète des éléments de construction intérieurs et des installations techniques peut représenter un volume de travail considérable. Pour cette raison, une méthode simplifiée a été mise sur pied pour les modernisations. Les informations suivantes sont alors nécessaires:

- Bâtiment:
 - Surface de référence énergétique (surface)
- Parois intérieures:
 - Modification du type de construction (liste déroulante)
- Techniques du bâtiment
 - Catégorie d'ouvrage
 - Sonde géothermique (liste déroulante)
 - Standard MINERGIE® (liste déroulante)
 - Installation photovoltaïque (surface)
 - Capteurs solaires (surface)

Sur la base des données ci-dessus, l'énergie grise d'une modernisation est calculée au moyen de valeurs de référence. Ces valeurs sont décrites dans le rapport final MINERGIE-ECO 2011 (disponible auprès de l'office de certification MINERGIE-ECO CH).

Types de plans

Les types de plan suivants ont été définis:



Degrés d'intervention

La classification des mesures de rénovation sur la base d'un degré d'intervention s'avère difficile dans la pratique. Trois degrés d'intervention sont définis : «intervention faible», «intervention moyenne» et «intervention importante». Les recommandations de chaque degré d'intervention sont présentées ci-dessous. Il n'y a pas besoin de le calculer ou de le justifier. Le choix du degré d'intervention doit se faire parmi ces 3 :

(A) Intervention faible:

- 0 à 3% de la surface totale des parois intérieures est démontée pour créer des fenêtres et/ou des portes
- 0 à 3% de la surface totale des parois intérieures est fermée avec une brique simple (briques de 15cm, crépis)
- crépir 0 à 3% de la surface totale des parois intérieures
- peindre la surface totale des parois intérieures (les deux faces)
- peindre toute la surface de plafond

(B) Intervention moyenne

- environ 5% de la surface totale des parois intérieures est démontée pour créer des fenêtres et/ou des portes
- environ 5% de la surface totale des parois intérieures (porteur uniquement) est démontée et la charge reprise par des poutres métalliques
- environ 10% de la surface totale des parois intérieures (non-porteurs uniquement) est démontée et la moitié de cette surface est montée à un autre emplacement (modification du type de construction)
- environ 5% de la surface totale des parois intérieures est fermée avec une brique simple (briques de 15cm, crépis)
- crépir environ 5% de la surface totale des parois intérieures
- peindre la surface totale des parois intérieures (les deux faces)
- peindre toute la surface de plafond

(C) Intervention importante

- environ 10% de la surface totale des parois intérieures est démontée pour créer des fenêtres et/ou des portes
- environ 10% de la surface totale des parois (porteur uniquement) est démontée et la charge reprise par des poutres métalliques
- environ 30% de la surface totale des parois intérieures (non-porteurs uniquement) est démontée et la moitié de cette surface est montée à un autre emplacement (modification du type de construction)
- environ 10% de la surface totale des parois intérieures est fermée avec une brique simple (briques de 15cm, crépis)
- crépir environ 5% de la surface totale des parois intérieures
- peindre la surface totale des parois intérieures (les deux faces)
- peindre toute la surface de plafond

Attention: Ces degrés d'interventions ne sont applicables que pour la modernisation des parois intérieures. Si l'intervention est plus importante que décrite ci-dessus, ou encore, si des planchers intermédiaires sont remplacés ou réalisés à neuf, alors il faut saisir tous les éléments de construction de manière détaillée.

4. Valeurs limites d'énergie grise

4.1 Introduction

Les valeurs limites d'énergie grise pour MINERGIE-ECO, MINERGIE-P-ECO ou MINERGIE-A-ECO sont définies dynamiquement. La valeur limite d'énergie grise, pour le standard MINERGIE-A, est fixe.

Dans le cas d'un bâtiment MINERGIE-A-ECO, la valeur limite MINERGIE-A et la valeur limite supérieure de MINERGIE-ECO doivent être respectées. Les valeurs limites MINERGIE-ECO sont plus sévères.

4.2 Valeur limite d'énergie grise pour MINERGIE-A

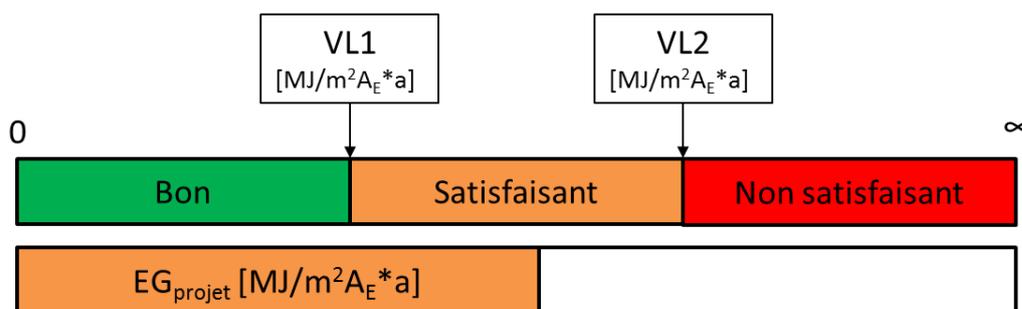
MINERGIE-A demande une valeur limite unique de **50 kWh/m²a** (kilowattheures par mètre carré de surface de référence énergétique par an) pour toutes les catégories de bâtiments disponibles.

La valeur limite d'énergie grise pour MINERGIE-A est une exigence relativement modeste, qui est par contre éliminatoire. Elle est valable pour la phase d'introduction sous réserve d'ajustement ultérieur. Cette exigence est décrite en détail dans le règlement d'utilisation MINERGIE-A (par exemple sur les apports des installations photovoltaïques à prendre en compte).

4.3 Valeurs limites d'énergie grise pour MINERGIE (-P, -A) -ECO

MINERIGE-ECO, MINERGIE-P-ECO et MINERGIE-A-ECO définissent pour chaque projet, construction nouvelle ou modernisation, une valeur limite inférieure et supérieure. Elles sont plus restrictives que celle de MINERGIE-A et impliquent une conception optimale du bâtiment.

Les deux valeurs limites définissent la limite entre **bon** (vert) et **satisfaisant** (orange) (VL1) ainsi que la limite entre **satisfaisant** (orange) et **non satisfaisant** (rouge) (VL2).



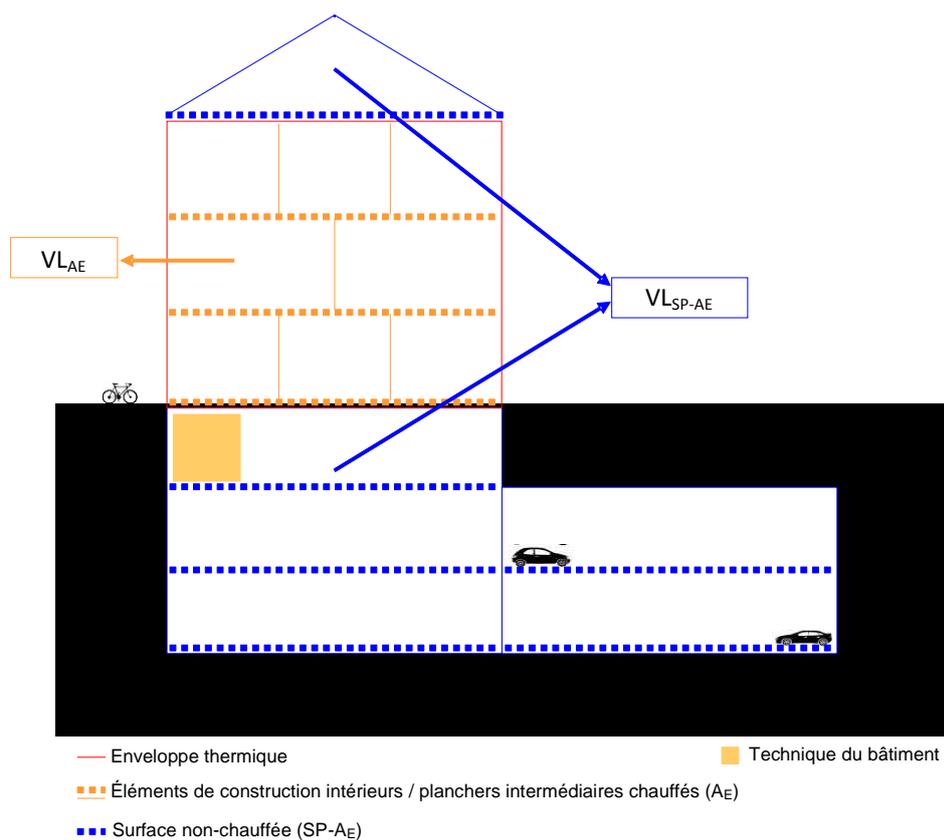
Afin de ne pas pénaliser les constructions nouvelles utilisant largement des énergies renouvelables (p.ex. photovoltaïques) ni d'à priori récompenser les modernisations partielles (p.ex. remplacement des fenêtres uniquement), les valeurs limites (VL1 et VL2) sont définies en fonction de chaque projet. Les valeurs limites sont ainsi calculées sur la base de certaines caractéristiques du bâtiment et de ses installations techniques. Elles sont exprimées en MJ par m² de surface de référence énergétique et an.

Construction nouvelle

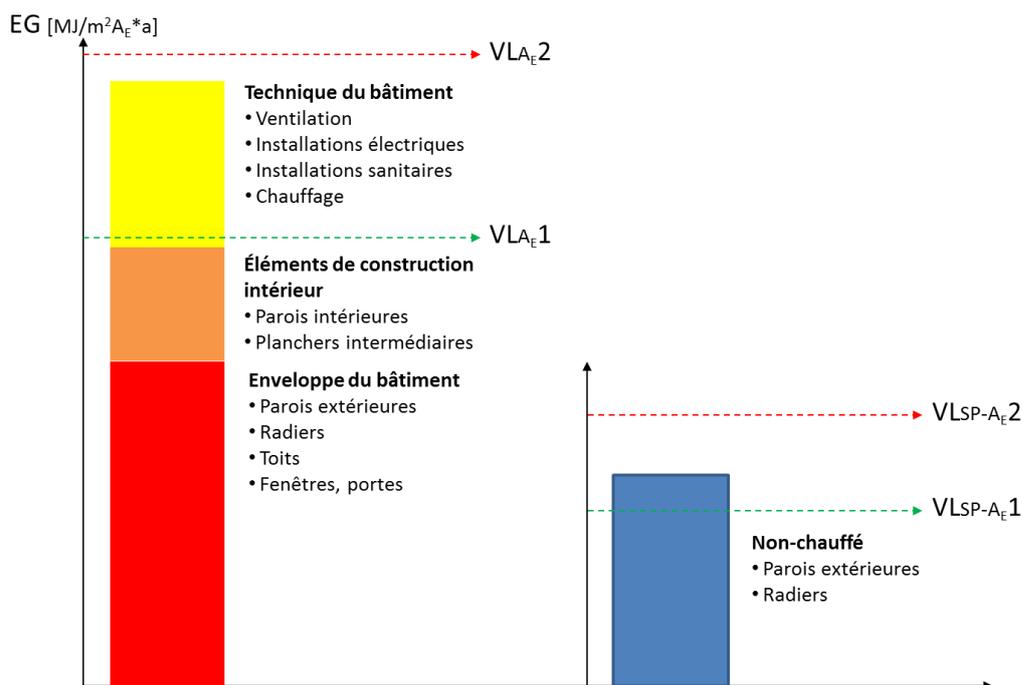
Pour les constructions nouvelles, il est nécessaire de saisir les paramètres suivants:

- Affectation du bâtiment:
 - administration
 - école
 - habitat individuel/collectif
- Surface de référence énergétique (surface):
- Surface de plancher (surface)
- Sonde géothermique (liste déroulante)
- Installation photovoltaïque (surface)
- Capteurs solaires (surface)

La plupart du temps, un bâtiment comporte une partie chauffée et une partie non-chauffée. Pour le justificatif énergétique MINERGIE® (-P/-A), c'est la surface chauffée (surface de référence énergétique) qui constitue la grandeur de référence. Les valeurs limites de base pour la surface chauffée (VL_{AE}) ont été calculées en conséquence. Etant donné qu'il faut aussi tenir compte de la partie non chauffée du bâtiment (p.ex. garage, caves) pour le calcul de l'énergie grise totale, les valeurs limites de base ont également été calculées pour la surface non chauffée (VL_{SP-AE}), lesquelles sont aussi prises en compte dans l'évaluation des valeurs limites du bâtiment.



L'illustration suivante décrit la composition des valeurs limites de base pour la surface chauffée (en rouge) et pour la surface non-chauffée (en bleu):



Les valeurs limites de base pour les surfaces chauffées et non-chauffées sont déduites des objectifs de performance énergétique (SIA 2040) et ont été vérifiées aux moyens de cas concrets. Le tableau ci-dessous résume ces valeurs:

Affectation	VL _{AE} 1	VL _{AE} 2	VL _{SP-AE} 1	VL _{SP-AE} 2
	[MJ/m ² a]	[MJ/m ² a]	[MJ/m ² a]	[MJ/m ² a]
	par surface chauffée (A _é)		par surface non-chauffée (GE- A _é)	
Administration	110	150		
Ecole	90	130	30	50
Habitat individuel/collectif	90	130		

Pour les éléments de la technique du bâtiment qui ont un grand impact sur l'énergie grise, les valeurs limites de base suivantes ont été fixées (les valeurs limites de base 1 & 2 sont identiques):

Affectation	Installation photo.	Solaire thermique	Sonde géothermique
	[MJ/m ² a]	[MJ/m ² a]	[MJ/m ² a]
	par surface de l'élément de construction		par surface chauffée (A _é)
Administration			
Ecole	141	178	7
Habitat individuel/collectif			

La valeur limite inférieure VL1 et supérieure VL2 de chaque projet se calcule en MJ par m² de surface de référence énergétique et an à partir des valeurs limites de base, des surfaces chauffées et non-chauffées effectives ainsi que des indications sur les éléments de la technique du bâtiment mis en œuvre. L'énergie grise effective du projet est mise en relation avec les valeurs limites spécifiques à ce projet et donne son degré de réalisation pour l'énergie grise.

Modernisation

Dans le cas de modernisations, il faut saisir des paramètres du bâtiment différents de ceux pour les constructions nouvelles. Il est admis que les éléments de construction suivants peuvent être remplacés ou complétés: parois extérieures rez/étages, toits, radiers, fenêtres/portes extérieures,

installation photovoltaïque, capteurs solaires, sonde géothermique, installation sanitaires, installation électrique, installation de ventilation, production et distribution de chaleur ainsi que les éléments de construction intérieurs. Les valeurs limites de base ont été déterminées pour chacun de ces éléments. Les valeurs limites du projet sont calculées à partir de celles-ci et des indications suivantes:

- Affectation du bâtiment:
 - administration
 - école
 - habitat individuel/collectif
- Standard MINERGIE® (liste déroulante)
- Surface de référence énergétique (surface)
- Surface des parois extérieures du rez et des étages (surface)
- Surface des toits (surface)
- Surface du radier (surface)
- Surface des fenêtres, portes et portails extérieurs (surface)
- Sonde géothermique (liste déroulante)
- Installation photovoltaïque (surface)
- Capteurs solaires (surface)
- Ventilation:
 - Réalisation/remplacement de toute la ventilation (liste déroulante)
 - Réalisation/remplacement d'un puits canadien en complément à la ventilation (liste déroulante)
- ou
 - Réalisation/remplacement de la ventilation de cuisine/salle de bain (liste déroulante)
- Remplacement des installations sanitaires (liste déroulante)
- Remplacement des installations électriques (liste déroulante)
- Remplacement de la production de chaleur (liste déroulante)
- Remplacement de la distribution de chaleur (liste déroulante)
- Assainissement d'éléments de construction intérieurs (liste déroulante)

Les valeurs limites de base pour l'enveloppe (par m² de surface de l'élément de construction) et pour le reste (par m² de surface de référence énergétique) reposent sur des données de la recommandation KBOB.

Les tableaux suivants contiennent les valeurs limites de base pour différents éléments de construction. Suivants les cas, il sont multiplié par la surface effective de l'élément réalisé ou par la surface de référence énergétique du projet. Pour les standards MINERGIE®—P et —A, les valeurs limites de base doivent être multipliées par le facteur 1.2 afin de permettre la mise en œuvre d'une meilleure isolation thermique.

Affectation	Parois ext. REZ/ETAGE [MJ/m ² a]		Toits [MJ/m ² a]		Radier [MJ/m ² a]		Fenêtres / portes ext. [MJ/m ² a]	
	VL1	VL2	VL1	VL2	VL1	VL2	VL1	VL2
	par surface de l'élément de construction							
Administration	10	20	15	25	15	25	45	65
Ecole								
Habitat individuel/collectif								

Affectation	Installation photov. [MJ/m ² a]	Capteurs solaires [MJ/m ² a]	Sonde géoth. [MJ/m ² a]	Installation san. [MJ/m ² a]	Installation électr. [MJ/m ² a]
	par surface de l'élément de contr.		par surface chauffée (A _E)		
	VL1 = VL2	VL1 = VL2	VL1 = VL2	VL1 = VL2	VL1 = VL2
Administration	141	178	7	5.3	8.4
Ecole				5.3	
Habitat individuel/collectif				7.7	

	Ventilation globale [MJ/m ² a]	Puits canadien vent. [MJ/m ² a]	Air vicié cuisine/bain [MJ/m ² a]	Production de chaleur [MJ/m ² a]	Distribution de chaleur [MJ/m ² a]
	si oui et par surface chauffée (A _E)				
	VL1 = VL2	VL1 = VL2	VL1 = VL2	VL1 = VL2	VL1 = VL2
Administration	8.4	3.4	0	0.9	4
Ecole	8.4	3.4	0		
Habitat individuel/collectif	7.1	2	1.9		

	Éléments de construction intérieurs	
	si oui et par surface chauffée (A _E)	
	VL1	VL2
Administration	5	10
Ecole		
Habitat individuel/collectif		

De manière similaire aux constructions nouvelles, la **valeur limite inférieure VL1 et supérieure VL2 de chaque projet se calcule en MJ par m² de surface de référence énergétique et an** à partir de la surface des éléments de construction assainis, de la présence dans le projet d'éléments de technique du bâtiment (y compris surface des installations photovoltaïques et des capteurs solaires), des surfaces des éléments de construction intérieurs et des valeurs limites de bases correspondantes. Ces valeurs sont ensuite mises en relation avec la surface de référence énergétique pour obtenir les valeurs limites spécifiques du projet de modernisation.

5. Littérature et cours pour aller plus loin approfondir

- Cahier technique SIA 2032 „L'énergie grise des bâtiments“, vente: www.sia.ch
- Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung, H. König et al., 2009
- Cours MINERGIE-ECO 2011: www.fe3.ch