

Gestion technique de la maison

Un système de domotique a été installé. Sans chercher une automatisation complète de la maison, la domotique permet de gérer plus finement et à distance :

- les occultations extérieures : gestion plus efficace des protections solaires suivant ensoleillement, vent, présence ;
- du système d'appoint de chauffage utilisé.

Principaux enseignements – Évolution du métier

C'est grâce à la concertation de tous les professionnels que cette rénovation exemplaire a pu voir le jour.
« Cette opération a nécessité une attention toute particulière sur l'une des difficultés principales de la rénovation Passivhaus : l'étanchéité à l'air des parois existantes. Une connaissance parfaite de l'existant ainsi que de l'impact des éléments rapportés (membranes, isolants, enduits) est indispensable. »
(Thomas Bonnin, Agence Quinze Architecture).



Photo 2.21 Un bardage bois sur l'extension et des peintures aux algues
Crédit photos : J. Casanelles

2.2 LE LABEL MAISON PASSIVE DE LA FFCP

La Fédération française de la construction passive (FFCP) attribue également un label maison passive ¹¹. Ses modalités de calcul sont différentes de celles définies par La Maison Passive. **Cette labellisation n'est pas reconnue par le PHI.** Les bâtiments labellisés ne sont donc pas dans la base de données internationale gérée par le PHI.

2.3 LE LABEL SUISSE MINERGIE ®

2.3.1 L'association Minergie ® et ses labels

Minergie ® est le label suisse de construction durable pour les bâtiments neufs ou rénovés. La marque est soutenue par les milieux économiques, les cantons et la Confédération. Le concept du label Minergie a été fondé en 1994 par Ruedi Kriesi et Heinz Uebersax. Cette même année, les

COMPARAISONS DES PERFORMANCES SELON LES 2 LABELS MAISON PASSIVE (FFCP) ET BÂTIMENT PASSIF (LA MAISON PASSIVE)

La maison sise à Hombourg en Alsace **MI 06**, conçue par B. Conception et construite par Maisons Voegelé ¹² a les deux labels (de la Maison Passive et de la FFCP) et ses performances sont les suivantes au regard de ces labels :

- **Performance énergétique** (PHPP), source FFCP :
Besoin de chaleur pour le chauffage : 12,27 kWhép/(m².an)
Puissance de chauffe : 11 W/m²
Consommation d'énergie primaire (tous usages) : 61 kWhép/(m².an)
Étanchéité à l'air : n50 = 0,5 vol/h
- **Performance énergétique** (PHPP), source PHI (La Maison Passive) :

Besoin de chaleur pour le chauffage : 18 kWhép/(m².an)
Puissance de chauffe : 13 W/m²
Consommation d'énergie primaire (tous usages) : 118 kWhép/(m².an)
Étanchéité à l'air : n50 = 0,5 vol/h
Ces performances ne lui permettent pas d'avoir le label Bâtiment Passif Classique mais le niveau BaSE, la maison ayant une faible consommation d'énergie.
Quant à la consommation réelle tous usages sur 3 ans (2016-2018), elle s'est élevée à 30 kWh/(m².an) en énergie finale, soit 77,5 kWhép/(m².an).

deux premières maisons Minergie ont été construites à Källiken (architecture Ruedi Fraefel, concept énergétique Ruedi Kriesi, ZH-001). Les expériences tirées de la construction d'un lotissement zéro énergie en chauffage à Wädenswil, entre 1988 et 1990, ont permis l'élaboration des modalités techniques de la certification. En 1997, la marque Minergie a été reprise par les cantons de Zurich et de Berne. L'association Minergie a été fondée un an plus tard. Depuis 1998, 46 933 unités ont été certifiées représentant 1 542 bâtiments et une surface de 53,9 millions de mètres carrés (au 05/12/2018). Une enquête réalisée en 2014-2015 auprès de 990 propriétaires montre que 91 % d'entre eux choisiraient de nouveau le label Minergie s'ils devaient se lancer dans un nouveau projet de construction¹³.

Le label Minergie® met l'accent sur le confort d'habitat et de travail pour les usagers, ainsi que sur l'efficacité énergétique, la qualité et le maintien optimal de la valeur des objets.

Trois labels sont proposés pour les nouvelles constructions et ceux-ci peuvent être combinés, en Suisse, avec un label complémentaire ECO pour des bâtiments écologiques et sains et deux autres labels complémentaires SQM Construction pour la qualité de la phase de construction et SQM Exploitation pour la qualité de la phase d'exploitation. Minergie®, Minergie-P® et Minergie-A® sont les trois labels de construction.

Ils ont été profondément remaniés en 2017 et la certification Minergie® correspond déjà, dans tous les cantons, aux prescriptions de la nouvelle législation sur l'énergie (conformément au MoPEC 2014). Le complément ECO permet en outre de prendre en compte les aspects liés à la santé et à l'écologie de la construction.

Minergie-P concerne des bâtiments passifs et Minergie-A correspond à des bâtiments qui produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment et allient confort et indépendance énergétique maximale.

Nous avons privilégié dans la présentation la certification Minergie-P® qui correspond à des bâtiments passifs¹⁴.

Les bâtiments Minergie-P se caractérisent par une enveloppe très bien isolée (valeur relative à l'enveloppe au moins inférieure de 10 % aux exigences légales) et étanche à l'air. En moyenne, dans les nouveaux bâtiments, la consommation d'énergie pour la production de chaleur, les installations techniques, les appareils électrodomestiques, l'éclairage est inférieure à 50 kWh/m² (énergie finale par mètre carré de surface énergétique de référence) pour les constructions neuves et 80 kWh/m² en rénovation. Le label préconise également que l'électricité soit auto-produite. Le label rentre dans l'objectif d'une société dite à 2 000 watts (ce qui correspondrait à la puissance énergétique nécessaire pour chaque individu, tous usages confondus).

Minergie® a défini un indice Minergie (MKZ) qui correspond au besoin net global de toutes les énergies finales d'exploitation du bâtiment pondérées par les facteurs énergétiques nationaux, rapporté à la surface de référence énergétique.

Le besoin énergétique global de l'exploitation d'un bâtiment comprend six composants : besoin en énergie pour l'ensemble chauffage, ventilation et climatisation, fourniture d'eau chaude, éclairage, appareils domestiques et installations techniques générales, desquels on déduit l'autoproduction d'électricité (elle-même subdivisée en autoconsommation et en part injectée dans le réseau). Le respect de l'indice Minergie MKZ constitue l'exigence principale pour tous les labels Minergie. Des exigences sont ensuite fixées sous forme de valeurs limites dépendantes du label, de la catégorie de bâtiment et du type de projet (nouvelle construction/rénovation).

Outre l'exigence principale, Minergie fixe trois exigences supplémentaires (dont deux pour les maisons), en fonction du label et de la catégorie de bâtiments, pour s'assurer que les potentiels d'optimisation ne demeurent pas totalement inexploités dans certains domaines :

- besoin de chaleur pour le chauffage : pour le passif (Minergie-P®), il doit être inférieur à 70 % de la valeur limite figurant dans la réglementation suisse (MoPEC 2014), en ce qui concerne les constructions neuves et à 90 % de la valeur limite pour les rénovations. Les exigences quant aux besoins de chaleur sont au minimum de 15 kWh/(m².an), même si le calcul de la valeur limite donne un résultat inférieur ;
- valeur limite pour l'énergie finale pondérée pour le chauffage, l'eau chaude, la ventilation et la climatisation pour les nouveaux bâtiments conformément à la réglementation suisse (MoPEC 2014) et complétée par des exigences similaires pour les rénovations.

Les exigences de **Minergie-P®** sont les suivantes :

- besoin énergétique annuel pondéré pour le chauffage, l'eau chaude, la ventilation et la climatisation ≤ 35 kWh/(m².an) en neuf et ≤ 60 kWh/(m².an) en rénovation ;
- indice MKZ des besoins énergétiques globaux pondérés de l'énergie finale ≤ 50 kWh/(m².an) en neuf et ≤ 80 kWh/(m².an) en rénovation¹⁵ ;
- l'étanchéité à l'air de l'enveloppe doit être inférieure ou égale à $q_{a50} \leq 0,8$ m³/(h.m²) en neuf et à 1,6 m³/(h.m²) en rénovation passive.

Tous les bâtiments Minergie® doivent aussi être conçus pour permettre d'approvisionner facilement un véhicule en électricité, anticipant l'évolution des modes de déplacements.

De 1998 à fin 2014, la certification Minergie® (tous standards) a été délivrée à 30 808 logements neufs (totalisant

24,7 millions de mètres carrés) et à 2 156 logements réhabilités (1,4 million de mètres carrés).

La certification Minergie-P[®] a été créée en 2003 et a été délivrée à 2 075 logements neufs (1,24 million de mètres carrés) et à 111 logements réhabilités.

Cet ouvrage présente quelques opérations certifiées Minergie-P :

- une maison à Gries (67) également labellisée Bâtiment Passif (§ 2.6.2),
- une maison à Brech (35) également labellisée Bâtiment Passif (§ 2.6.1),
- trois maisons dans le Canton de Fribourg en Suisse (§ 2.3.2).

2.3.2 Trois exemples de maisons passives certifiées Minergie-P[®]

1. Une maison très compacte en bois et béton

La parcelle dont disposait le maître d'ouvrage était très favorable à la construction d'une maison passive. Une maison existait déjà et le premier projet fut de la rénover mais les coûts sont apparus prohibitifs.

Le cabinet d'architectes a alors proposé la démolition de la maison existante et la construction d'une nouvelle maison à ossature bois qui atteindrait le label Minergie-P (photo 2.22). La maison a été placée sur la parcelle de manière à conserver un chêne remarquable.

Les murs intérieurs sont en ossature bois isolée et revêtus d'un bardage bois avec un traitement Silverwood.

Localisation : Meyriez, petite ville résidentielle du canton de Fribourg (Suisse)

Année de construction : 2013

Surface utile : 219 m²

Volume SIA : 1 340 m³

Nombre de pièces : 7



Photo 2.23 Un mur en béton côté route pour le confort acoustique et des arbres à feuilles caduques pour le confort d'été

Crédit photo : N. Racheter, Maisons et ambiances



Photo 2.22 Une maison très compacte en bois et béton construite en 2013 à Meyriez (Suisse)

Crédit photo : C. Cuendet

Nombre d'habitants : 4

Entreprise de construction : Gutknecht Holzbau AG, Morat

Coût des travaux : 1 000 000 CHF

Distinction : label Minergie-P

Consommation d'énergie pour le chauffage et l'ECS : 15 kWh/m² SRE

La forme particulière de cette maison permet d'avoir un programme original : la salle à manger sort du volume principal et s'avance vers le jardin (photo 2.24) alors que la suite parentale a été placée au rez-de-chaussée et non à l'étage. Les autres chambres ainsi qu'une salle de musique se situent à l'étage (fig. 2.9). Un acousticien a accompagné l'architecte, Conrad Lutz, dans son travail pour assurer une sonorité parfaite dans la maison, pour une famille au sein de laquelle « la musique règne en maître ». À l'intérieur, une double hauteur anime l'espace d'entrée. Des tapisseries habillent les murs et participent à l'atmosphère élégante de cette maison en bois labellisée Minergie-P.



Photo 2.24 Une salle à manger s'ouvrant sur le jardin

Crédit photo : C. Cuendet



Photo 2.26 Une construction en ossature bois qui n'a duré que 8 semaines Crédit photo : Lutz Architectes

Le terrain étant situé sur de la tourbe, un coffre stabilisé a dû être mis en œuvre avant la pose des éléments en ossature bois préfabriqués. La construction n'a duré que 8 semaines (photo 2.26).

Le besoin de chauffage est assuré par une pompe à chaleur géothermique et l'ECS est produite avec des panneaux solaires thermiques. Pour les besoins en électricité du ménage, 14 m² de panneaux photovoltaïques ont été installés. Cette maison est extrêmement performante sur le plan énergétique, puisqu'elle ne consomme que 1 500 kWh/an pour l'eau chaude et le chauffage.

3. Une réhabilitation passive à Villars-sur-Glâne

La priorité pour ce couple avec deux jeunes enfants était de trouver une maison en ville ou à proximité, dans une zone dotée de bonnes infrastructures, bien desservie par les transports publics et à proximité des écoles et des commerces.



Photo 2.28 La maison avant travaux Crédit photo : Lutz Architectes



Photo 2.27 Façades sud et ouest Crédit photo : C. Guendet

Les terrains en ville étant chers et très rares, le couple a cherché une vieille maison à rénover. Après deux ans de recherche, une maison des années 1960 fut trouvée dans un paisible quartier de Villars-sur-Glâne, commune de la périphérie de Fribourg (photo 2.28). Cependant, avant de pouvoir y vivre, les propriétaires – dont l'architecte du projet fait partie – ont souhaité la transformer pour en faire un bâtiment performant sur le plan énergétique (photo 2.29). Première maison rénovée labellisée Minergie-P du canton de Fribourg, ce projet exemplaire prouve qu'il est possible de transformer des bâtiments consommant une grande quantité d'énergie en bâtiments extrêmement performants.

Localisation : Villars-sur-Glâne, canton de Fribourg (Suisse)

Année de construction : 2010

Surface utile : avant travaux : 130 m² ; après travaux : 220 m²

Volume SIA : 1 150 m³

Nombre de pièces : 7 + 2,5 pièces en location

Nombre d'habitants : 4 + 2



Photo 2.29 La maison après travaux de rénovation et surélévation Crédit photo : C. Guendet

Architecte : Lutz Architectes, Givisiez

Entreprise de construction : Gutknecht Holzbau AG, Morat

Distinction : label Minergie-P

Coût des travaux : coût total : 500 000 CHF dont 28 000 CHF d'aides publiques

Économies d'énergie réalisées (valeur effective) :

Avant travaux : 41 600 kWh (4 000 litres de mazout par an)

Après travaux : 5 600 kWh (1 tonne de pellets)

Évolution de la consommation d'énergie pour le chauffage et l'ECS :

Avant travaux : 164 kWh/m² SRE

Après travaux : 31 kWh/m² SRE

Les maîtres d'ouvrage ont souhaité utiliser tout le potentiel constructible en augmentant la surface habitable et en créant un appartement supplémentaire à louer dans le socle du bâtiment. La location de ce logement de 2,5 pièces au rez-de-chaussée inférieur a permis d'assurer un revenu et de financer en partie les travaux de rénovation ¹⁶.

Afin d'agrandir l'appartement principal, les combles ont été remplacés par un étage entièrement préfabriqué en bois et agrémenté d'une grande terrasse au sud (photo 2.30). Cet aménagement a permis de faire passer la surface habitable de 130 m² à 220 m² (y compris les murs).

Au rez-de-chaussée supérieur, un grand espace de vie, lumineux et ouvert, a été créé par la démolition d'un mur entre la cuisine et le séjour. Un nouvel escalier permet de gagner l'étage supérieur, où se trouvent la chambre à coucher des parents, une bibliothèque, ainsi qu'un espace de travail. Les interventions sur l'existant ont été limitées au maximum. Ainsi la structure, les ouvertures et la répartition d'origine ont été conservées, tout comme la plupart des parquets en chêne. Le concept énergétique se base sur une amélioration de l'enveloppe thermique, l'utilisation des apports solaires passifs et de nouvelles installations techniques adaptées au besoin de chauffage réduit.

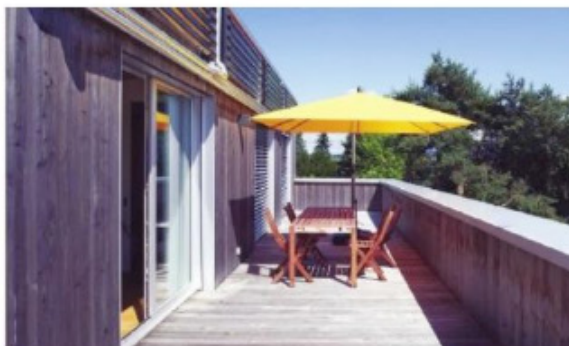


Photo 2.30 La terrasse au sud Crédit photo : C. Cuendet

Tab. 2.3 Caractéristiques thermiques de l'enveloppe du bâtiment et des systèmes techniques

Composants d'enveloppe ou équipements	Détail des travaux de la rénovation - surélévation
Mur extérieur	Façade du rez-de-chaussée et mur de soubassement jusqu'à un mètre de profondeur : 25 cm de polystyrène. Mur en maçonnerie (façades 1 ^{er} et 2 ^e étages) : ossature bois isolée avec 320 mm de cellulose insufflée
Toiture	Toiture en pente : ossature bois avec 360 mm de cellulose insufflée
Menuiseries	Triples vitrages bois - alu (U = 0,7 W/(m ² .K), facteur solaire g = 50 %) remplaçant les doubles vitrages existants
Chauffage	Chauffage à pellets remplaçant une chaudière à mazout utilisé pour l'appartement en location et fourneau en pierre ollaire pour le reste de la maison
ECS	6 m ² de panneaux solaires thermiques (4 000 kWh/an) alimentant un chauffe-eau avec appoint par le système de chauffage (chaudière à pellets)
Ventilation	VMC double flux avec récupération de chaleur à 80 %



Photo 2.31 Un revêtement de façade en bois
Crédit photo : C. Cuendet



Photo 2.32 Revêtement bois de la surélévation, façade sud Crédit photo : C. Cuendet

Des éléments en ossature bois de 320 mm d'épaisseur et isolés avec de la cellulose ont été fixés sur les murs en maçonnerie existants. Les façades ont ensuite été revêtues d'un bardage en bois prégrisé.

Les faibles besoins énergétiques sont assurés par des panneaux solaires thermiques tubulaires installés sur la façade sud. Ils produisent 80 % de l'ECS et la base du chauffage. Une chaudière à pellets a été installée pour compléter, durant les périodes sans soleil, la production d'ECS et de chauffage de l'appartement en location. Dans l'appartement principal, un poêle en pierre ollaire suffit pour assurer les besoins résiduels de chauffage (photo 2.33).

La pierre ollaire est un matériau naturel qui offre une excellente capacité d'accumulation de la chaleur (photo 2.33). La pierre stocke la chaleur pour la restituer longtemps après que le feu se soit éteint. Ce type de poêle est idéal pour chauffer une maison aux faibles besoins énergétiques. Une seule flambée suffit à garantir une température agréable pour 24 heures, lors des journées sans soleil.

Les besoins énergétiques de la maison ont été divisés par 7, malgré une augmentation conséquente de la surface habitable (de 130 à 220 m²).

Les façades sont revêtues d'un bardage en sapin blanc prégrisé (photos 2.31 et 2.32). Ce type de revêtement ne demande aucun entretien et a une longue durée de vie.

Le projet de rénovation a consisté à rhabiller l'existant avec une nouvelle enveloppe isolée (photo 2.35). Une ossature bois a été fixée sur les murs en maçonnerie et recouverte par des panneaux de fibres de bois à l'extérieur. L'ensemble a ensuite été rempli d'isolation en ouate de cellulose par insufflation (photo 2.34).



Photo 2.33 Le fourneau en pierre ollaire : appoint pour le chauffage et l'ECS

Crédit photo : Rod, Migrosmagazine



Photo 2.34 Le passage des gaines de ventilation dans l'ossature bois fixées sur la façade existante avant l'isolation par l'extérieur (ouate de cellulose)

Crédit photo : C. Cuendet



Photo 2.35 Isolation par éléments à ossature bois

Crédit photos : C. Cuendet

Un financement facilité par la qualité du projet

Le propriétaire souligne que « l'argent pour ces travaux a pu être obtenu facilement. Notre banque a été immédiatement séduite par notre concept de rénovation et d'utilisation. D'abord par la situation idéale de la maison, ensuite par la plus-value apportée, mais aussi parce que la location constituait une garantie supplémentaire. »

Remerciements et sources

Mélanie Pittet-Baschung, Atelier d'architecture Lutz associés, www.lutz-architectes.ch.

Migros Magazine, n° 15, 10 avril 2012.

Efficienc 21, n° 14, printemps 2015.

Maison et ambiances, mai 2017.

2.4 LE RÉFÉRENTIEL E+C- ET LA RÉGLEMENTATION BÂTIMENT RESPONSABLE 2020

Le référentiel expérimental E+C- (Énergie positive et réduction carbone) vise à préfigurer la prochaine réglementation Bâtiment Responsable BR 2020 qui se substituera à l'actuelle réglementation thermique RT 2012¹⁷.

Le référentiel E+C-, comme la BR 2020, a pour objectifs à la fois d'améliorer la performance énergétique des bâtiments, en allant jusqu'au bâtiment à énergie positive (BEPOS, voir § 2.5) et de réduire les émissions de gaz à effet de serre afin de développer un parc de bâtiments minimisant son empreinte carbone. **L'objectif est l'énergie positive (E+) et la réduction de carbone (C-).**

Le référentiel E+C- comporte quatre niveaux de performance pour l'énergie (E1 à E4) et deux niveaux pour les émissions de carbone (C1 et C2).

Le niveau de performance énergétique est évalué à l'aide du moteur de calcul RT 2012 et reprend les caractéristiques de cette réglementation ($B_{bio} \leq B_{bio,max}$, $C_{ep} \leq C_{ep,max}$, $T_{ic} \leq T_{ic,ref}$ garde-fous) qui doivent être respectées, tout en améliorant progressivement la performance du bâti. Les niveaux E1 et E2 sont très proches des exigences de la RT 2012, le niveau E3 exige une part d'énergie renouvelable qui couvre grosso modo les usages réglementaires. Le niveau E4 correspond à un bâtiment avec un bilan énergétique dans lequel la production d'énergie renouvelable est supérieure ou égale à la consommation sur tous les usages du bâtiment.

Notons que si le chauffage est assuré par du bois, la consommation d'énergie de chauffage est comptée pour zéro et le bâtiment peut plus facilement atteindre le niveau E4.

Un bâtiment passif peut normalement atteindre le niveau E3 sans énergie renouvelable si sa consommation d'énergie primaire tous usages, calculée avec le moteur de calcul RT 2012, est inférieure à 95 kWh_{ep}/m², ce qui doit être le cas si le calcul PHPP atteint une consommation d'énergie primaire de l'ordre de 110 kWh_{ep}/m² (du fait de la large sous-estimation des consommations de chauffage avec le moteur de calcul RT 2012). Atteindre le niveau E4 exige bien évidemment une production locale d'électricité renouvelable et une réelle prise en compte des économies sur l'électricité électrodomestique¹⁸.

Enertech a montré qu'il est plus facile d'atteindre le niveau Énergie 4 (E4) pour les bâtiments de plain-pied ou en R+1 (le cas des maisons individuelles) du fait du mode de calcul que pour les bâtiments plus hauts puisqu'on rapporte la production généralement en toiture à la surface totale de plancher¹⁹ (et non pas, comme le propose le PHI, à la surface qui correspond à la projection orthogonale de l'enveloppe thermique sur une surface horizontale).

Le bilan carbone C1 et C2 du label se calcule en distinguant deux indicateurs : les émissions de gaz à effet de serre (GES) du bâtiment sont comparées à un niveau maximal d'émissions de GES sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment ($E_{ges,max}$), et avec un niveau d'émission de GES relatif aux produits de construction et équipements ($E_{gesPCE,max}$). Ces deux niveaux font encore l'objet d'expérimentation et de nombreux aménagements devraient être réalisés, avec le développement continu des fiches Inies (cf. ACV au § 6.1). Pour information, les seuils requis sont les suivants :

Émissions de GES	Niveau C1 (kgCO ₂ /m ² SDP*)	Niveau C2 (kgCO ₂ /m ² SDP*)
$E_{ges,max}$ (cycle de vie)	1 200 à 1 400	750 à 950
$E_{gesPCE,max}$ (produits et équipements)	650 à 750	600 à 700

*m²SDP : mètre carré de surface de plancher, unité de la RT 2012.

Source : Guide technique E+C- et la réglementation environnementale 2020, XPair Éditions, page 14.

Des modulations de ces seuils sont prévues en fonction du nombre de places de parking et de la zone climatique pour le niveau global.

2.5 LES LABELS BEPOS EFFINERGIE 2017 ET BEPOS+ EFFINERGIE 2017

Le label BEPOS effinergie 2017 s'obtient si le bâtiment atteint au moins le niveau E3 et C1 du référentiel E+C-. Le label BEPOS+ effinergie 2017 requiert le niveau E4 (le plus performant) et C1.