

MINERGIE

Meilleure qualité de vie, faible consommation d'énergie
Mehr Lebensqualität, tiefer Energieverbrauch



La maison d'habitation MINERGIE®

Rudolf Fraefel

Aide à la planification
destinée aux professionnels
du bâtiment

 suisse énergie
partenaire

MINERGIE® est synonyme de qualité, de confort accru, de conservation de la valeur et d'une utilisation rationnelle de l'énergie. Une faible consommation d'énergie, dont une part conséquente en énergie renouvelable, constitue le fondement qui permet d'être simultanément favorable au développement durable, financièrement concurrentiel et rentable. Pour certains domaines d'application importants, des standards qui répondent à ces critères ont été définis.

Table des matières



MINERGIE® OW-002



MINERGIE® FR-018



MINERGIE® VD-004



MINERGIE® AG-003
MINERGIE® AG-004

0. Définitions		2
1. Enjeu	1.1 Le thème	4
	1.2 Le standard de base	4
	1.3 L'enjeu	4
2. Les mesures	2.1 Les mesures architectoniques	5
	2.1.1 La forme du bâtiment	5
	2.1.2 L'orientation du bâtiment	5
	2.1.3 Les fenêtres	5
	2.1.4 L'ombrage	6
	2.1.5 L'orientation des fenêtres	6
	2.1.6 L'ensoleillement	6
	2.1.7 La surface vitrée des fenêtres	7
	2.1.8 La part du châssis	7
	2.1.9 La surchauffe des pièces	7
	2.2 Les mesures touchant à la construction	9
	2.2.1 L'isolation thermique	9
	2.2.2 Le vitrage	9
	2.2.3 Le châssis de fenêtre	9
	2.3 Les mesures touchant aux installations techniques	10
	2.3.1 L'air frais	10
	2.3.2 Le chauffage	11
	2.3.3 La distribution de chaleur	11
	2.3.4 L'énergie solaire	11
	2.3.5 L'utilisation passive de l'énergie solaire	12
	2.3.6 L'utilisation active de l'énergie solaire	12
	2.3.7 Le chauffage au bois	12
	2.3.8 La pompe à chaleur	13
	2.3.9 La chaudière à mazout ou à gaz	14
	2.3.10 Le couplage chaleur-force	14
	2.3.11 Le photovoltaïque	15
	2.3.12 L'eau chaude	15
3. Concepts pour nouvelles constructions	3.1 L'objet de référence	16
	3.2 Les mesures prises individuellement	16
	3.3 Les paquets de mesures	17
	3.4 Les mesures architectoniques	17
	3.5 Les mesures touchant à la construction	17
	3.6 Les mesures touchant aux installations techniques	17
	3.7 Concepts	18
4. Concepts pour rénovations	4.1 L'objet de référence	19
	4.2 Les mesures	19
	4.3 Les balcons	20
	4.4 Les fenêtres	20
	4.5 Les tuyaux de chauffage	20
	4.6 Les mesures prises individuellement	20
	4.7 Les paquets de mesures	21
	4.8 Les mesures architectoniques	21
	4.9 Les mesures touchant à la construction	21
	4.10 Les mesures touchant aux installations techniques	21
	4.11 Concepts	21
5. Coûts	5.1 Les coûts d'exploitation	22
	5.2 Les coûts du capital investi	22
	5.3 La durée de vie	22
	Sources littéraires	24
	Impressum	24

o. Définitions

Le standard MINERGIE®

Le standard MINERGIE® est un standard de qualité protégé par la loi. Le label MINERGIE® est décerné aux bâtiments pour lesquels le respect des valeurs limites MINERGIE® est établi par calcul ainsi qu'aux constructions et éléments de construction pour lesquels le respect des exigences MINERGIE® est prouvé.

Les maisons MINERGIE®

Pour prétendre au qualificatif «maison MINERGIE®», un bâtiment doit répondre à des critères constructifs et techniques modernes en matière de:

1. Confort
2. Salubrité
3. Absence de dommages
4. Consommation d'énergie
5. Rentabilité

La grandeur de référence MINERGIE®

L'expérience démontre qu'il existe une étroite corrélation entre un standard élevé en matière de confort et de salubrité et une faible consommation d'énergie. C'est pourquoi la consommation d'énergie constitue également une grandeur de référence pour les autres critères. Par conséquent, les exigences applicables aux maisons MINERGIE® sont essentiellement définies par des valeurs limites énergétiques.

Cette simplification présente cependant un inconvénient: on pourrait en effet être tenté de compenser les lacunes qualitatives d'un bâtiment par des installations techniques coûteuses pour atteindre le standard MINERGIE®. Un tel concept entraînerait toutefois des répercussions négatives sur le plan du confort et de la salubrité (parois extérieures froides, courants d'air, etc.), ce qui serait tout à fait contraire à la philosophie MINERGIE®. C'est la raison pour laquelle le standard MINERGIE® pose une exigence primaire à l'enveloppe du bâtiment, qui doit être respectée au même titre que les valeurs limites.



MINERGIE® ZG-018

L'indice énergétique pondéré

Les indices énergétiques des maisons MINERGIE® sont calculés selon la recommandation SIA 180/4. Toutefois, les caractéristiques spécifiques des différents vecteurs énergétiques sont prises en compte sur la base des trois critères suivants:

– **Seule l'énergie de haute valeur livrée à la parcelle de terrain (combustibles, électricité, chaleur à distance) est intégrée dans le calcul. L'énergie de faible valeur disponible sur le terrain et dans ses environs (chaleur géothermique, rayonnement solaire, rejets thermiques) n'est pas intégrée.**

– **La plus haute valeur de l'énergie électrique est prise en compte par une double pondération de la consommation électrique des installations de chauffage, d'aération et de climatisation.**

– **Pour faire valoir les avantages économiques et écologiques du bois, la consommation des chauffages au bois n'est pondérée qu'à 60%.**

Les indices de consommation d'énergie calculés en fonction de ces adaptations sont appelés indices énergétiques pondérés E^* et définis comme suit:

$*E_h$ = indice pondéré de dépense d'énergie pour le chauffage des pièces, l'aération et la climatisation

$*E_{ww}$ = indice pondéré de dépense d'énergie pour la préparation de l'eau chaude sanitaire

$*E_w$ = indice pondéré de dépense d'énergie thermique
 $= *E_h + *E_{ww}$

Unités de mesure admissibles: kWh/m² ou MJ/m².

Représentation

Dans la présente brochure, les unités de mesure sont représentées comme suit:

kWh/m²: caractères droits

MJ/m²: caractères italiques

Lors de la conversion, quelques erreurs d'arrondi de ± 1 kWh/m² peuvent se produire.

Les valeurs limites MINERGIE®

Les bâtiments d'habitation MINERGIE® ne doivent pas dépasser les valeurs limites suivantes:

Nouvelles constructions	$*E_w \leq 42$ kWh/m²	corresp. ≤ 151 MJ/m²
Rénovations	$*E_w \leq 80$ kWh/m²	corresp. ≤ 288 MJ/m²

La valeur limite fixée pour les rénovations s'applique aux bâtiments dont la construction est antérieure à 1990.

L'exigence primaire MINERGIE®

L'exigence primaire est définie au moyen des besoins de chaleur pour le chauffage. Le calcul des besoins de chaleur pour le chauffage Q_h selon la norme SIA 380/1 est complexe. Toutefois, étant donné que ce calcul est d'ores et déjà requis pour établir la demande de permis de construire légale, le justificatif MINERGIE® n'impose aucun surcroît de travail.

Les bâtiments MINERGIE® doivent en outre remplir l'exigence primaire suivante:

Nouvelles constructions: $Q_h \leq 80\%$ de la valeur limite H_g pour nouvelles constructions selon SIA 380/1

Rénovations: $Q_h \leq 120\%$ de la valeur limite H_g pour nouvelles constructions selon SIA 380/1

L'aération MINERGIE®

Les enveloppes de bâtiment étanches à l'air correspondent aux standards techniques actuels. C'est pourquoi des mesures particulières doivent être adoptées, d'une part pour garantir un apport suffisant d'air frais et d'autre part pour assurer l'évacuation des polluants et de l'humidité. Une aération non contrôlée (manuelle) par les fenêtres est insuffisante.

Dans la maison MINERGIE® le renouvellement nécessaire de l'air doit être assuré au moyen de dispositifs techniques.

Les surcoûts MINERGIE®

Les bâtiments MINERGIE® sont parfois victimes d'un préjugé selon lequel ce type de construction serait complexe et coûteux. L'exigence ci-dessous suffit à elle seule pour démentir cette assertion:

Le coût d'une maison MINERGIE® ne doit pas excéder de plus de 10% celui d'une maison conventionnelle de référence.

Les répercussions de la technique de construction MINERGIE® sur les coûts de construction et d'exploitation sont traités au chapitre cinq.

Les modules MINERGIE®

La qualité d'une maison dépend de la qualité de ses éléments et systèmes. Pour les éléments et les parties de système importants, l'Association MINERGIE® a défini lesdits modules. Les modules de bâtiment comprennent par exemple des murs et des toitures ainsi que des systèmes de fenêtres. L'utilisation des modules MINERGIE® permet en particulier d'améliorer les transformations qui sont souvent réalisées en plusieurs étapes. En outre, les modules facilitent l'obtention du label MINERGIE®.

Le standard MINERGIE®-P

Depuis 2002, il existe également un autre standard, le standard MINERGIE®-P, qui s'inspire du standard allemand de la maison passive. Ce standard pose des exigences qui sont à la limite de ce qui est techniquement réalisable aujourd'hui. Il s'adresse aux maîtres d'ouvrages et aux planificateurs qui se veulent des pionniers en matière d'écologie et de technique et qui désirent contribuer à l'évolution de la construction en développant des solutions innovantes. Il peut se comparer à l'athlète d'élite, alors que le standard MINERGIE® relève plutôt du sport de masse.

Le standard MINERGIE®-P pose pour l'essentiel les exigences suivantes:

MP Puissance thermique à installer	$\leq 10 \text{ W/m}^2$
MP Besoins de chaleur pour le chauffage	$\leq 20\%$ de la valeur limite selon SIA 380/1
Indice pondéré dép. énergie thermique	$*E_w \leq 30 \text{ kWh/m}^2$
Étanchéité à l'air	$n_{L50} \leq 0.6/\text{h}$
Appareils ménagers	Classe A, resp. A+

Une brochure spéciale a été éditée pour le standard MINERGIE®-P (www.minergie.ch).



MINERGIE® SG-162



MINERGIE® AG-001-P

1. L'enjeu

1.1 Thème de la brochure

Cette brochure se limite aux deux thèmes essentiels suivants:

- les maisons d'habitation et
- l'énergie thermique.

Lorsque cela s'avère utile, une distinction est faite entre villas individuelles et immeubles collectifs. Les autres types de bâtiments (bâtiments administratifs, écoles, etc.) ne sont pas traités dans le détail.

VI = villas individuelles

IC = immeubles collectifs

1.2 Le standard de base (la «maison normale»)

L'incidence des diverses mesures et options est établie par rapport à un standard de base. Celui-ci est défini de manière à répondre aux prescriptions légales (voir encadré).

L'ensemble des calculs et comparatifs présuppose un comportement «raisonnable» de l'utilisateur. Tous nos efforts d'optimisation risquent en effet d'être réduits à néant si l'utilisateur entrouvre quelques fenêtres en imposte.

– D'une manière générale, les mesures les plus efficaces et les moins coûteuses consistent à informer et à instruire les occupants!

1.3 Enjeu

La comparaison du standard de base avec le standard MINERGIE® met en évidence un réel besoin d'agir.

– Pour remplir les exigences du standard MINERGIE®, la consommation d'énergie thermique doit être réduite de plus de la moitié!

Économie à réaliser: **environ –55%**

Cette brochure a pour objectif de répondre à la question suivante:

Quelles sont les mesures les plus efficaces et les plus rentables pour passer de la «maison normale» à la maison MINERGIE®?

Caractéristiques essentielles du standard de base (la «maison normale»)

Définition de la technique de construction traditionnelle actuelle en tant que base de référence

Architecture

Forme bâtiment (A/SRE)	VI = 2.00	IC = 1.5
Surface des fenêtres	15% de la surface de référence énergétique	
Part du châssis	30% de la surface de fenêtre	
Orientation des fenêtres	40% S, 50% E + O, 10% N	
Ombrage des fenêtres au sud	VI = 25%	IC = 50%

Enveloppe du bâtiment

	Isolation	U (W/m²K)
Plafond de cave	8 cm	0.4
Parois extérieures	12 cm	0.3
Toiture	15 cm	0.3
Châssis de fenêtre (y compris bord de vitrage)	Bois 6 cm	2.6
Vitrage des fenêtres	protection thermique	1.3 (g = 65%)

Installations techniques

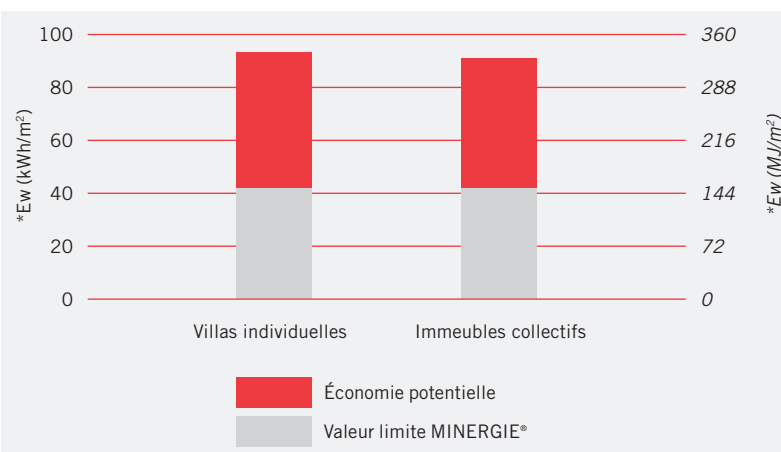
Aération	Fenêtres
Production de chaleur	Chaudières à mazout ou gaz
Distribution de chaleur	Chauffage par le sol ou radiateurs
Eau chaude	Mazout ou gaz

Besoins d'énergie selon SIA 380/1

	VI		IC	
Besoins de chaleur pour le chauffage Q_h	62	224	59	213
Eau chaude Q_{ww}	14	50	21	75
Electricité pour le ménage Q_E	22	80	28	100

Indices de dépenses d'énergie

	VI		IC	
Chauffage E_h	73	264	70	251
Eau chaude E_{ww}	16	59	25	89
Chaleur E_{hww}	90	323	95	340



2. Les mesures

Stratégies

Stratégies	Gains potentiels cumulés	Investissement supplémentaire
2.1 Architecture	jusqu'à 50%	Économie!
2.2 Technique de construction	jusqu'à 35%	minime
2.3 Installations techniques	jusqu'à 80%	moyen
2.4 Usagers	± 50%	zéro

2.1 Les mesures architectoniques

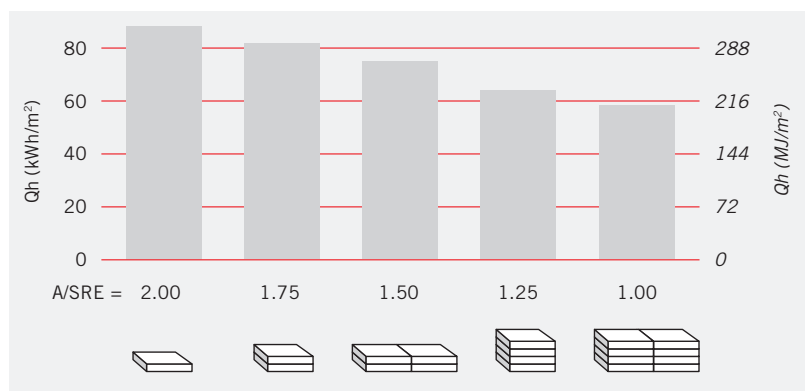
2.1.1 La forme du bâtiment

Une plus grande surface conduit à l'évidence à des déperditions plus importantes:

- La forme du bâtiment a une incidence significative sur la déperdition thermique.
- Un faible rapport surfaces de l'enveloppe du bâtiment/ surfaces d'étage permet de réaliser à la fois des économies d'énergie et des économies sur les coûts.

Gains potentiels: jusqu'à **40%**

Coûts: **économie!**



2.1.2 L'orientation du bâtiment

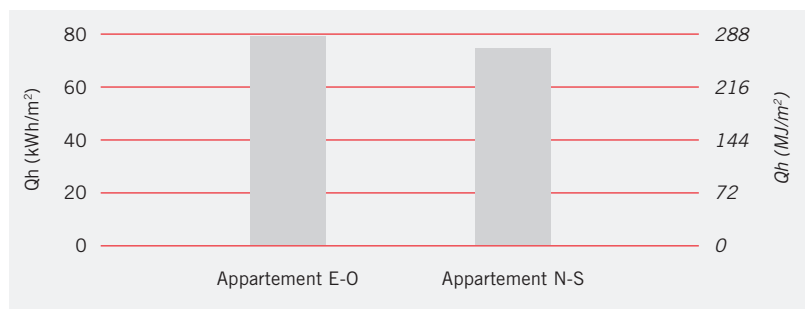
Exemples d'immeubles collectifs orientés différemment. E-O correspond à l'orientation classique d'un logement (chambres à coucher à l'est, séjour à l'ouest), N-S correspond à un logement identique orienté nord-sud.

- Sur le plan énergétique, l'orientation N-S est légèrement plus favorable que l'orientation E-O.

Ce principe n'est valable que si les fenêtres sud ne sont pas ombragées, par ex. par des balcons, des avant-toits, etc. (cf. 2.1.4).

Gains potentiels: environ **5%**

Surcoût: **aucun**



2.1.3 Les fenêtres

L'incidence des fenêtres sur le budget énergétique est extrêmement complexe. Chaque variable a non seulement une incidence directe sur le confort intérieur et les besoins de chaleur pour le chauffage, mais également une incidence indirecte sur les autres éléments. Les principales interactions ayant une répercussion sur le budget énergétique sont illustrées ci-après.

2.1.4 L'ombrage

L'ombrage dû à des facteurs externes (montagnes, arbres, bâtiments voisins) ne peut être influencé que de manière limitée. Par contre, les ombres portées du bâtiment (balcons, avant-toits, etc.) jouent un rôle bien plus déterminant. En effet, les gains solaires les plus importants sont obtenus à l'entre saison, lorsque le soleil est encore ou à nouveau relativement haut.

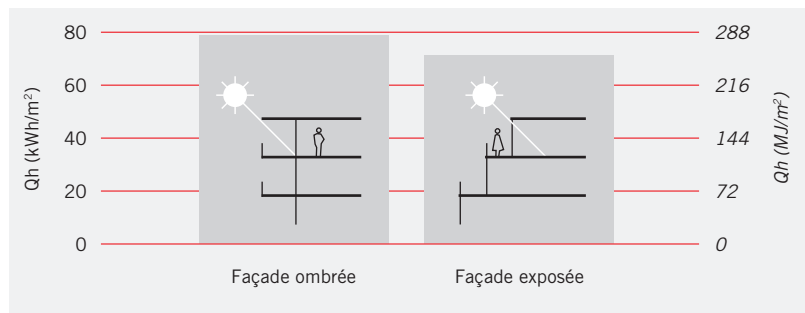
– **Les balcons et avant-toits situés au-dessus des fenêtres sud augmentent de manière significative les besoins de chaleur pour le chauffage.**

Gains potentiels: jusqu'à 10%

Surcoût: **aucun**

Un bon exemple:

Bâtiment de forme compacte et grandes fenêtres en façade sud. La terrasse n'est pas située devant les fenêtres sud, mais disposée latéralement afin d'en éviter l'ombrage. L'utilisation de stores pare-soleil permet d'éviter la surchauffe des pièces en été.



MINERGIE® GR-001

2.1.5 L'orientation des fenêtres

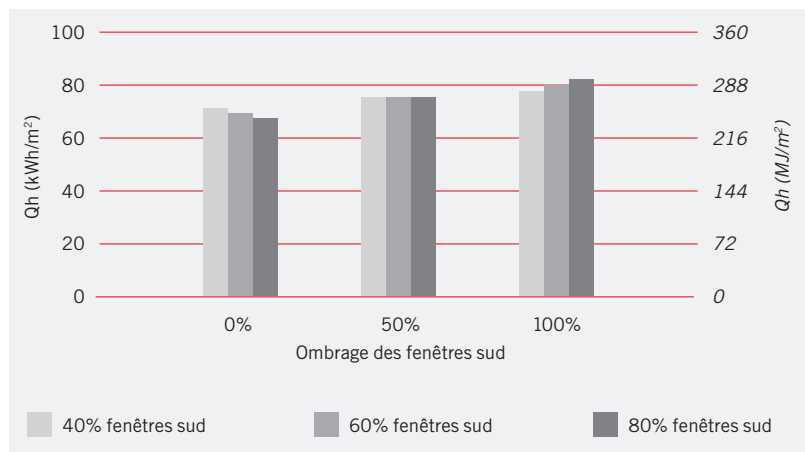
Incidence de l'orientation des fenêtres sur les besoins de chaleur pour le chauffage:

– **La règle empirique populaire qui préconise un maximum de fenêtres au sud et le moins possible de fenêtres au nord n'est valable que si les fenêtres sud ne sont pas ombragées par la présence de balcons ou d'avant-toits.**

– **Si les fenêtres sont à l'ombre, une orientation est ou ouest est plus favorable qu'une orientation sud.**

Gains potentiels: jusqu'à 10%

Surcoût: **aucun**



2.1.6 L'ensevelissement

Le graphique ci-contre montre la corrélation entre l'ensevelissement, le vitrage et les besoins de chaleur pour le chauffage dans le cas d'une surface moyenne de vitrage.

– **La valeur de loin la plus favorable est obtenue par la fenêtre sud qui bénéficie d'un bon ensoleillement, même avec un vitrage isolant classique d'un coût raisonnable.**

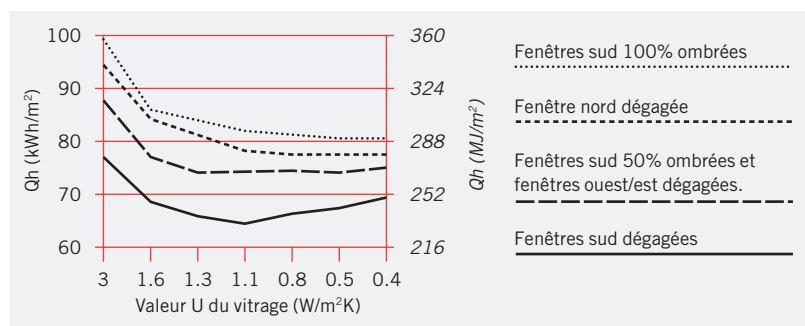
– **Plus l'ensevelissement est faible, plus le vitrage doit être performant**

– **Le meilleur des vitrages ne peut cependant pas compenser un faible ensoleillement**

– **Des fenêtres sud totalement ombragées (par ex. à cause de balcons occupant toute la largeur de la façade) sont même moins performantes que des fenêtres nord!**

Gains potentiels: jusqu'à 15%

Coûts: **économie!**



2.1.7 La surface de fenêtre

Le graphique ci-contre illustre la corrélation entre la surface de fenêtre et les besoins de chaleur pour le chauffage pour quelques types de vitrage courants (la surface de fenêtre est indiquée en % de la surface de référence énergétique, la SRE. Dans le domaine de l'habitat, ces valeurs se situent entre 10 et 30% environ.

- Plus la surface vitrée est grande, plus la valeur U prend de l'importance contrairement à la valeur g qui perd de l'importance. Motif: de grandes fenêtres en façade sud procurent encore un gain suffisant, même avec une faible valeur g.
- Des surfaces de fenêtre supérieures à 30% de la SRE ne présentent qu'un intérêt limité sur le plan énergétique, car les gains ne peuvent plus être pleinement exploités.

Gains potentiels: quelques %

Surcoût: minime

2.1.8 La part de châssis

Les châssis de fenêtre constituent la partie la moins bien isolée de l'enveloppe du bâtiment. Il est dès lors évident que la part de châssis doit être aussi réduite que possible. Dans le domaine de l'habitat, la part du châssis représente entre 15 et 40% de la fenêtre.

- Réduire la part de châssis fait partie des mesures permettant d'augmenter le confort et de diminuer non seulement les besoins de chaleur pour le chauffage, mais également les coûts de construction.

Gains potentiels: jusqu'à 15%

Coûts: économie!

2.1.9 La surchauffe des pièces

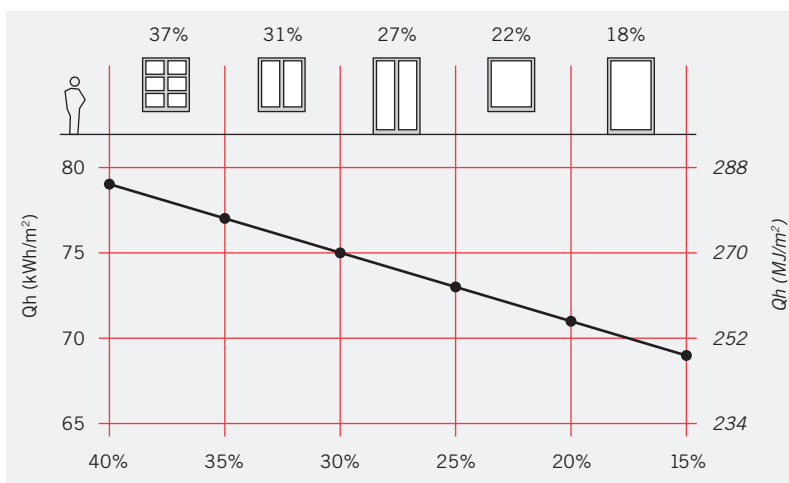
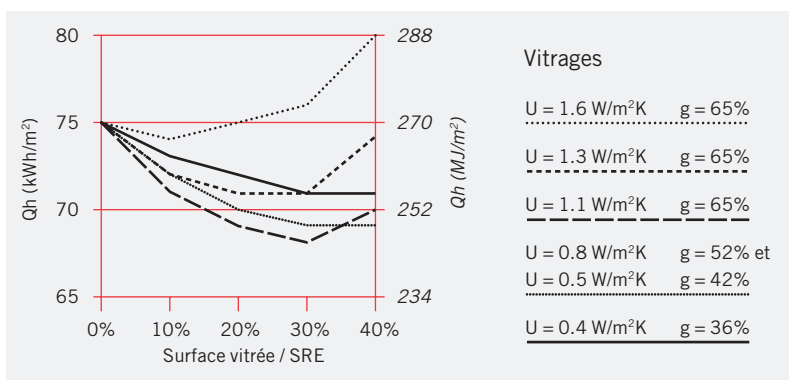
L'utilisation passive directe du rayonnement solaire à travers les fenêtres constitue une mesure extrêmement efficace (voir également 2.3.5).

- Les pièces d'habitation au vitrage généreux dégagent une impression de clarté et de chaleur.
- La quantité d'énergie requise durant la période de chauffe est réduite.
- La période de chauffe est raccourcie.

Mais pour ce faire, il est indispensable que les gains solaires puissent être effectivement exploités. La surchauffe des pièces constitue ici le critère déterminant. C'est essentiellement au printemps et en automne, lorsque le rayonnement solaire est plus intense et que les pertes thermiques sont moindres, que la température des pièces d'habitation risque d'être excessive. Les habitants n'ont alors d'autre recours que de fermer les stores ou d'ouvrir les fenêtres, ce qui a pour effet de réduire à néant tout l'apport de chaleur. L'adoption de mesures appropriées permet d'éviter une telle situation (voir encadré ci-contre).

Gains potentiels: jusqu'à 15%

Surcoût: aucun



Mesures contre la surchauffe des pièces

- Intégrer dans les pièces ensoleillées une masse suffisante pour accumuler la chaleur solaire (essentiellement dans le cas des constructions légères!).
- Utiliser exclusivement des revêtements diathermes dans les pièces ensoleillées (pas de moquettes, de revêtements muraux ni de revêtements de plafond) pour permettre à la chaleur de pénétrer dans la masse du bâtiment.
- Privilégier les revêtements de sol clairs. Les revêtements sombres se réchauffent dans les zones directement exposées au soleil et diffusent de ce fait trop de chaleur dans l'air ambiant. Les revêtements clairs réfléchissent la chaleur et la répartissent dans la pièce, ce qui permet d'éviter les températures excessives.
- Émission de chaleur au moyen de radiateurs ou par un chauffage par le sol autorégulant automatique (cf. 2.3.3).



MINERGIE® ZH-158

Exemple d'efficacité des mesures architectoniques

Pour ces maisons jumelées MINERGIE®, toutes les mesures architectoniques ont été mises en œuvre: forme compacte du bâtiment, orientation sud, pas d'ombrage des fenêtres sud, grandes surfaces de vitrage, part de châssis réduite. De même, l'ensemble des mesures destinées à éviter la surchauffe des pièces (construction massive, dallages, chauffage par le sol à autorégulation) a été adopté. Le standard MINERGIE® a été atteint en utilisant des installations techniques conventionnelles (chaudière à gaz à condensation). Les coûts de construction de ces maisons n'ont pas excédé ceux de maisons conventionnelles comparables et elles ont donc pu être vendues aux prix usuels du marché.

2.2 Les mesures touchant à la construction

2.2.1 L'isolation thermique

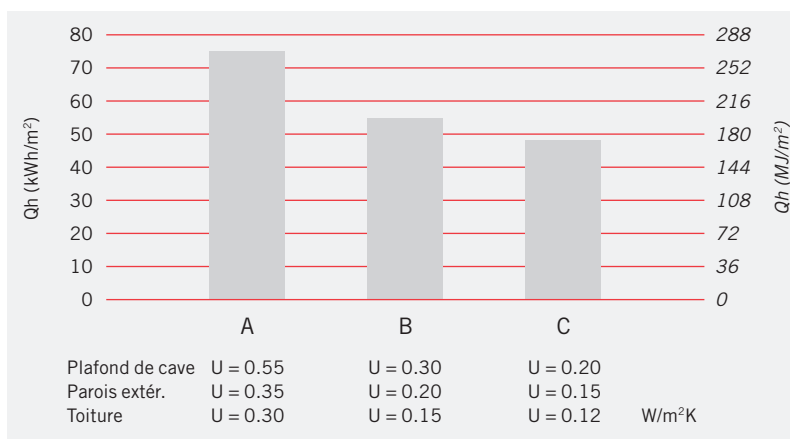
Ci-contre, les consommations d'un immeuble comparé dans trois situations d'isolation différentes:

- A Standard de base (cf. 1.2)
- B Enveloppe dotée d'une isolation thermique supérieure, telle que réalisée actuellement par des architectes d'avant-garde.
- C Enveloppe dotée d'une super-isolation thermique, telle que réalisée actuellement par seulement une minorité d'architectes.

– Une enveloppe super-isolée ne suffit pas à elle seule pour atteindre la valeur limite MINERGIE®.

Gains potentiels: jusqu'à **35%**

Surcoût: **minime**



2.2.2 Le vitrage

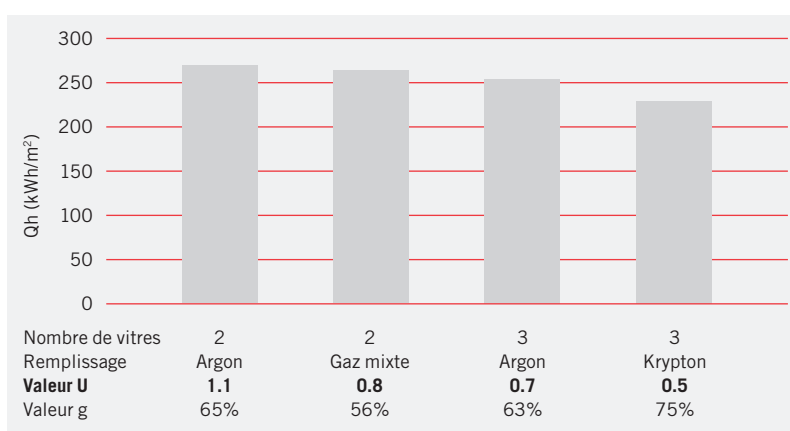
La valeur U détermine les déperditions thermiques et devrait par conséquent être aussi basse que possible. La valeur g détermine les gains solaires et devrait par conséquent être aussi élevée que possible. Pour la plupart des vitres, la règle suivante est applicable: plus la valeur U est élevée, plus la valeur g est basse. Seule exception: les vitres solaires en verre blanc avec remplissage au krypton, qui sont d'un coût très élevé.

– Pour les fenêtres bénéficiant d'une exposition moyenne, les effets d'une meilleure valeur U et d'une plus mauvaise valeur g se compensent rapidement au-dessous de $U = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

– Si des mesures architectoniques sont mises en œuvre de manière judicieuse, il est possible d'éviter le recours à des vitrages coûteux.

Gains potentiels: jusqu'à **5%**

Surcoût: **minime à élevé**



2.2.3 Le châssis de fenêtre

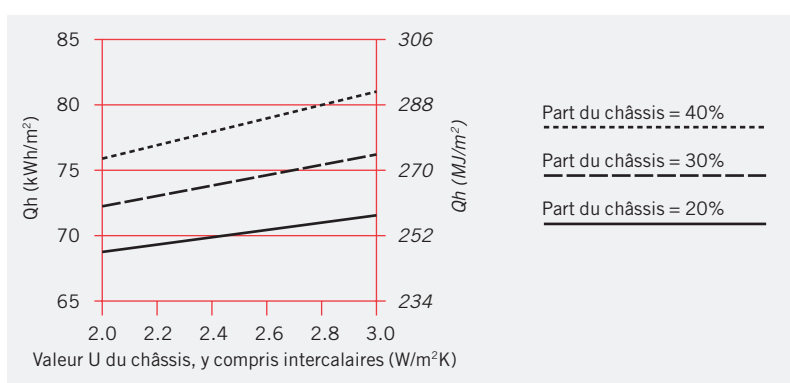
Le graphique ci-contre représente les répercussions de la part de châssis et de la valeur U du châssis sur les besoins de chaleur pour le chauffage. L'influence de l'assemblage de vitrage est intégrée dans le calcul de la valeur U du châssis (voir petit tableau).

– L'importance de la part de châssis se confirme: une part de châssis inférieure de 10% apporte autant que le meilleur châssis de fenêtre, et ce pour un coût moindre.

– Pour obtenir une faible valeur U du châssis, un intercalaire isolé est plus efficace et moins coûteux qu'une construction du châssis complexe.

Gains potentiels: jusqu'à **15%**

Surcoût (intercalaire isolé): **minime**



Valeurs typiques U du cadre

	Châssis seul	y c. bord de vitrage*	
		Aluminium	CAN ou mat. synth.
Bois-métal	1.7	2.6	2.3
Bois 60 mm	1.7	2.6	2.3
Bois 70 mm	1.5	2.4	2.1
Mat. synth.	2.0	2.9	2.6

* calculés par rapport à la surface du châssis

2.3 Les mesures touchant aux installations techniques

2.3.1 L'air frais

L'aération des logements remplit trois fonctions:

- Amenée d'air frais
- Evacuation des polluants
- Evacuation de l'humidité

Il existe en principe quatre façons d'aérer un logement. L'expérience montre cependant que trois d'entre elles ne sont pas adaptées à un usage quotidien étant donné qu'elles génèrent un air ambiant inconfortable et malsain, qu'elles augmentent considérablement les besoins de chaleur pour le chauffage et qu'elles détériorent à terme le bâtiment.

– Un système d'aération douce est la seule solution qui soit adaptée à un usage quotidien et qui permette dans le même temps d'assurer les fonctions ci-dessus de manière fiable.

C'est la raison pour laquelle le standard MINERGIE® exige une aération douce.

L'installation de renouvellement d'air illustre particulièrement bien les interdépendances existant entre confort, salubrité, qualité de l'air, consommation d'énergie et rentabilité.

Les déperditions thermiques résultant de l'aération par les fenêtres sont significatives. Dans le cas de la «maison normale», elles équivalent à près de la moitié des déperditions nettes par transmission (déperditions moins les gains solaires). Il apparaît dès lors judicieux d'améliorer en priorité l'isolation thermique.

Dans une maison dotée d'une bonne isolation (valeurs U inférieures à 0.2 W/m²K), les déperditions liées à l'aération par les fenêtres sont identiques voire supérieures aux déperditions nettes par transmission. Dans un tel contexte, le pas suivant consiste à mettre en place une installation de renouvellement d'air avec récupération de chaleur.

– Une installation de renouvellement d'air avec récupération de chaleur constitue la seconde mesure technique la plus efficace (et la plus rentable), directement après l'isolation thermique.

– L'intérêt d'une telle installation est d'autant plus grand que le niveau d'isolation du bâtiment est poussé.

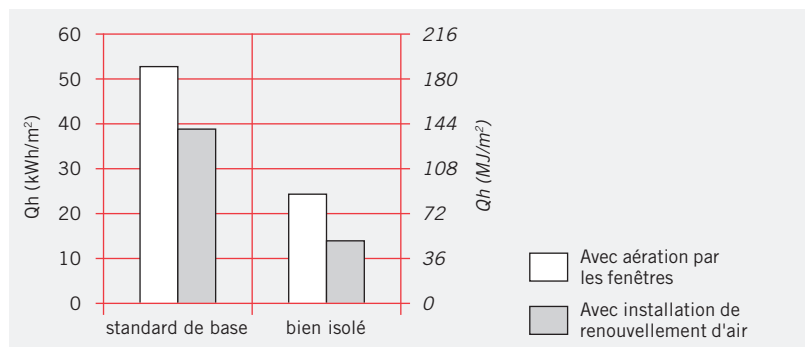
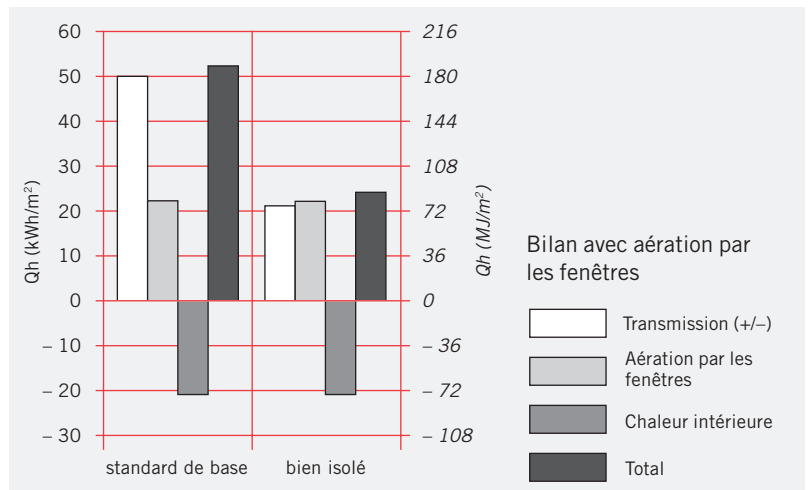
Gains potentiels: jusqu'à **65%**

Coûts: **minimes à moyens**

Les choix architecturaux et les installations techniques de la maison MINERGIE® forment un tout cohérent. L'architecte ainsi que le concepteur des installations doivent donc se soucier de l'optimisation du bâtiment.

Aération par les inétanchéités	Renouvellement non contrôlé dû à des manques d'étanchéité	Une enveloppe étanche correspond actuellement à l'état actuel de la technique. Les inétanchéités ne sont donc plus existantes pour les bâtiments rénovés et neufs.
Aération permanente	Ouverture permanente de la fenêtre à bascule	Réduit le confort thermique (pièces froides), provoque des dommages au niveau du bâtiment (humidité) et conduit à un gaspillage d'énergie.
Aération choc	Aérer brièvement à fond toutes les 2 h	Satisfaisant sur le principe, mais trop exigeant dans la pratique quotidienne.
Aération contrôlée	Aération douce	Le seul système qui ait fait ses preuves au quotidien.

Confort	Pas de pièces froides ni de courants d'air
Salubrité	Pas de polluants, pollens, germes, fumée, radon
Absence de dommages	Pas de condensation, pas de moisissures, etc.
Consommation d'énergie	Récupération de chaleur
Rentabilité	Économie sur les coûts de chauffage



Recommandations pour une aération douce:

- **Préchauffer si possible l'air extérieur au moyen d'un puits canadien.**
- **Utiliser une aération multiple en cascade (voir schéma)**
- **La position des sorties et des entrées dans le plan d'ensemble des pièces n'a aucune importance!**
- **Ce qui importe, c'est leur position en hauteur dans la pièce: l'extraction d'air doit se faire en bas et l'admission en haut.**
- **Débit d'air: min. 15 m³/h par personne ou:**
- **Débit d'air par chambre à coucher: min. 30 m³/h**
- **Extraction des vapeurs de cuisine: par exemple hotte à circuit fermé avec filtre à charbon actif.**

Les débits d'air mentionnés ci-dessus s'appliquent à des non-fumeurs. Pour obtenir des informations plus détaillées sur l'aération des logements, voir sources littéraires.

2.3.2 Le chauffage

Le chauffage est indispensable même dans une maison MINERGIE®. À certains égards, celui-ci présente toutefois des différences fondamentales par rapport au chauffage d'une maison conventionnelle.

2.3.3 La distribution de chaleur

Le problème de la surchauffe des pièces a déjà été traité dans le chapitre consacré aux mesures architectoniques (cf. 2.1.9). Il est également nécessaire de prévoir des mesures spécifiques concernant le chauffage afin d'éviter tout risque de surchauffe lors des périodes d'ensoleillement intense et en particulier pour les pièces dotées de grandes surfaces vitrées, surtout à l'entre saison. Deux des trois systèmes décrits ci-dessous sont envisageables:

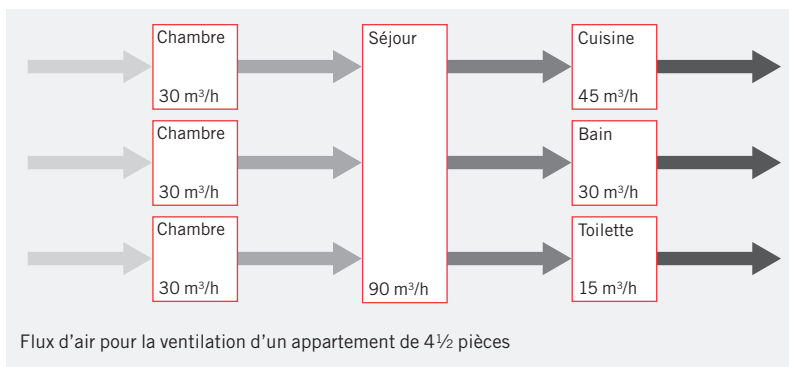
- **Radiateurs à faible contenance en eau et à régulation rapide ou**
- **Chauffage par le sol à autorégulation (voir plus de détails à droite).**
- **Un chauffage par le sol classique ne convient pas dans les pièces ensoleillées du fait de son inertie.**

Gains potentiels: jusqu'à 20%

Surcoût: **minime à nul**

2.3.4 L'énergie solaire

L'utilisation de l'énergie solaire est primordiale. En raison de ses caractéristiques (voir encadré ci-contre), il faut particulièrement veiller à la récupération et au stockage de l'énergie. Concernant ce dernier, il faut savoir que plus la température d'exploitation d'une installation solaire est basse, plus les déperditions sont faibles et plus le rendement est élevé.



Particularités du chauffage des pièces dans la maison MINERGIE®

- **Besoins réduits de puissance thermique.**
- **Températures de chauffage beaucoup plus basses.**
- **Réduction de la grandeur des chaudières, pompes, radiateurs, etc.**
- **Conditions optimales pour les producteurs de chaleur alternatifs.**
- **Rendements supérieurs, même pour les chauffages conventionnels.**
- **L'utilisation passive de l'énergie solaire entraîne des fluctuations importantes et rapides des besoins de chaleur.**

Le chauffage par le sol à autorégulation

Un chauffage par le sol à autorégulation se caractérise essentiellement par ses très basses températures (max. 30/24 °C par temps très froid ou 26/22 °C à l'entre saison). La température moyenne du sol (24 °C) évite tout risque de surchauffe des pièces. En effet, dès que la température de l'air ambiant est supérieure à celle du sol, l'émission de chaleur s'interrompt: le chauffage par le sol se régule automatiquement.

L'expérience montre que ces basses températures de chauffage ne sont possibles que si les trois conditions suivantes sont remplies:

- **Revêtements de sol thermoconductibles**
- **Enveloppe du bâtiment bien isolée**
- **Installation de renouvellement d'air avec un système performant de récupération de chaleur.**

Avantages et inconvénients de l'énergie solaire

Avantages:

- **L'énergie solaire est disponible partout.**
- **L'énergie solaire est gratuite.**
- **L'énergie solaire n'est pas polluante.**
- **L'énergie solaire est inépuisable.**

Inconvénients:

- **L'énergie solaire n'est pas disponible à tout moment. Au contraire, il arrive même fréquemment qu'elle ne soit pas disponible au moment où l'on en aurait le plus besoin.**
- **L'énergie solaire descend souvent à un niveau de température très bas, en particulier sous nos latitudes et précisément en hiver.**

2.3.5 L'utilisation passive de l'énergie solaire

Dans le cas de l'utilisation passive de l'énergie solaire, les grandes fenêtres en façade sud assurent la récupération de l'énergie tandis que les sols, les murs et les plafonds du bâtiment assurent le stockage. Cette forme d'utilisation est particulièrement efficace et rentable étant donné que tous les composants sont déjà disponibles et que la température d'exploitation est très basse, à savoir identique à la température ambiante.

– **La récupération directe passive constitue, et de loin, la méthode la plus efficace et la moins coûteuse pour tirer parti de l'énergie solaire.**

L'utilisation passive de l'énergie solaire ne relève pas des installations techniques mais des mesures architectoniques (cf. chapitre 2.1).

Gains potentiels cumulés: **35%**

Surcoûts: **minimes à nuls**



MINERGIE® VD-040

2.3.6 L'utilisation active de l'énergie solaire

Les installations solaires thermiques présentent malheureusement un inconvénient majeur dans la mesure où l'offre solaire ne coïncide jamais avec les besoins de chaleur pour le chauffage. C'est pourquoi ces installations sont essentiellement utilisées pour la préparation de l'eau chaude (cf. 2.3.12). Grâce à un surdimensionnement des capteurs, l'énergie solaire peut également être utilisée en appoint, pour chauffer à l'entre saison, ce qui permet de raccourcir la période de chauffage.

– **Pour le chauffage du bâtiment, les installations solaires ne conviennent que de manière limitée.**

Gains potentiels: **quelques %**

Surcoût: **moyen à élevé**



MINERGIE® VD-013

2.3.7 Le chauffage au bois

Le bois constitue le meilleur vecteur énergétique (voir encadré). Son utilisation systématique en tant que combustible n'est cependant pas envisageable partout

– La concentration des chauffages au bois dans les villes et les agglomérations urbaines provoque une trop forte pollution atmosphérique.

– De nombreux usagers craignent les travaux de maintenance. L'on peut toutefois contrer cette objection en proposant de nouvelles techniques tels que les chauffages aux copeaux de bois ou aux pellets.

Le standard MINERGIE® tient compte des avantages économiques et écologiques du bois en ne pondérant qu'à 60% la consommation des chauffages au bois.

Gain potentiel: **40%**

Surcoût: **minime à moyen**

Avantages et inconvénients du combustible bois

Avantages:

- **Le bois est un combustible national.**
- **Son approvisionnement est fiable.**
- **Le bois se régénère rapidement.**
- **Le transport et le stockage du bois ne présentent aucun risque.**
- **Le bois ne contient pas de soufre (pas d'acidification).**
- **Le bois est neutre en matière de CO₂ (pas d'effet de serre).**

Inconvénients:

- **Nécessite un déploiement important pour l'abattage, la préparation, l'entreposage et l'utilisation.**
- **Les chauffages au bois génèrent des polluants tels que du monoxyde de carbone, de la suie et des cendres.**

2.3.8 La pompe à chaleur

La pompe à chaleur transforme la chaleur ambiante de basse température en chaleur de chauffage à température plus élevée. L'efficacité d'une pompe à chaleur s'exprime par son coefficient de performance. Elle se calcule comme quotient de la puissance thermique (kW) fournie par la PAC par la puissance absorbée des entraînements électriques (kW). Cette valeur se révèle d'autant plus avantageuse que l'écart de température entre la source de chaleur soutirée à l'environnement et la température de départ du chauffage est petite. Il en résulte la maxime suivante:

– Plus la température de la source de chaleur est élevée et plus la température de chauffage est basse, meilleur est le coefficient de performance de la pompe à chaleur.

Un coefficient de performance plus élevé se traduit pas une consommation électrique moindre et donc par des coûts d'exploitation réduits. Ce qui est décisif pour l'efficacité de tout le système, c'est également le fait que tous les consommateurs secondaires, telles que par exemple les pompes de circulation, doivent être dimensionnés au plus petit.

La chaleur ambiante dont la pompe à chaleur a besoin peut provenir de différentes sources. La première condition permettant d'obtenir un coefficient de performance élevé est d'avoir une source de chaleur de température la plus haute possible. L'encadré ci-contre vous donne un aperçu des sources de chaleur possibles. La sonde géothermique à eau (sans glycol) se révèle particulièrement avantageuse. De par sa longueur, elle permet également de bénéficier d'une température élevée en hiver et peut en outre être utilisée durant l'été en combinaison avec un chauffage par le sol pour le rafraîchissement passif des locaux (free cooling). Elle doit, par contre, présenter une longueur supérieure d'environ 30% à celle d'une sonde géothermique à eau glycolée.

La seconde condition requise pour obtenir un bon coefficient de performance est d'avoir une température de chauffage aussi basse que possible. Pour obtenir ceci, deux mesures sont requises:

– Une faible demande d'énergie de chauffage, qui peut être obtenue au moyen d'une enveloppe de bâtiment bien isolée et d'une aération de locaux avec une bonne récupération de chaleur.

– De grandes surfaces d'émission de chaleur (par ex. un chauffage par le sol à autorégulation (cf. 2.3.3)).

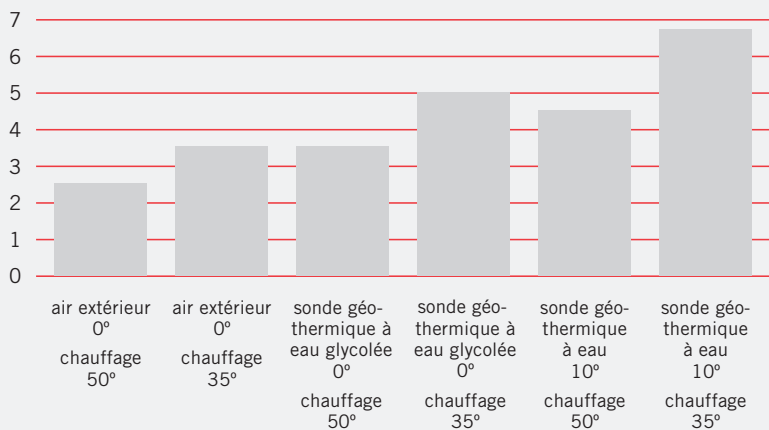
La troisième condition est de choisir une pompe à chaleur de bonne qualité. Dans ce domaine, des progrès importants ont été enregistrés durant ces dernières années. MINERGIE® recommande d'utiliser des pompes à chaleur et des sondes géothermiques munies du label de qualité international. Les listes correspondantes et les résultats des essais sont publiés sur: www.pac.ch.

Si la pompe à chaleur est exploitée en utilisant de l'électricité écologique, elle produit une énergie propre et renouvelable.

Gains potentiels: jusqu'à **60%**

Surcoût: **minime à nul**

Coefficient de performance d'une bonne pompe à chaleur dans différentes conditions d'exploitation



Sources de données: bulletin WPZ (centre tests de Töss)

Sources de chaleur pour pompes à chaleur

Rejets thermiques	La meilleure source de chaleur, mais que rarement disponible.
Eaux souterraines et de surface	Très bonne source de chaleur, mais que rarement disponible.
Sonde géothermique à eau	Très bonne source de chaleur, mais un peu plus chère que les sondes avec eau glycolée.
Sonde géothermique à eau glycolée	Bonne source de chaleur. Pas autorisée dans les zones de protection de nappes phréatiques.
Air ambiant	Disponible partout. Mauvais coefficient de performance à basse température extérieure.



Installation de pompe à chaleur à sondes géothermiques

2.3.9 La chaudière à mazout ou à gaz

Le standard MINERGIE® peut également être atteint au moyen d'installations techniques conventionnelles, pour autant que les mesures touchant à l'architecture et à la construction soient appliquées de manière optimale. Si le budget est serré, il faut tenir compte du principe suivant:

– Il vaut mieux prévoir un système de chauffage conventionnel dans une maison bien isolée qu'un système de chauffage alternatif coûteux dans une maison isolée de manière conventionnelle!

Un système de production de chaleur alternatif peut être installé ultérieurement à tout moment. Mais si des économies ont été réalisées au niveau du bâtiment, une amélioration ultérieure exigera alors un investissement élevé.

Gain potentiel: **6 à 10%**

Surcoût: **minime**

2.3.10 Le couplage chaleur-force

Étant donné que la consommation d'électricité est pondérée par le facteur 2 pour le calcul de l'indice énergétique, la production d'électricité sur place s'avère doublement avantageuse puisque l'électricité injectée dans le réseau est également décomptée à raison d'un facteur 2. Le schéma ci-contre représente la courbe saisonnière de production d'électricité pour deux systèmes autonomes.

Une installation de couplage chaleur-force permet de produire simultanément, à partir du mazout ou du gaz, de la chaleur pour le chauffage et de l'électricité hivernale. Dans ce cas, l'électricité est produite précisément lorsque la demande est la plus forte. Les petites installations produisent approximativement $\frac{3}{4}$ de chaleur et $\frac{1}{4}$ d'électricité. L'indice pondéré est ainsi amélioré d'environ 25%.

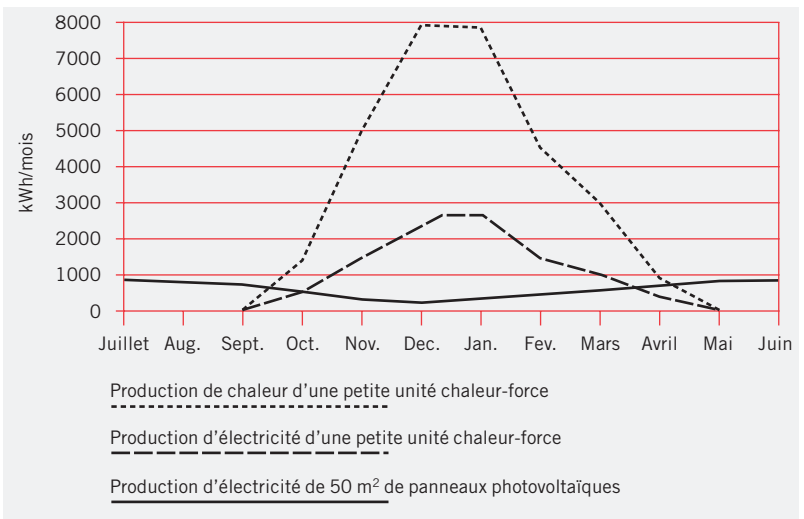
– Le couplage chaleur-force (CCF) peut contribuer judicieusement à l'approvisionnement électrique en hiver.

Gains potentiels: environ **25%**

Surcoût: **élevé**

Les fractions utiles suivantes ont été définies pour le justificatif MINERGIE®:

Chauffage mazout conventionnel	85%
Chauffage au mazout à condensation	91%
Chauffage au gaz conventionnel	85%
Chauffage au gaz à condensation	95%



2.3.11 Le photovoltaïque

Sous nos latitudes, les installations photovoltaïques de production d'électricité souffrent malheureusement des mêmes problèmes que les installations solaires thermiques. Elles produisent principalement en été, lorsque l'offre d'électricité est déjà importante, alors qu'en hiver, lorsque les besoins sont plus élevés et que l'électricité est plus rare, leur apport est faible. Elles présentent également un autre inconvénient dans la mesure où elles peuvent certes produire de l'énergie, mais non pas la stocker. Le stockage doit être assuré par le réseau public, ce qui entraîne de fortes déperditions et engendre des coûts externes.

– **Les installations photovoltaïques ne sont rentables que dans les régions à fort ensoleillement (montagnes, vallées exposées au foehn, Suisse méridionale).**

2.3.12 L'eau chaude

Dans la maison MINERGIE®, dont les besoins de chaleur pour le chauffage sont modestes, la consommation d'énergie pour la préparation de l'eau chaude est presque aussi élevée que pour le chauffage des pièces, notamment dans les immeubles collectifs (IC).

– **Les mesures destinées à optimiser le chauffage de l'eau sanitaire sont tout aussi importantes que celles relatives au chauffage.**

Le tableau ci-contre fournit quelques points de repère concernant les indices énergétiques pondérés pour l'eau chaude *E_{ww}, pour les cinq techniques disponibles ainsi que leurs différentes combinaisons. Le chauffage de l'eau sanitaire par des moyens purement électriques, qui, dans le cas d'un IC, dépasse déjà à lui seul la valeur limite MINERGIE® (N° 13), constitue de loin le cas le plus défavorable.

Le préchauffage de l'eau sanitaire est une application idéale pour une installation solaire, car il existe une demande d'eau chaude tout au long de l'année. En combinaison avec une pompe à chaleur ou un système de récupération de la chaleur des eaux usées, elle atteint des performances de pointe (N° 9, 18 ou 20).

Gains potentiels: **80%**

Surcoût: **moyen à élevé**

Combinaisons systémiques pour la préparation de l'eau chaude

N°	Mazout, gaz 1x	Chauffe eau électr. 2x	Pompe à chaleur COP 2.7 0.74x	Inst. solaire 0x	RC eaux usées 0x	Indice énergétique pondéré *E _{ww} kWh/m ² / MJ/m ²			
						VI ¹⁾		IC ²⁾	
1	100%					16	59	25	89
2	67%	33%				20	73	30	109
3	33%	17%		50%		10	36	15	55
4	40%	30%			30%	15	54	22	80
5	30%	10%		30%	30%	8	28	12	42
6	67%		33%			14	52	22	78
7	33%		17%	50%		7	26	11	39
8	50%		20%		30%	10	37	15	55
9	20%		20%	30%	30%	5	19	8	29
10	50%			50%		8	30	12	44
11	70%				30%	11	41	17	62
12	40%			30%	30%	7	24	10	35
13		100%				28	100	42	150
14		50%		50%		14	50	21	75
15		70%			30%	19	70	29	105
16		40%		30%	30%	11	40	17	60
17			100%			10	37	15	56
18			50%	50%		5	19	8	28
19			70%		30%	7	26	11	39
20			40%	30%	30%	4	15	6	22

¹⁾ villas individuelles

²⁾ immeubles collectifs

3. Concepts pour nouvelles constructions

3.1 L'objet de référence

Comme référence, pour l'ensemble des améliorations décrites ci-contre, a été choisi un petit immeuble collectif avec un horizon dégagé. Ses caractéristiques se situent entre celles d'une villa individuelle et d'un grand immeuble collectif. Les différences relatives à ces bâtiments sont de l'ordre de grandeur des imprécisions de calcul, de telle sorte que les résultats, à l'exception de la consommation d'eau chaude sanitaire, sont représentatifs pour les deux catégories de bâtiments (VI et IC).

Caractéristiques essentielles de l'objet de référence:

- Les constructions et les indices de référence correspondent au standard de construction usuel en vigueur actuellement (cf. 1.2).
- Petit immeuble collectif
2 étages + 1 étage mansardé
3 appartements
- Surface de référence énergétique SRE = 466 m²
Surface d'enveloppe A selon SIA 180/1 = 815 m²
A/SRE = 1.75
- 50% des fenêtres sud ombragées par des balcons
Surface de fenêtres = 15% de SRE
Part de châssis = 30% de la surface de fenêtres
Orientation des fenêtres: 40% S, 50% E + O, 10% N
Fenêtres: U = 1.3 W/m²K, g = 65%
- Besoins de chaleur pour le chauffage
Q_h = 213 MJ/m²
Besoins de chaleur pour l'eau chaude sanitaire
Q_{ww} = 75 MJ/m²
Indice énergétique pondéré *E_w = 340 MJ/m²
- Valeur limite MINERGIE® *E_w ≤ 151 MJ/m²

3.2 Les mesures prises individuellement

Le tableau ci-contre regroupe les principales mesures prises individuellement.

Il décrit les résultats atteints lorsque ces mesures sont appliquées individuellement comme première amélioration sur l'objet de référence. Combinées à d'autres mesures, elles peuvent donner lieu à de fortes interactions.

Les valeurs indiquées dans le tableau sont destinées à servir de guide pour l'élaboration de concepts judicieux. Elles ne peuvent en aucun cas remplacer le bilan énergétique détaillé qui doit être établi dans le cadre d'un projet concret.

Les mesures prises individuellement

Voir paragr.	Amélioration de		à		Δ *E _w		
					$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$	$\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$	%
1.2	Objet de référence				94	340	100%
2.1 Mesures individuelles touchant à l'architecture							
2.1.1	Forme du bâtiment A/SRE	1.75	1.50	8	28	8%	
			1.25	16	56	16%	
2.1.4	% d'ombrage des fenêtres sud	50%	25%	3	10	3%	
			0%	4	16	5%	
2.1.8	Part de châssis % de la surface des fenêtres	30%	25%	2	8	2%	
			20%	4	16	5%	
2.1.5	Orientation des fenêtres Sud / est + ouest / nord	40/50/10	60/30/10	0	0	0%	
			80/20/0	1	3	1%	
2.1.7	Surface des fenêtres % de la SRE	15%	20%	-1	-3	-1%	
			25%	-2	-6	-2%	
2.2 Mesures individuelles touchant à la construction							
2.2.1	Isolation du plafond de cave	U = 0.40	U = 0.30	2	8	2%	
			U = 0.20	4	16	5%	
2.2.1	Isolation de la façade	U = 0.30	U = 0.25	3	10	3%	
			U = 0.20	6	20	6%	
			U = 0.15	8	30	9%	
2.2.1	Isolation de la toiture	U = 0.30	U = 0.20	3	10	3%	
			U = 0.15	4	15	4%	
			U = 0.12	5	18	5%	
2.2.2	Vitrage U/g	1.3/65%	1.1/65%	2	7	2%	
			0.8/52%	1	5	1%	
2.2.3	Châssis de fenêtres	U = 2.6	U = 2.3	1	5	1%	
			U = 2.1	2	8	2%	
2.3 Mesures touchant aux installations techniques							
2.3.1	Installation de renouvellement d'air Fenêtres	$\eta = 75\%$		16	57	17%	
2.3.9	Chaud. mazout ou gaz à condens.	$\eta = 85\%$	$\eta = 93\%$	9	32	9%	
2.3.8	Pompe à chaleur (seulement chauffage)	maz. + él.					
		Air-eau	COP = 2	10	37	11%	
		Saumure-eau	COP = 4 ¹⁾	46	164	48%	
		Eau-eau	COP = 6 ²⁾	58	209	61%	
2.3.10	Couplage chaleur-force	maz. + él.		24	85	25%	
2.3.11	Photovoltaïque	maz. + él. 50 m ²		14	51	15%	
2.3.12	Eau chaude combinaison	maz. + él.					
		2	mazout condens.	7	25	7%	
		10	maz. + élect.	-6	-20	-6%	
		11	maz. + solaire	12	44	13%	
		12	maz. + RC	8	27	8%	
		17	maz. + solaire+RC	15	54	16%	
		18	PAC	11	39	11%	
		19	PAC + S	18	64	19%	
		19	PAC + RC	15	54	16%	
		20	PAC + S + RC	19	69	20%	

¹⁾ N'est réalisable qu'avec une isolation thermique optimale **ou** une installation de renouvellement d'air.

²⁾ N'est réalisable qu'avec une isolation thermique optimale **et** une installation de renouvellement d'air.

3.3 Les paquets de mesures

Les mesures constructives peuvent être réunies en groupes ou en paquets cohérents. Avantages:

- Simplification et clarification des concepts
- Élaboration de mesures cohérentes. Il serait par exemple peu judicieux d'augmenter la surface des fenêtres sud sans diminuer l'ombrage, de prévoir une isolation renforcée au niveau des façades au détriment de la toiture ou encore d'utiliser un vitrage super-isolant assemblé sans intercalaire thermo-isolante, etc.

3.4 Les mesures architectoniques

La forme du bâtiment peut être reprise directement dans les concepts en tant que mesure individuelle. Les paquets Façade I et II proposent des mesures relatives à l'ombrage, à l'orientation ainsi qu'à la disposition des fenêtres pour 2 différents niveaux d'optimisation.

Les mesures architectoniques se distinguent en ce sens qu'elles n'induisent pas de surcoûts, bien au contraire. Selon le niveau d'efficacité recherché, le concepteur dispose d'une marge de manœuvre plus ou moins grande:

- Le paquet I est peu contraignant. Il suffit de ne pas occulter totalement les aspects énergétiques lors de la phase de projet.
- Les mesures touchant à la forme du bâtiment ainsi que celles contenues dans le paquet II sont certes plus contraignantes, mais également plus efficaces.

3.5 Les mesures touchant à la construction

L'isolation thermique de tous les éléments de l'enveloppe doit être cohérente: les surfaces contre le terrain et les espaces non chauffés seront dotées d'une isolation plus légère, tandis que l'isolation de la toiture sera légèrement renforcée. Les niveaux d'isolation I à III permettent d'adapter le rapport coût-utilité en fonction des exigences individuelles.

Parmi les mesures individuelles envisageables, il est également possible d'opter pour différentes options en matière de vitrage. Le paquet Fenêtres I propose un assemblage de vitres avec un châssis de fenêtre amélioré (par ex. entretoise en acier inoxydable ou en matière synthétique).

3.6 Les mesures touchant aux installations techniques

L'installation de renouvellement d'air et la production de chaleur peuvent être intégrées directement dans les concepts sous forme de mesures individuelles. Pour la production de l'eau chaude sanitaire, 20 combinaisons sont proposées au paragraphe 2.3.12.

Les paquets de mesures

Objet de référence	Amélioration de		Δ^*E_w		
	de	à	$\frac{kWh}{m^2}$	$\frac{MJ}{m^2}$	%
Objet de référence			94	340	100%
Façade I					
Ombrage des fenêtres sud	50%	25%	3	10	
Part de châssis	30%	25%	2	8	
			5	18	5%
Façade II					
Ombrage des fenêtres sud	50%	0%	4	16	
Part de châssis	30%	20%	4	16	
Doublage des fenêtres sud	40/50/10	80/20/0	3	11	
			12	43	13%
Isolation thermique I					
Isolation du plafond de cave	U = 0.40	U = 0.30	2	8	
Isolation de la façade	U = 0.30	U = 0.25	3	10	
Isolation de la toiture	U = 0.30	U = 0.20	3	10	
Caissons de stores, portes extérieures ...			1	2	
			8	30	9%
Isolation thermique II					
Isolation du plafond de cave	U = 0.40	U = 0.30	2	8	
Isolation de la façade	U = 0.30	U = 0.20	6	20	
Isolation de la toiture	U = 0.30	U = 0.15	4	15	
Caissons de stores, portes extérieures ...			1	3	
			13	46	14%
Isolation thermique III					
Isolation du plafond de cave	U = 0.40	U = 0.20	4	16	
Isolation de la façade	U = 0.30	U = 0.15	8	30	
Isolation du toit	U = 0.30	U = 0.12	5	18	
Caissons de stores, portes extérieures ...			1	4	
			19	68	20%
Fenêtres I					
Vitrage (U/g)	1.3/65%	1.1/65%	2	7	
Châssis de fenêtre	U = 2.6	U = 2.3	1	5	
			3	12	4%

Les chiffres de ce tableau sont susceptibles de différer de ceux du tableau précédent parce que les mesures combinées s'influencent réciproquement.



MINERGIE® VS-070

3.7 Concepts

Nombreux sont les chemins qui mènent à la maison MINERGIE®. Nous avons réuni ci-dessous quelques exemples. Vous n'y trouverez sans doute pas la combinaison optimale pour votre projet. Aussi nous invitons-vous à laisser libre cours à votre créativité ...

La dénomination des 5 options présentées révèle à elle seule les priorités d'après lesquelles elles ont été élaborées:

Le **concept 1** s'inspire du principe selon lequel il est préférable d'opter pour des installations techniques traditionnelles dans une maison moderne plutôt que l'inverse.

Le **concept 2** montre que les installations techniques à elles seules permettraient de respecter aisément la valeur limite MINERGIE®. Ce concept ne remplit toutefois pas l'exigence primaire (voir pages 2 et 3).

Le **concept 3** correspond à une maison MINERGIE® neuve dont le coût n'excède pas celui de l'objet conventionnel de référence (voir exemple page 8).

Le **concept 4** mise sur l'utilisation maximale de l'énergie solaire.

Le **concept 5** remplit les exigences du standard MINERGIE®-P. Il est à noter cependant qu'en dehors de l'indice énergétique, ce standard pose en outre une série d'exigences supplémentaires.

Mesures prises individuellement et paquets de mesures

Concepts	Amélioration		$\Delta *E_w$		$*E_w$	
	de	à	$\frac{kWh}{m^2}$	$\frac{MJ}{m^2}$	$\frac{kWh}{m^2}$	$\frac{MJ}{m^2}$
Concept 0: Objet de référence					94	340
Concept 1: Bâtiment						
Forme du bâtiment	1.75	1.25	20	72		
Structure de façade II			10	36		
Isolation thermique III			15	54		
Fenêtres I			3	9		
Aération sans RC			0	0		
Chaudière à condensation			5	19	42	150
Concept 2: Installations techniques						
Installation de renouvellement d'air			16	57		
PAC avec sondes géoth. (chauffage et eau chaude) COP 3.5			41	146	38	137
Concept 3: Coûts de construction						
Forme du bâtiment	1.75	1.25	20	72		
Structure de façade II			10	36		
Isolation thermique I			7	25		
Installation de renouvellement d'air			14	50		
Chaudière à condensation			4	14	40	143
Concept 4: Solaire						
Structure de façade I			5	18		
Isolation thermique I			8	28		
Installation de renouvellement d'air			14	52		
Installation solaire pour ECS			12	44		
Photovoltaïque		50 m ²	14	51	41	147
Concept 5: MINERGIE®-P						
Forme du bâtiment	1.75	1.25	20	72		
Structure de façade II			11	38		
Isolation thermique III			18	64		
Fenêtres I			3	9		
Installation de renouvellement d'air			14	49	30	108

Les chiffres contenus dans ce tableau sont susceptibles de différer de ceux du tableau précédent en raison de l'influence réciproque des mesures combinées.



MINERGIE® NW-002

4. Concepts pour rénovations

4.1 L'objet de référence

La plupart des bâtiments qui doivent être rénovés aujourd'hui datent des années 50 à 70. La base de référence sera dès lors définie en conséquence. Nous prendrons pour référence le même immeuble à trois familles que pour les bâtiments neufs, mais en tenant compte du standard technique des années 60 (cf. table à droite).

Surface de référence énergétique SRE = 466 m²
 Surface d'enveloppe A selon SIA 180/1 = 815 m²
 Besoins de chaleur pour le chauffage
 $Q_h = 635 \text{ MJ/m}^2$
 Besoins de chaleur pour l'eau chaude sanitaire
 $Q_{ww} = 75 \text{ MJ/m}^2$
 Indice énergétique pondéré $*E_w = 840 \text{ MJ/m}^2$
 Valeur limite MINERGIE®: $*E_w \leq 288 \text{ MJ/m}^2$
 Amélioration visée: environ -66%

4.2 Les mesures

Parmi les mesures d'optimisation proposées pour les bâtiments neufs, certaines peuvent être appliquées sans modification dans le cadre des rénovations, et ce pour des résultats quasiment identiques (cf. table à droite).

Il arrive cependant fréquemment que les mesures ayant fait leurs preuves pour les bâtiments neufs, notamment celles touchant à l'architecture, ne puissent être mises en œuvre dans le cadre des rénovations.

La plupart des mesures sont certes transposables, mais leur impact est différent (souvent plus élevé). Ceci s'explique par la situation initiale qui n'est pas la même. En effet, plus l'état du bâtiment est mauvais, plus l'impact des rénovations est significatif.

De nouvelles mesures sont venues s'ajouter récemment. Celles-ci concernent les ponts thermiques que l'on rencontre fréquemment dans les anciens bâtiments. Elles seront décrites brièvement au chapitre suivant (4.3).

Les indications relatives à l'efficacité des mesures de rénovation, notamment celles touchant à la construction, ne sont fournies qu'à titre indicatif, du fait de nombreuses inconnues susceptibles d'influer sur les résultats. Un calcul détaillé ne pourra être établi qu'au cas par cas.

Caractéristiques principales de l'objet de référence

Bâtiment de construction typique des années 50 à 60

Architecture

Forme du bâtiment	(A/SRE) 1.75
Surface des fenêtres	15% de la surface de référence énergétique
Part de châssis	30% de la surface de la fenêtre
Orientation des fenêtres	40% S, 50% E + O, 10% N
Ombrage des fenêtres sud	50%

Enveloppe du bâtiment

	Isolation	U (W/m ² K)
Plafond de cave	2 cm	1.2
Parois extérieures	2 cm	1.0
Toitures (la plupart non étanches à l'air)	4 cm	0.7
Châssis de fenêtre (la plupart sans joint)	bois 6 cm	2.6
Vitrage des fenêtres	Air DV ou IV	3.0 (g = 77%)

Installations techniques

Aération	Fuites et fenêtres
Production de chaleur	Chaudière à mazout
Distribution de chaleur	Chauffage par le sol ou radiateurs
Eau chaude	Chaudière à mazout combinée

Besoins d'énergie

	kWh/m ²	MJ/m ²
Besoins de chaleur pour le chauffage Q_h	176	635
Eau chaude (380/1) Q_{ww}	21	75
Electricité pour le ménage (380/1) Q_e	28	100

Indices énergétiques

Chauffage E_h	209	751
Eau chaude E_{ww}	25	89

Indice énergétique pondéré

Chaleur $*E_w$	233	840
----------------	-----	-----

Applicabilité des mesures destinées aux nouveaux bâtiments pour la rénovation d'anciens bâtiments

Applicable sans modification	Châssis de fenêtre Part des châssis de fenêtres Installation de renouvellement d'air Photovoltaïque Préparation eau chaude sanitaire
Non applicable	Forme du bâtiment Orientation du bâtiment Surface des fenêtres Orientation des fenêtres
Applicable, effets différents	Toutes les autres mesures destinées aux nouveaux bâtiments
Mesures supplémentaires	Joints d'étanchéité au vent Nouveaux balcons Vitrages de balcons Rénovations de fenêtres Isolations des tuyaux

4.3 Les balcons

Dans les bâtiments anciens, la plupart des ponts thermiques (têtes de dalles, linteaux, garde-corps ...) peuvent être supprimés par la pose d'une isolation périphérique. Ils ne feront donc pas ici l'objet d'une description détaillée. Les ponts thermiques les plus difficiles à éliminer sont le plus souvent ceux constitués par les dalles de balcons qui, à l'époque, étaient coulées directement avec les dalles d'étage, provoquant ainsi un effet comparable à celui d'une ailette de refroidissement. Pour corriger ce défaut, deux solutions sont envisageables:

- démolir les anciennes dalles de balcons et les remplacer par de nouvelles dalles isolées thermiquement de la façade.
- protéger les balcons du climat extérieur par un vitrage calorifuge de type véranda.

Amélioration potentielle: jusqu'à **5%**

4.4 Les fenêtres

Les fenêtres en bois mal entretenues doivent être remplacées. Dans ce cas, les valeurs Δ^*E définies pour les nouveaux bâtiments peuvent être reprises intégralement.

Lorsque les châssis sont encore en bon état, il suffit souvent de remplacer le vitrage extérieur par un verre isolant et de rénover ou de remplacer les joints de feuillure. Si de surcroît une coque métallique est appliquée sur le châssis des battants, les fenêtres rénovées seront proche de l'état neuf.

Amélioration potentielle: jusqu'à **5%**

4.5 Les tuyaux de chauffage

L'isolation ultérieure des tuyaux de chauffage traversant des espaces non chauffés constitue une mesure efficace et peu coûteuse.

Amélioration potentielle: jusqu'à **5%**

4.6 Les mesures prises individuellement

Le tableau ci-contre montre l'impact des mesures appliquées individuellement et comme mesure prise la **première** fois sur l'objet de référence. Si elles sont combinées à d'autres mesures, il peut en résulter de fortes interactions.

Les valeurs figurant dans ce tableau sont destinées à servir de guide pour l'élaboration de concepts judicieux. Elles ne peuvent en aucun cas se substituer au bilan énergétique détaillé qui doit être établi pour un projet concret.

Les mesures prises individuellement

Voir paragr.	Amélioration de		Δ^*E_w			
	de	à	$\frac{kWh}{m^2}$	$\frac{MJ}{m^2}$	%	
1.2	L'objet de référence		233	840	100%	
Mesures individuelles touchant à l'architecture						
2.1.8	Part de châssis	30%	2	6	1%	
	% de la surface des fenêtres	20%	3	11	1%	
4.3	Balcons	1.5	2	7	1%	
4.3	Vitrage de balcons	aucun	U = 3.0	8	30	4%
			U = 1.5	11	40	5%
2.2 Mesures individuelles touchant à la construction						
2.2.1	Isolation du plafond de cave	U = 1.20	U = 0.40	32	114	14%
			U = 0.30	36	129	15%
			U = 0.20	39	142	17%
2.2.1	Isolation de la façade	U = 1.00	U = 0.30	56	203	24%
			U = 0.20	64	231	28%
			U = 0.15	68	245	29%
2.2.1	Isolation du toit et montage d'une feuille d'étanchéité au vent	U = 0.70	U = 0.30	15	54	6%
			U = 0.20	19	68	8%
			U = 0.15	21	76	9%
2.2.2	Vitrage U/g	3.0/77%	1.3/65%	13	45	5%
			1.1/65%	17	61	7%
			0.8/52%	17	61	7%
2.2.3	Châssis de fenêtre	U = 2.6	U = 2.3	1	5	1%
			U = 2.1	3	9	1%
4.4	Rénovation des fenêtres	U = 3.0	1.8/65%	9	34	4%
			1.2/51%	14	50	6%
	Portes extérieures, caissons de store ...	U = 1.8	U = 0.7	5	18	2%
			U = 0.4	6	22	3%
2.3 Mesures touchant aux installations techniques						
2.3.1	Installation de renouvellement d'air	Fenêtres	$\eta = 75\%$	18	64	8%
4.5	Isolations des tuyaux de chauffage	aucune	3 cm	8	28	3%
			4 cm	11	40	5%
2.3.9	Chaudière à mazout ou à gaz à condensation	$\eta = 85\%$	$\eta = 93\%$	19	67	8%
2.3.8	Pompe à chaleur (seulement chauffage)	maz. + él.				
	Air-eau		COP = 2	17	61	7%
	Saumure-eau		COP = 4 ¹⁾	117	420	50%
	Eau-eau		COP = 6 ²⁾	156	560	67%
2.3.10	Couplage chaleur-force	maz. + él.		51	183	22%
2.3.11	Photovoltaïque	maz. + él.	50 m ²	14	51	6%
2.3.12	Eau chaude Combinaison	maz. + él.	mazout condens.	7	25	3%
	2		maz. + électr.	-6	-20	-2%
	10		maz. + solaire	12	44	5%
	11		maz. + RC	8	27	3%
	12		maz. + solaire + RC	15	54	6%
	17		PAC	11	39	5%
	18		PAC + solaire	18	64	8%
	19		PAC + RC	15	54	6%
	20		PAC + solaire + RC	19	69	8%

¹⁾ Ne peut être atteint qu'avec une isolation thermique optimale **ou** une installation de renouvellement d'air.

²⁾ Ne peut être atteint qu'avec une isolation thermique optimale **et** une installation de renouvellement d'air.

4.7 Les paquets de mesures

La procédure ultérieure est identique à celle préconisée pour les nouveaux bâtiments. Dans ce cas également, il est possible de regrouper les mesures sous forme de paquets cohérents. Leur application n'est toutefois pas obligatoire. En rénovation, il arrive fréquemment que les paquets de mesures ne puissent être mis en œuvre que partiellement pour des raisons techniques, financières, esthétiques ou patrimoniales (protection des monuments historiques).

4.8 Les mesures architectoniques

Parmi les mesures architectoniques pouvant être envisagées dans le cas des bâtiments existants, il ne reste malheureusement plus que deux éléments susceptibles d'amélioration: la part des châssis de fenêtres (pour autant que celles-ci doivent être remplacées) et les balcons. Ces interventions peuvent être intégrées directement dans les concepts de rénovation en tant que mesures individuelles.

4.9 Les mesures touchant à la construction

Les mesures touchant à la construction sont identiques à celles préconisées pour les bâtiments neufs. Leur efficacité est cependant nettement supérieure étant donné que la situation initiale est plus mauvaise que pour le neuf.

4.10 Les mesures touchant aux installations techniques

En partant du principe qu'en rénovation, les installations techniques doivent le plus souvent être remplacées intégralement, les mesures individuelles à appliquer dans ce cas sont sensiblement les mêmes que pour les nouvelles constructions. Leur regroupement sous forme de paquets ne constitue cependant pas une nécessité absolue.

4.11 Concepts

Les principes adoptés pour le neuf s'appliquent également à la rénovation: le concept de rénovation doit être élaboré au cas par cas pour chaque objet considéré. Les concepts présentés dans le tableau ci-contre sont fournis à titre d'exemple.

– Dans la mesure du possible, il est recommandé de rénover le bâtiment avant les installations techniques.

Dans le cas contraire, les installations techniques risquent d'être surdimensionnées après la rénovation ultérieure du bâtiment.

Le **concept 1** se concentre sur des mesures ayant trait à l'enveloppe du bâtiment. La valeur limite prescrite pour les rénovations étant deux fois supérieure à celle des nouveaux bâtiments, les exigences du standard MINERGIE® peuvent déjà être atteintes avec ces seules mesures.

Le **concept 2** est axé sur des mesures touchant aux installations techniques. Il concerne essentiellement les maisons en bon état.

Le **concept 3** est constitué d'une combinaison de mesures fréquemment mises en œuvre qui se distinguent notamment par un excellent rapport coûts/utilité.

Les paquets de mesures

L'objet de référence	Amélioration de		Δ^*E_w		%
	de	à	kWh/m ²	MJ/m ²	
L'objet de référence			233	840	100%
Isolation thermique I					
Isolation du plafond de cave	U = 1.20	U = 0.40	32	114	
Isolation de la façade	U = 0.80	U = 0.30	55	199	
Isolat. du toit + feuille d'étanchéité au vent	U = 0.70	U = 0.30	14	52	
Caissons de store, portes extérieures ...	U = 1.80	U = 0.70	5	17	
			106	382	45%
Isolation thermique II					
Isolation du plafond de cave	U = 1.20	U = 0.30	36	128	
Isolation de la façade	U = 0.80	U = 0.20	63	227	
Isolat. du toit + feuille d'étanchéité au vent	U = 0.70	U = 0.20	18	64	
Caissons de store, portes extérieures ...	U = 1.80	U = 0.70	4	16	
			121	435	52%
Isolation thermique III					
Isolation du plafond de cave	U = 1.20	U = 0.20	39	142	
Isolation de la façade	U = 0.80	U = 0.15	67	241	
Isolat. du toit + feuille d'étanchéité au vent	U = 0.70	U = 0.15	19	69	
Caissons de store, portes extérieures ...	U = 1.80	U = 0.40	5	19	
			131	471	56%
Fenêtres I					
Le vitrage (U/g)	3.0/77%	1.3/65%	13	45	
Le châssis de fenêtre	U = 2.6	U = 2.3	1	5	
			14	50	6%

Les chiffres de ce tableau sont susceptibles de différer de ceux du tableau précédent en raison de l'interaction réciproque des mesures combinées.

Mesures prises individuellement et paquets de mesures

Concepts	Δ^*E_w		*E_w	
	kWh/m ²	MJ/m ²	kWh/m ²	MJ/m ²
Concept 0: Objet de référence			233	840
Concept 1: Bâtiment				
Isolation thermique III	131	471		
Installation de renouvellement d'air	12	42		
Fenêtres I	16	58	75	269
Concept 2: Installations techniques				
Installation de renouvellement d'air	18	64		
Isolation des tuyaux	11	40		
PAC eau-eau (COP = 5)	124	448	80	288
Concept 3: Coûts				
Isolation thermique I	106	382		
Rénovation de fenêtres (U = 1.2)	14	50		
Installation de renouvellement d'air	16	59		
Isolation des tuyaux	11	40		
Chaudière à condensation	8	27	78	282

Les chiffres de ce tableau sont susceptibles de différer de ceux du tableau précédent en raison de l'interaction réciproque des mesures combinées.

5. Les coûts

Le standard MINERGIE® pour les bâtiments impose des exigences en matière de rentabilité. La rentabilité est déterminée par les coûts annuels, c.-à-d. les coûts d'exploitation et les coûts de capital.

5.1 Les coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation sont constitués pour l'essentiel par les coûts de l'énergie pour le chauffage des pièces et la production d'eau chaude. Dans la maison MINERGIE®, ils correspondent à la moitié environ des coûts d'exploitation d'une «maison normale». La maison MINERGIE® enregistre à cet égard une avance indiscutable.

5.2 Les coûts du capital investi

Le paiement des intérêts et l'amortissement des coûts du capital représentent l'essentiel des coûts annuels. Il s'agit à présent de déterminer dans quelle mesure l'utilisation du standard MINERGIE® a une incidence sur ces coûts. Seuls les coûts de construction à proprement parler entrent ici en ligne de compte. Les coûts du terrain ainsi que des travaux d'aménagement extérieur n'ont aucun rapport avec le standard MINERGIE®.

Les mesures architecturales représentent à elles seules la moitié du chemin menant à la maison MINERGIE®, et ce tout en économisant sur les coûts (point B du graphique).

Les mesures touchant à la construction, associées à une installation de renouvellement d'air, permettent de faire le reste du chemin, à condition toutefois qu'elles soient appliquées judicieusement. Les coûts de construction augmentent ainsi à nouveau pour atteindre à peu près le niveau d'une «maison normale» (point C). Ce point correspond approximativement au concept 1 du chapitre 3.7 et à l'exemple présenté à la page 8.

Les mesures touchant aux installations techniques ne sont mises en œuvre que si les mesures précédentes s'avèrent inapplicables ou insuffisantes (emplacements à l'ombre, zones de protection du paysage, etc.) ou si l'on s'est fixé des ambitions plus élevées, lorsqu'il s'agit par exemple de remplir les exigences du standard MINERGIE®-P (point D) ou encore de réaliser une maison autonome sur le plan énergétique (point E).

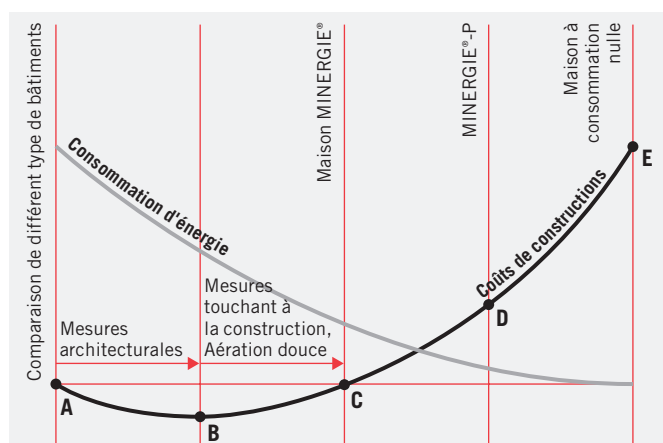
5.3 La durée de vie

Une plus longue durée de vie du bâtiment et de ses composants permet de réduire les coûts de capital annuels étant donné que le montant annuel de l'amortissement et des coûts d'entretien diminue. Exemple: pour les maisons construites il y a 20 ans selon le «standard normal» de l'époque, la première rénovation est désormais arrivée à échéance. Les maisons à faible consommation d'énergie représentées ci-dessous (année de construction 1984) offrent aujourd'hui encore des caractéristiques supérieures aux exigences du standard courant actuel. Leur rénovation ne devra être envisagée que dans 20 ans. On peut aisément en déduire les répercussions sur les coûts annuels!

– **Le coût de la maison MINERGIE® ne doit pas excéder celui d'une maison conventionnelle.**

– **Si l'on tient compte des coûts d'exploitation et de la durée de vie, la maison MINERGIE® est même nettement plus avantageuse que la «maison normale».**

Durée de vie exemplaire pour ces bâtiments à faible consommation (cf. texte)



Eco-courant – authentique avec le label «naturemade star» uniquement

De même que MINERGIE®, «naturemade star» mise sur une production d'électricité durable et renouvelable, dont font partie les produits d'éco-courant issus des énergies éolienne, photovoltaïque, hydraulique et de la biomasse. La quantité d'éco-courant produite actuellement est considérable et disponible à tout moment. Pour remplir les sévères critères européens en matière d'éco-courant, toute une série d'exigences écologiques doivent être satisfaites. Utiliser de l'éco-courant certifié issu de la force hydraulique, c'est encourager le développement de nouvelles installations de production renouvelables. En outre, des mesures écologiques strictes concernant la centrale dans son ensemble doivent être prises pour chaque kilowatt-heure vendu. Grâce à un audit annuel, «naturemade» garantit un bilan de production et de vente équilibré. «naturemade star», soutenu et recommandé par les organisations écologiques WWF et Pro Natura, propose un label de qualité auquel les consommatrices et les consommateurs peuvent entièrement se fier.

www.naturemade.ch

«naturemade star» – Standard énergétique avec une plus-value

Le choix d'un système de chauffage orienté vers le futur, comme celui de la pompe à chaleur, utilisant de l'éco-courant sans émission de CO₂ et certifié «naturemade star», permet une solution écologique au plus haut niveau. Entre autres avantages, le problème du stockage du combustible ne se pose plus, avec pour conséquence une diminution des frais de construction ou de transformation et un gain de place considérable.

Utilité écologique maximale à des prix raisonnables

Avec les produits 1to1 energy water star et 1to1 energy wind star, BKW FMB Energie SA et ses partenaires prennent la tête parmi les fournisseurs d'éco-courant en Suisse. La production de 1to1 energy water star est assurée par la centrale hydroélectrique d'Aarberg, qui, avec sa production de 86 GWh par an, représente la première grande centrale hydroélectrique au fil de l'eau certifiée «naturemade star». La vente de 1to1 energy water star a déjà permis de concrétiser une première mesure écologique, à savoir la construction d'une échelle à poissons et de passage pour les castors. D'autres projets sont prévus, notamment dans la zone alluviale d'importance nationale située en aval de la centrale. La centrale éolienne la plus importante de Suisse, située à Mont Crosin dans le Jura, produit 1to1 energy wind star. Afin de répondre à une demande en constante augmentation, des projets d'extension ont déjà été mis à l'étude.

Acheter de l'éco-courant 1to1 energy: comment faire?

Vous pouvez acheter 1to1 energy water star et 1to1 energy wind star directement chez tous les partenaires 1to1 energy.

Pour de plus amples informations ou pour passer commande, adressez-vous à www.1to1energy.ch ou téléphonez au numéro 0800 121 121



Votre partenaire 1to1 energy

FMB

BKW FMB Energie SA

Sources littéraires

Norme SIA 180: *Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments*, SIA, Zurich 1999

Norme SIA 380/1: *L'énergie thermique dans le bâtiment*, SIA, Zurich 2001

Documentation SIA D 0170: *L'énergie thermique dans le bâtiment*, SIA, Zurich 2001

Fraefel, Humm: *Chauffer et aérer dans la maison à basse consommation d'énergie*, Ökobuch Verlag Staufen bei Freiburg 2000

Fraefel, Huber, Trawnika: *L'aération de logement dans la maison MINERGIE®*, 1999

SuisseÉnergie: *Kit de commande pour aération douce*, Berne 2002

Bulletin WPZ, Centre de test des pompes à chaleur de Winterthur-Töss

Association MINERGIE®: *Règlement d'utilisation du label MINERGIE®*

Association MINERGIE®: *Notice relative aux systèmes d'aération standard*

Association MINERGIE®: *Avec MINERGIE®-P, un plus en qualité de construction.*

Sécrétariat MINERGIE®

Steinerstrasse 37
3000 Berne 16
Téléphone 031 350 40 60
Fax 031 350 40 51
info@minergie.ch
www.minergie.ch

Agence MINERGIE® romande

Grandes Rames 12
1700 Fribourg
Téléphone 026 321 53 25
Fax 026 321 53 38
romandie@minergie.ch
www.minergie.ch

Téléphone MINERGIE 0800 678 880

Impressum

Editeur: Verein MINERGIE® / Association MINERGIE®
Auteur: Rudolf Fraefel, dipl. Architekt ETH/SIA, Grüningen
Réalisation: atelier uh!, Gümligen
Impression: Vetter Druck AG, Thun
Commande: Services cantonaux de l'énergie ou à l'agence MINERGIE® romande

3ème édition, avril 2004

© by association MINERGIE®

www.minergie.ch



MINERGIE® NE-021



MINERGIE® FR-012



MINERGIE® VS-129