

MINERGIE[®]
SAVOIR-FAIRE



**Mesurer. Contrôler.
Optimiser.**

L'énergie sous contrôle, de la conception à l'exploitation

Contenu

Planification intégrale, exploitation optimale	3
Système énergétique du bâtiment	4
Production et consommation	6
Grande consommatrice: la mobilité électrique	8
Avantages pour les propriétaires et le réseau	10
Le PV en tant qu'élément du système global	12
Monitoring dans le bâtiment	14
Monitoring+	16
Minergie-Exploitation	17
Minergie-Exploitation crée des ponts	18
Optimisé grâce à Minergie-Exploitation	19
L'énergie solaire dans une maison intelligente	20
Le confort grâce à l'automatisation	21
Plus d'informations	22

Impressum

Éditeur

Association Minergie

Publication

2021, révisé en mai 2025

Production

Concept et contenu: Sabine von Stockar, Maximilian Schaffrinna, Irina Zindel et Marcel Habegger (révision), Association Minergie, Bâle

Rédaction: Sandra Aeberhard, Faktor Journalisten AG, Zurich

Graphique: Christine Sidler et Noemi Bösch, Faktor Journalisten AG, Zurich

Impression: Steudler Press AG, Bâle

Traduction: Arielle Porret, Association Minergie, Sion

Photos

Photo de couverture: Maison

plurifamiliale Grabenweg, Möriken,

Photo: Setz Architektur AG; **Page 7:**

BE Netz AG; **Page 9:** Plug'n Roll; **Page 19:**

NeoVac; **Page 20:** iNeedContent GmbH;

Page 21: Wegmüller|Briggen Architektur AG



Planification intégrale, exploitation optimale

Les bâtiments doivent être non seulement bien planifiés, mais bien exploités. Ils jouent un rôle clé dans la décarbonisation. Par exemple, les pompes à chaleur remplacent les chauffages au mazout et les bornes de recharge du bâtiment se substituent aux stations-service. Construits efficacement, ils consomment moins d'énergie et deviennent même des producteurs d'électricité grâce au photovoltaïque. L'objectif est de consommer le moins de kWh possible, de produire beaucoup d'électricité renouvelable et de consommer en même temps que l'on produit. Une bonne planification permet une meilleure exploitation, avec des avantages pour les utilisateurs et le climat. Les besoins en énergie, les émissions de CO₂ et les coûts énergétiques diminuent, tandis que le confort s'accroît.

Systeme énergétique du bâtiment

Les bâtiments jouent un rôle important dans la voie de la neutralité climatique. Ils sont de plus en plus économes en énergie et les systèmes photovoltaïques installés sur le toit ou les façades les transforment en centrales électriques. Les perspectives énergétiques 2050+ de l'Office fédéral de l'énergie prévoient qu'environ 34 TWh d'énergie électrique seront fournis par le photovoltaïque (PV) d'ici à 2050, soit une augmentation d'un facteur 13.

Dans le même temps, les bâtiments consomment de plus en plus d'électricité: les pompes à chaleur remplacent les systèmes de chauffage à mazout ou au gaz et les voitures électriques sont rechargées sur place. Pour que la Suisse atteigne l'objectif «zéro émission», le potentiel énergétique des bâtiments doit être exploité au maximum: ils produiront autant d'électricité renouvelable que possible et la consommeront sur place efficacement.

Les bâtiments apportent une contribution importante à la transition énergétique

Utiliser efficacement l'énergie: Une isolation optimale et des installations techniques efficaces permettent de réduire la consommation d'énergie d'un bâtiment. Un suivi continu et une optimisation permettent de garantir des réglages corrects. **Les bâtiments Minergie sont optimisés en matière d'isolation thermique et d'installations techniques.**

Produire de l'électricité renouvelable: L'extension des installations photovoltaïques en Suisse offre le plus grand potentiel de production d'électricité renouvelable. Les surfaces extérieures des bâtiments sont idéales pour cela: aucun espace vert n'est mobilisé et l'électricité est produite là où elle est utilisée. **Les nouvelles constructions Minergie couvrent partiellement leurs propres besoins en électricité.**

Fournir de l'énergie solaire pour recharger les voitures électriques: Le remplacement des véhicules à essence et diesel par des voitures électriques est un élément central de la décarbonisation. Si elles sont rechargées avec de l'électricité renouvelable provenant de l'énergie

solaire, leur empreinte écologique est considérablement améliorée. **Les bâtiments Minergie sont des stations de recharge respectueuses du climat.**

Émettre peu de CO₂: Le chauffage au mazout ou au gaz est remplacé par des systèmes de chauffage au bois, des pompes à chaleur ou par du chauffage à distance. Aujourd'hui, plus de 80% des nouveaux bâtiments sont déjà équipés d'une pompe à chaleur, idéalement alimentée par de l'électricité renouvelable. **La production de chaleur dans les bâtiments Minergie exclut l'énergie fossile.**

Augmenter l'autoconsommation et la stabilité du réseau: Un bâtiment optimisé dispose d'une forte autoconsommation et ne tire que peu d'électricité du réseau, dont une partie est polluante en termes de CO₂ (surtout en hiver). Il contribue à désamorcer les pointes de charge sur le réseau électrique. **Les bâtiments Minergie sont optimisés en matière de consommation et favorisent l'autoconsommation.**

Les bâtiments produisent et consomment plus d'énergie électrique

Conditions

Sortir du nucléaire et des énergies fossiles
Baisse de la production d'électricité

Remplacer les combustibles fossiles par l'électricité
Augmentation de la demande

La production d'énergie renouvelable doit être fortement développée et l'énergie produite doit être utilisée de manière efficace

Mesures sur le bâtiment

Gains d'efficacité grâce aux méthodes de construction et aux installations techniques

Synchronisation entre la production et la consommation

Ajout de PV sur les bâtiments

Plus-value

Propriétaires et utilisateurs
Réduction des coûts de l'énergie et plus grand confort

Climat et environnement
Faible consommation d'énergie, pratiquement aucune émission de CO₂ en phase d'exploitation et haute efficacité

Les bâtiments à haut rendement énergétique qui produisent leur propre électricité et l'utilisent de manière optimale font partie de la solution. Ils représentent une plus-value pour les propriétaires et le climat.

Efficiency et confort dans le bâtiment Minergie

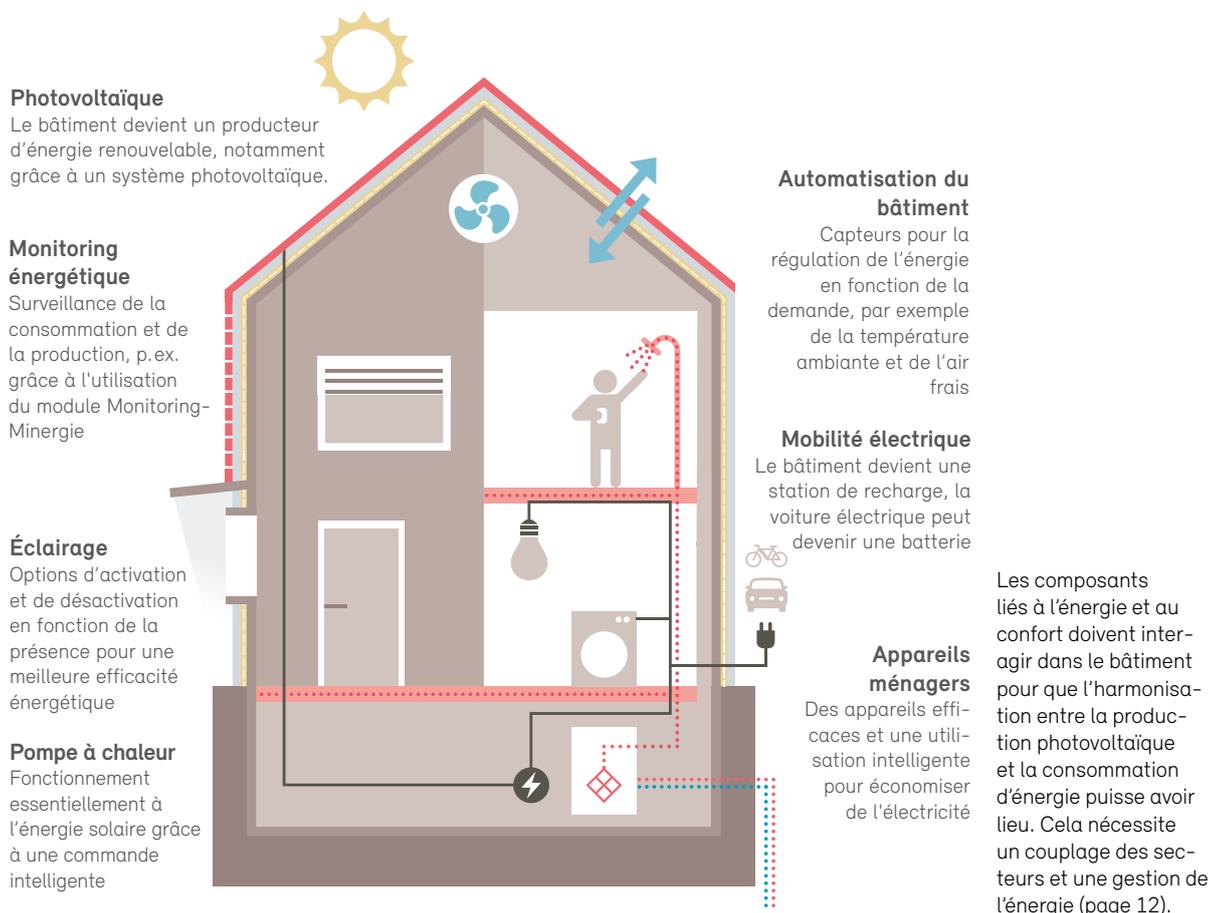
Grâce à une excellente enveloppe de bâtiment, à des installations techniques efficaces et à des appareils électroménagers de haute qualité, un bâtiment Minergie est conçu pour ne nécessiter que très peu d'énergie. Pour répondre à ce besoin, des modules photovoltaïques installés sur le toit ou la façade produisent de l'électricité. Un concept global intelligent relie les différents secteurs du bâtiment (voir encadré) et une commande optimisée de la technique du bâtiment garantit une exploitation énergétiquement efficace. Si des éléments d'automatisation du bâtiment tels que la ventilation et la température sont également couplés, le concept global garantit aussi un confort sur mesure. Un

système de monitoring assure une surveillance continue et une optimisation de la consommation d'énergie en exploitation.

Couplage des secteurs: interconnecter thermique, électricité et mobilité

Le couplage des secteurs est l'interconnexion des secteurs de l'électricité, de l'approvisionnement en chaleur et en froid et de la mobilité, qui ont souvent été considérés indépendamment les uns des autres dans les domaines de l'énergie et de la construction. L'objectif est un système global flexible avec une faible consommation d'énergie, des échanges mutuels et l'utilisation des installations de stockage existantes. Comme tous les secteurs sont étroitement liés au bâtiment, il est conseillé d'envisager ce couplage dès le début de la planification. Il s'agit d'une étape importante sur la voie de la décarbonisation et d'une plus grande efficacité énergétique.

Penser les composants d'un bâtiment Minergie ensemble



Production et consommation

Consommateurs et producteurs d'énergie se rapprochent physiquement dans le bâtiment. Leur fonctionnement doit être synchronisé. La production d'électricité PV dépend de la météo et du moment de la journée. Un contrôle intelligent de la consommation en fonction de la production augmente l'efficacité de l'exploitation et la rentabilité du système PV. Si une grande quantité d'énergie est utilisée sur place, les pertes qu'implique le «transport» d'électricité sont réduites (p. 10).

Gestion avec SMé

Un système de management de l'énergie (SMé) coordonne la production et la consommation en recueillant des informations auprès des producteurs et des consommateurs.

Le système collecte, évalue et émet des instructions aux consommateurs d'énergie du bâtiment. Si, par exemple, un excédent est injecté dans le réseau, le chargement de la voiture électrique se fait automatiquement.

Stockage de l'énergie dans le bâtiment

L'exploitation des bâtiments à haute efficacité énergétique avec électricité renouvelable peut être optimisée grâce à différentes formes de stockage d'énergie (tableau). Le bâtiment lui-même, par exemple, présente un potentiel de stockage supplémentaire, car les éléments de construction massifs tels que les plafonds en béton ou les murs extérieurs ont une capacité à stocker de l'énergie.¹ L'avantage de ces systèmes de stockage est qu'ils n'entraînent aucun coût supplémentaire.

¹ Cependant, une construction massive entraîne une consommation d'énergie grise plus élevée qu'une construction légère.

Aperçu des possibilités de stockage sur le bâtiment

Durée	Type	Capacité	X besoins quotidiens d'une famille	Coûts supplémentaires pour la construction, ordre de grandeur	Nombre de cycles de charge	Remarques
Stockage quotidien ou stockage à court terme	Batteries (lithium, stationnaires)	10 kWh	1	1300 fr./kWh	5000	+ Densité énergétique élevée, robuste – Généralement pas rentable
	Batteries de voitures électriques (lithium)	20 à 80 kWh	2 à 8	~ 10 000 fr. pour la station de charge bidirectionnelle	5000	+ Véhicule disponible de toute façon, grandes quantités d'énergie et de puissance possibles – Pas encore répandu
	Batteries au sodium (stationnaires)	10 kWh	1	1700 fr./kWh	5000	+ sûr et propre – Besoin d'espace plus important, (encore) cher
	Masse du bâtiment (+/-3 K)	env. 60 kWh	~6	aucun	illimité	+ Présent de toute façon – Dépendant de la construction
	Stockage d'eau chaude de 150 à 300 litres	10 à 25 kWh	1 à 2	aucun	illimité	+ Disponible de toute façon
Stockage saisonnier	Régénération des sondes géothermiques	70 000 kWh	7000	2000 – 10 000 fr. (sans champ de sondes et source de chaleur)	illimité	+ La sonde géothermique peut être utilisée plus longtemps et plus efficacement
	Accumulateurs de glace 30 m ³	3000 kWh	300	60 000 fr.	illimité	+ Chauffage et rafraîchissement efficaces – Encore peu répandu
	Hydrogène dans des bouteilles de gaz	1500 kWh	150	100 000 fr.	ND	+ Fournit également de l'électricité, en se rechargeant sur place grâce au PV – Peu répandu
	Grand réservoir de stockage thermique solaire 20 m ³	1500 kWh	150	35 000 fr. (sans les frais de locaux)	illimité	+ Technologie robuste – Besoin d'espace important

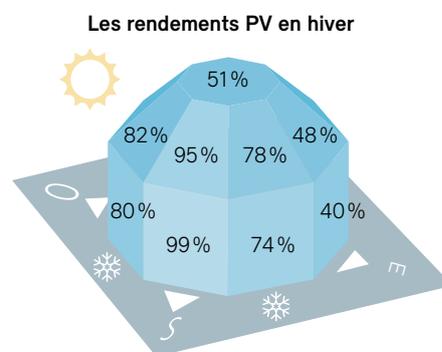
À noter: L'énergie électrique ne peut pas être comparée à l'énergie thermique, sa valeur énergétique étant plus élevée («exergie pure»).

Les batteries domestiques peuvent stocker directement l'énergie électrique. Elles sont idéalement utilisées pour emmagasiner l'énergie excédentaire et réduire les pics de puissance. À moyen terme, les voitures électriques serviront de système de stockage «mobile» – la batterie pouvant être utilisée pour alimenter le bâtiment (vehicle-to-home). Cependant, toutes ces options ne conviennent que pour un stockage à court terme. En outre, les systèmes de stockage engendrent des coûts supplémentaires et de l'énergie grise. La question du stockage doit être traitée de cas en cas.

Optimisation saisonnière

Le stockage saisonnier, qui permet d'emmagasiner l'énergie sur des semaines ou des mois n'est pas encore très répandu. Cette optimisation est importante car la demande en électricité est plus élevée en hiver et les centrales hydroélectriques produisent moins de courant. Cela signifie qu'il faut importer de l'électricité provenant de centrales au charbon et au gaz et que le mix d'électricité de la Suisse présente ainsi un bilan CO₂ moins bon. Pour les bâtiments, il existe des modes de stockage thermique tels que la régénération des sondes géothermiques, l'accumulateur de glace ou le stockage thermique solaire à grande échelle (tableau page 6).

L'optimisation saisonnière peut également se faire au niveau de la consommation: les systèmes PV sont positionnés pour un rendement annuel maximal. Cependant, la demande est très élevée, surtout en hiver. Des systèmes plus grands, des angles d'inclinaison plus prononcés des panneaux sur le toit ou le revêtement de la façade avec des modules PV peuvent augmenter l'autosuffisance. Une installation plus pentue des systèmes évite la perte de rendement due à la couverture neigeuse à haute altitude. L'optimisation des activités quotidiennes doit également être prise en compte: l'énergie doit être consommée lorsque le système PV produit beaucoup. Pour les bâtiments résidentiels, il peut donc être judicieux d'orienter le système de manière à produire davantage d'énergie le matin (est) et le soir (ouest). Pour les bâtiments du tertiaire à forte consommation quotidienne, il est pertinent d'orienter le système pour un rendement maximal (sud).



Potentiel de rendement PV en hiver pour le site de Berne: 100% correspond au rendement maximal, avec une orientation sud et une inclinaison de 65°. Contrairement au rendement annuel maximal pour une orientation sud de 45°, des angles plus prononcés sont avantageux pour la production hivernale.



Pour une production d'électricité renouvelable plus importante et un rendement maximal en hiver, une pente plus forte et le potentiel de la façade doivent être envisagés. Il faut tenir compte de l'ombrage des bâtiments adjacents.

Grande consommatrice: la mobilité électrique

Les immatriculations de voitures électriques ont augmenté de manière exponentielle ces dernières années. Ces véhicules ont besoin d'être rechargés. Environ 90 % de la recharge a lieu dans un bâtiment. Les voitures électriques émettent particulièrement peu de CO₂ si elles sont alimentées par de l'électricité renouvelable. Les voitures étant immobilisées la plupart du temps, il est logique d'équiper les bâtiments résidentiels et tertiaires (lieux de travail) avec des stations de recharge. De cette façon, les véhicules

peuvent être facilement rechargés durant la journée, en semaine et le week-end, lorsque le système photovoltaïque produit de l'électricité renouvelable.

Charger avec l'énergie solaire

La mobilité électrique influe sur la gestion de l'énergie électrique dans le bâtiment: en fonction du comportement au volant, de la voiture et des distances parcourues, le besoin en électricité pour la mobilité peut dépasser le besoin d'énergie pour le chauffage, l'eau chaude et l'électricité dans le bâtiment. Pour que l'électricité solaire puisse être utilisée, les bornes électriques doivent pouvoir optimiser les charges et être intégrées au système de gestion de l'énergie du bâtiment.

Voitures électriques, les chiffres clés

Consommation	16 à 30 kWh/100 km
Taille de la batterie	20 à 100 kWh
Autonomie	200 à 500 km par charge complète
Puissance de charge	généralement 11 kW

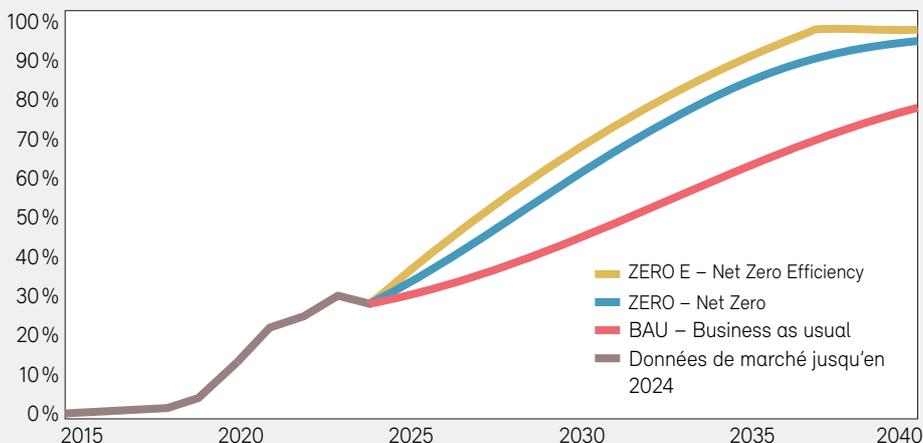
La consommation dépend du comportement au volant et de la voiture. La taille indiquée dans «système PV» est celle nécessaire si la voiture n'est pas rechargée à l'extérieur.

Consommation des voitures électriques

Type de conduite	Énergie requise	Taille du système PV
Conducteur occasionnel avec une voiture de classe moyenne (5000 km/an)	1000 kWh/an (en plus de 6000 kWh/an pour la consommation pour une maison individuelle avec PAC)	env. 8 m ² de surface PV supplémentaire (environ 1 kWp)
Pendulaire avec voiture de luxe (25 000 km/an)	6200 kWh/an (en plus de 6000 kWh/an pour la consommation pour une maison individuelle avec PAC)	env. 50 m ² de surface PV supplémentaire (environ 7 kWp)

Prévision du développement de la mobilité électrique jusqu'en 2040

Part des BEV, PHEV et FCEV sur le marché des voitures neuves



Développement des véhicules électriques jusqu'en 2040 dans trois scénarios. Les données jusqu'en 2020 sont des données réelles, pour la suite, il s'agit de prévisions. Ainsi, les nouvelles immatriculations de véhicules rechargeables représenteront presque 100% du marché d'ici à 2040. Source: EBP, 2021, adapté par Minergie.

BEV	Battery Electric Vehicle: voiture électrique à batterie – entièrement électrique, avec prise
PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle: voiture hybride rechargeable – partiellement électrique, avec prise
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle: véhicule à pile à combustible – entièrement électrifiée, sans prise, à hydrogène

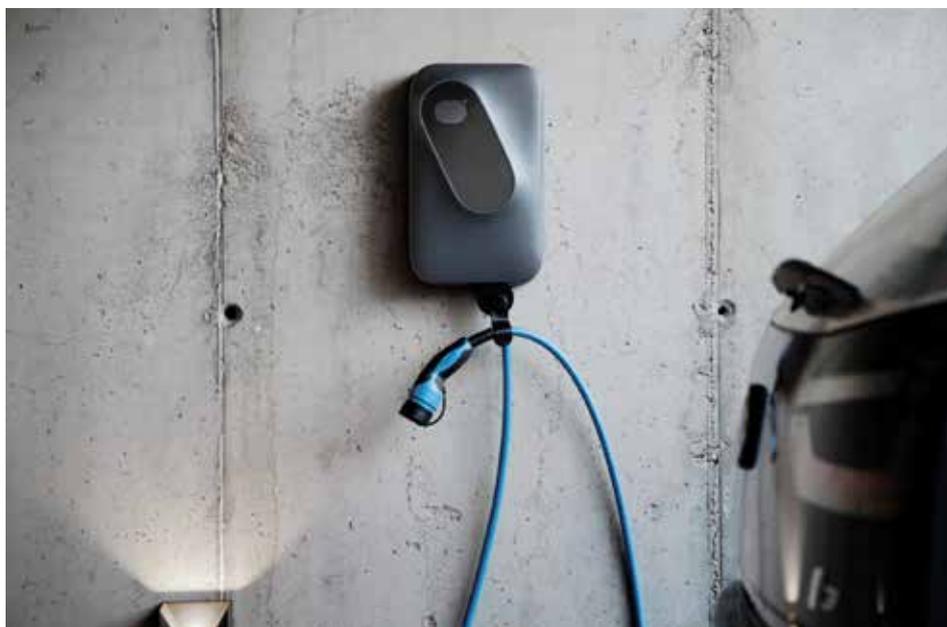
Planification des bornes de recharge électrique

Pour que l'infrastructure puisse suivre le développement de la mobilité électrique, il est utile de planifier dès le départ les bornes de recharge ou de prévoir leur extension et de les intégrer dans le système de gestion de l'énergie. En règle générale, les bornes situées dans les bâtiments ne sont pas prévues pour des recharges rapides (faible puissance), car la voiture reste immobilisée pendant une longue période. Dans des cas exceptionnels, cependant, il doit être possible d'utiliser plus de puissance (par exemple, moyennant un supplément). La recharge rapide est utile lors de déplacements.

Des informations sur le dimensionnement du raccordement de la maison et sur l'équipement du bâtiment en bornes de recharge électrique sont fournies dans le cahier technique SIA 2060.

Liste de contrôle pour la planification

- Dimensionner correctement le câblage et vérifier les protections électriques. Dès deux bornes ou plus, prévoir un système de gestion des recharges pour éviter les pics de charge.
- Concevoir le raccordement de la maison en fonction des charges optimisées.
- La station de recharge doit pouvoir être intégrée au système de gestion de l'énergie du bâtiment (interface compatible).
- Dans les immeubles résidentiels, prévoir un système de facturation approprié.
- Vérifier si les stations de recharge doivent tenir compte des priorités (recharge d'urgence).
- La ligne d'alimentation de la station de charge doit être aussi courte que possible et dimensionnée de manière à éviter toute chute de tension lorsque la charge est maximale.
- La hauteur recommandée pour la station de recharge se situe entre 100 et 150 cm du sol.
- Pour les parkings en plein air, un abri est recommandé (pour protéger du rayonnement direct et de la pluie).
- Éviter les trottoirs ou les zones à traverser entre le véhicule électrique et le point de branchement pour prévenir le risque de chute dû aux câbles.
- Les véhicules électriques disposent généralement de câbles de 3 à 5 m de long. Un support pour le câble de recharge facilite l'utilisation de l'infrastructure de recharge.



Des stations de recharge bien conçues peuvent être facilement installées dans le garage. La combinaison avec un système de gestion de la charge qui donne la priorité à l'électricité photovoltaïque garantit une mobilité à faible émission de carbone.

Avantages pour les propriétaires et le réseau

Le degré le plus élevé possible d'autoconsommation ou d'autosuffisance grâce à la coordination des différents composants permet d'économiser des coûts d'exploitation. En effet, l'électricité auto-produite est moins chère que celle du réseau. En outre, les fournisseurs d'énergie rétribuent à un tarif très bas l'électricité injectée dans le réseau en cas de surproduction. L'autoconsommation est donc beaucoup plus économique que la réinjection d'électricité dans le réseau. En optimisant l'autoconsommation et en maximisant le degré d'autosuffisance, on s'assure que l'électricité est consommée lorsque les systèmes PV installés sur le toit ou la façade produisent beaucoup. Ce bénéfice économique l'emporte sur les coûts d'investissement plus élevés.

Interconnexion pour l'autoconsommation

Pour maximiser l'utilisation locale de l'électricité solaire produite, les parties concernées peuvent se regrouper et s'organiser, par exemple en créant un regroupement de consommation propre (RCP). Ce type de collaboration leur offre également une valeur ajoutée économique.

L'électricité solaire propre est moins chère que celle du réseau

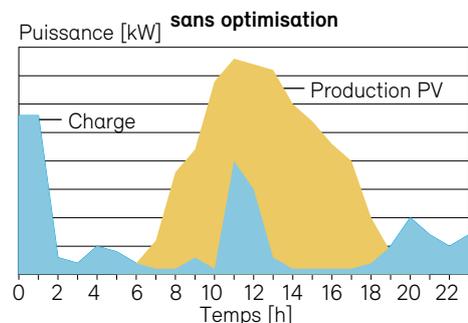
En supposant un prix d'installation moyen de 2000 fr./kWp pour un système PV et un rendement annuel de 800 kWh/kWp, on obtient des coûts de production d'électricité de 11 cts/kWh sur 25 ans. Le prix de l'électricité du réseau pour un ménage, y compris les coûts d'acheminement et les taxes, est, lui, d'environ 20 cts/kWh. Chaque kWh produit par le système PV et consommé sur place permet donc d'économiser 9 cts dans cet exemple.

Optimiser l'autoconsommation, l'autosuffisance et les pics de charge

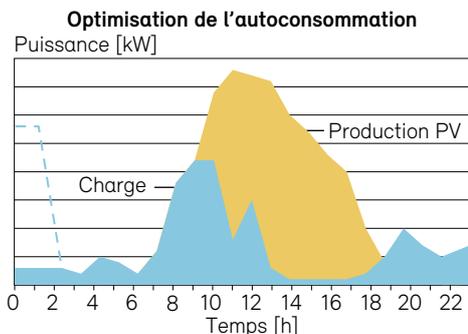
L'optimisation de l'autoconsommation vise à consommer le maximum d'électricité autoproduite sur place en même temps que la production. Cela se fait en enclenchant les consommateurs lorsque la production est supérieure à la demande.

Le degré d'autosuffisance représente le rapport entre la consommation propre du bâtiment et sa consommation totale d'énergie. Il est dans tous les cas judicieux de l'optimiser, car elle permet de lutter contre le gaspillage énergétique.

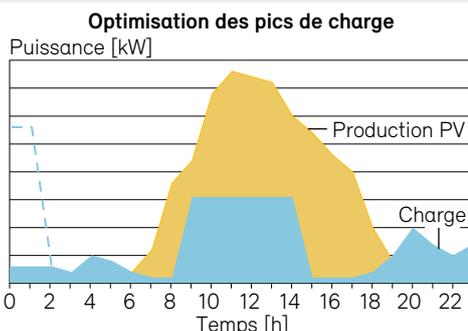
L'objectif de l'optimisation des pics de charge est de décaler les moments de consommation et de réinjection dans le réseau afin que les pointes soient les plus faibles possibles. De cette façon, les coûts de connexion au réseau et d'électricité peuvent être minimisés. Aujourd'hui, cette application est particulièrement intéressante pour les exploitations agricoles et les industries qui paient un prix de l'électricité basé sur la performance. Il existe toutefois déjà des premières zones de réseau dans lesquelles les bâtiments résidentiels bénéficient également de tarifs d'électricité dynamiques.



Consommation importante du réseau la nuit, beaucoup d'électricité PV non utilisée pendant la journée.



Faible consommation du réseau la nuit, forte autoconsommation avec pics de charge.



Faible consommation du réseau et pic d'injection plus faible avec une puissance de consommation constante pendant le pic de production PV.

Un confort sur mesure

L'optimisation des flux énergétiques dans un bâtiment ne présente pas que des avantages financiers et énergétiques. La gestion intelligente de l'énergie assure également un confort sur mesure en cas d'intégration d'une automatisation du bâtiment. Par exemple, la température ambiante et le renouvellement de l'air peuvent être automatisés et ajustés aux besoins des occupants.

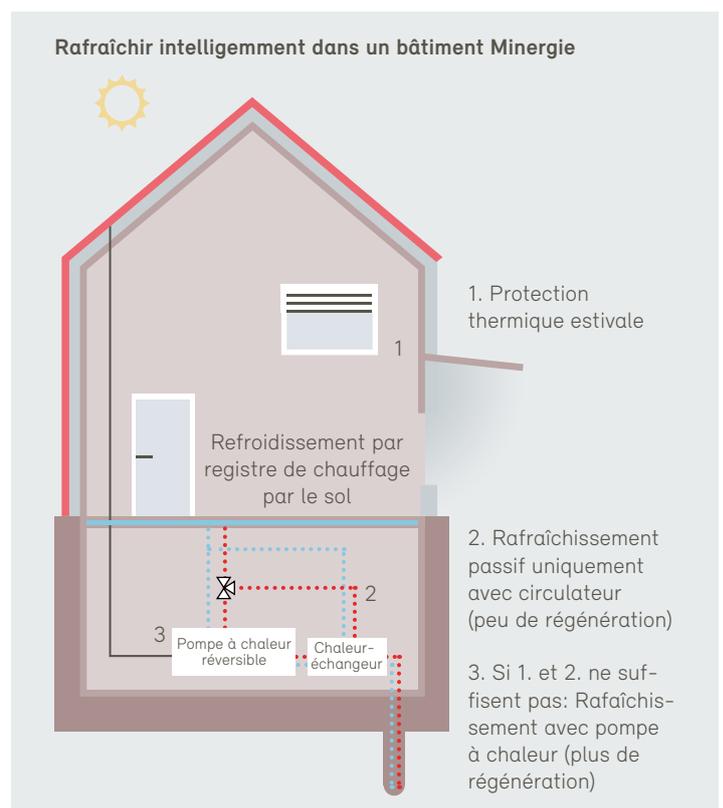
Rafrâchissement avec le PV

En raison des étés plus chauds, le rafraîchissement des immeubles, tant administratifs que résidentiels, est de plus en plus sollicité. Dans les bâtiments bénéficiant d'une bonne protection thermique estivale, les climatiseurs ne sont en principe pas nécessaires. Néanmoins, ils sont de plus en plus utilisés, par exemple dans les constructions dont la façade compte une forte proportion de vitrage. Idéalement, les bâtiments résidentiels devraient être rafraîchis passivement avec des sondes géothermiques. Seule une pompe de circulation est utilisée pour faire circuler de l'eau qui se rafraîchit via les sondes géothermiques dans le sol ou par un échange avec de l'eau souterraine. Les systèmes de rafraîchissement actifs doivent être intégrés dans le système énergétique global du bâtiment. Les installations PV et les systèmes de refroidissement constituent une combinaison judicieuse: plus l'intensité de l'ensoleillement augmente, plus le rendement PV augmente, parallèlement au risque de surchauffe. Si le rafraîchissement est effectué avec une pompe à chaleur réversible, cela sert également à régénérer activement le sol à proximité d'une sonde géothermique – ce qui augmente l'efficacité de la pompe à chaleur en hiver.

Un réseau électrique stable

Avec l'augmentation de la production PV sur le toit et sur la façade, la relation entre le bâtiment et le réseau électrique passe d'une relation de pur consommateur à une relation de consommateur-fournisseur. Le bâtiment devient un «prosommateur». Cet échange d'énergie entre le bâtiment et le réseau électrique pose de nouveaux défis pour faire face aux pics de charge. Lors d'une journée ensoleillée, les systèmes photovoltaïques produisent beaucoup d'électricité à la mi-journée, ce qui peut conduire à des excédents importants si le PV est fortement développé. Une autoconsommation élevée et optimisée, ainsi qu'un déplacement temporel de la consommation vers les périodes de forte production, garantissent que la capacité de transport du réseau est suffisante et que toute l'énergie produite peut être utilisée de manière judicieuse.

Les mesures qui fonctionnent sans (1) ou avec un faible (2) apport énergétique sont préférables au rafraîchissement avec une machine frigorifique (3). Si de l'énergie est nécessaire, le système doit être contrôlé de manière à ce qu'il soit refroidi par l'énergie solaire.



Le PV en tant qu'élément du système global

Une bonne isolation, des installations techniques efficaces, une protection thermique estivale performante et un renouvellement continu de l'air constituent les pierres angulaires d'un bâtiment Minergie, offrant, aux occupants, protection et confort avec une faible consommation d'énergie. Afin d'utiliser l'énergie solaire propre le plus efficacement possible, cette base doit être reliée à l'installation photovoltaïque par un système de gestion de l'énergie. Cela permet d'optimiser la synchronisation entre la production et la consommation. Les niveaux d'intégration peuvent déjà être définis lors de la planification.

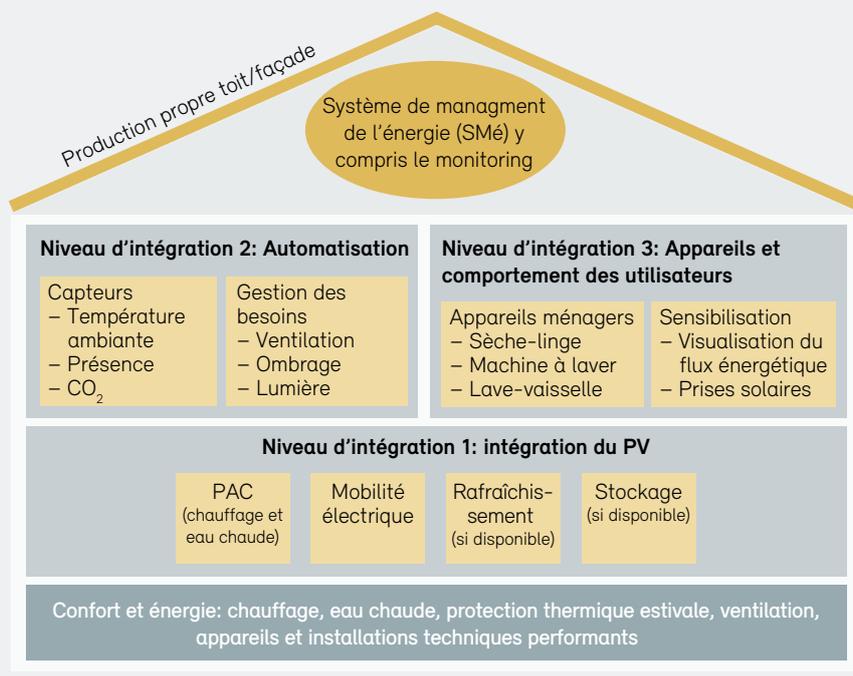
Sensibiliser les utilisateurs

Le bon comportement des utilisateurs contribue également à l'efficacité énergétique d'un bâtiment. Par exemple, une consommation d'énergie visible en temps réel ou des prises solaires qui ne sont utilisées que lorsqu'il y a un surplus d'énergie solaire sensibilisent les résidents. Ils montrent quand l'énergie solaire peut être utilisée.

Niveaux d'intégration

- Le **niveau d'intégration 1** consiste à connecter les applications électro-intensives telles que les pompes à chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, les véhicules électriques et, le cas échéant, le rafraîchissement actif ou une batterie domestique au système PV.
- Au **niveau d'intégration 2**, l'automatisation du bâtiment est ajoutée. Les interrupteurs de réseau automatiques, par exemple, permettent de réaliser des économies d'énergie dans le domaine du chauffage et de l'éclairage, tout en offrant un meilleur confort et facilitant l'utilisation.
- Le **niveau d'intégration 3** comprend d'autres applications moins gourmandes. Dans les bâtiments résidentiels, ce sont par exemple les appareils ménagers, parmi lesquels les machines à laver et les sèche-linge qui sont les plus flexibles et les plus gourmands en électricité. Dans les bâtiments tertiaires, il peut s'agir de climatiseurs ou d'énergie de processus.

Réglage des applications PV et électriques grâce au SMé



Lors de la planification, il faut définir le niveau d'intégration visé. Le système de management de l'énergie (SMé) fait office de centre de contrôle et commande les différentes applications pour harmoniser la production et la consommation de PV. Chaque niveau peut être intégré individuellement.

Adapter l'optimisation au type de bâtiment et aux besoins

Les niveaux d'intégration à prévoir et leur combinaison dépendent du bâtiment, de sa taille et de sa complexité, ainsi que de son affectation. Les besoins du maître d'ouvrage et des usagers jouent également un rôle important.

Bâtiments résidentiels

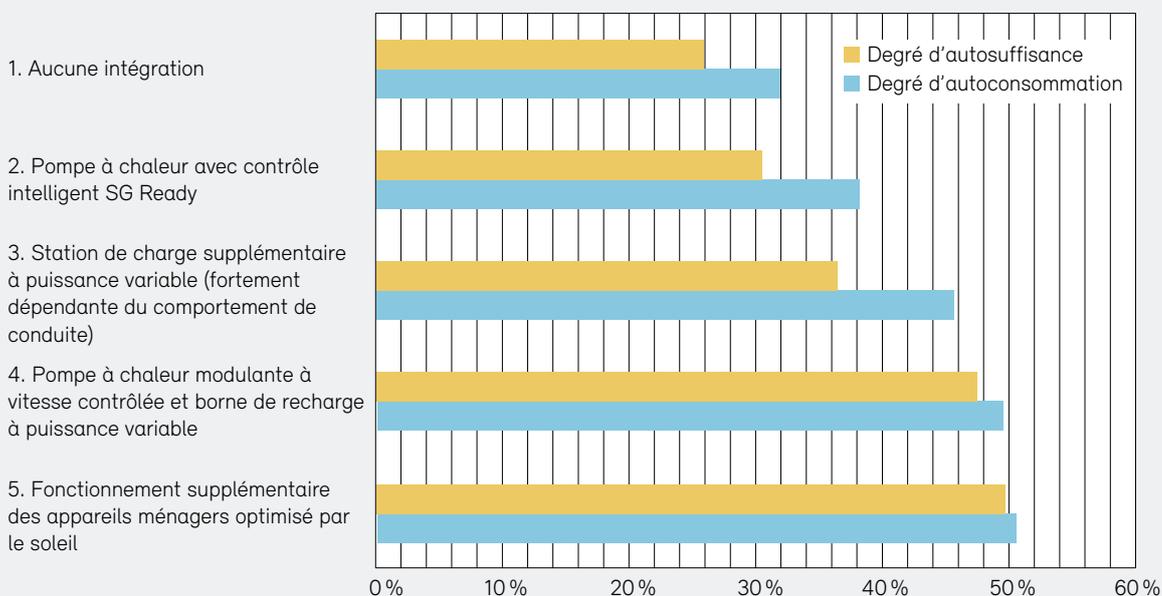
Pour les bâtiments résidentiels, la mise en œuvre du niveau d'intégration 1, c'est-à-dire l'intégration du système PV avec les gros consommateurs d'électricité tels que la pompe à chaleur et le véhicule électrique, est recommandée dans tous les cas en raison du bénéfice énergétique élevé. Idéalement, les composants du niveau d'intégration 2, tels que les capteurs de température, devraient également être évalués pour garantir le confort et rendre le système énergétique plus intelligent.

Des éléments du niveau d'intégration 3 peuvent être ajoutés selon les besoins. Pour les grands immeubles résidentiels ainsi que pour les bâtiments du tertiaire, il est également judicieux de disposer d'un système global automatisé qui relie intelligemment entre eux tous les composants pertinents de la technique du bâtiment.

Bâtiments tertiaires

Les bâtiments tertiaires ont des exigences très spécifiques et sont souvent plus automatisés et commandés. Ils sont généralement exploités pendant la journée et atteignent donc un niveau élevé d'autoconsommation. Si l'intégration des grands consommateurs d'électricité est logique dans la plupart des cas, l'intégration des autres consommateurs doit être soigneusement évaluée. En outre, les planificateurs doivent également veiller à ce que des systèmes pouvant être intégrés et communiquant entre eux soient utilisés ici.

Degré d'autoconsommation et d'autosuffisance en fonction de l'intégration intelligente (Simulation avec Polysun)



Bâtiment: Maison individuelle, Minergie, 150 m² SRE, chauffage par le sol
 Système PV: 9 kWp, 30° sud
 Profil de charge: Famille avec enfants, 5000 kWh/a
 Production de chaleur: Chauffage et eau chaude avec pompe à chaleur air 10 kW
 Stockage thermique: 600 l de stockage tampon, 300 l de stockage d'eau chaude; PAC modulante avec 1200 l de stockage combiné
 Véhicule électrique: Classe moyenne, capacité de 60 kWh, station de charge de 11 kW, kilométrage 9800 km par an
 Fonctionnement de l'installation solaire: 200 kWh d'autoconsommation supplémentaire grâce à une utilisation ciblée de l'énergie solaire.

Valeurs indicatives pour les niveaux d'autoconsommation et d'autosuffisance en fonction des groupes d'appareils concernés. C'est un exemple de bâtiment avec un Système PV. Si tous les appareils sont intégrés, le degré d'auto-suffisance augmente à 50% (le potentiel de la masse thermique du bâtiment n'est pas pris en compte).

Monitoring dans le bâtiment

Une gestion efficace de l'énergie repose sur une surveillance continue de la production et de la consommation. Un monitoring permet de détecter rapidement les dysfonctionnements et d'y remédier, réduisant ainsi les coûts d'exploitation tout en prolongeant la durée de vie des installations techniques. Grâce à un système de monitoring moderne, les données d'exploitation sont automatiquement enregistrées et mises à disposition des utilisateurs et utilisatrices. Elles sont ensuite analysées par des spécialistes qui les interprètent pour formuler des recommandations visant à optimiser l'exploitation du bâtiment et son efficacité. Des synergies supplémentaires, comme celles du regroupement dans le cadre de la consommation propre (RCP), peuvent également être identifiées. Par ailleurs, ces données simplifient le décompte des coûts énergétiques.

Monitoring chez Minergie

Les bâtiments Minergie doivent non seulement être bien conçus, mais aussi bien exploités. Depuis 2017, Minergie impose un monitoring pour les grands bâtiments. Les points de mesure obligatoires spécifiés par Minergie définissent le minimum de données nécessaires pour une analyse fondée de l'exploitation du bâtiment (voir page 15). Depuis 2021, le module Monitoring-Minergie permet aux prestataires du marché d'obtenir une certification. Ces derniers garantissent non seulement la collecte des points de mesure obligatoires, mais répondent aussi à des exigences supplémentaires en matière de traitement et de présentation des données. Ils disposent en outre d'une interface avec la base de données de Minergie, qui permet une évaluation supplémentaire automatique, Monitoring+, qui compare les données planifiées à celles mesurées. Une évaluation graphique au moyen d'un code couleur montre l'état énergétique du bâtiment et les mesures d'optimisation nécessaires.

Certains fournisseurs certifiés proposent des fonctions supplémentaires qui vont au-delà du simple monitoring et couvrent d'autres besoins (voir graphique page 12):

- **Monitoring du confort:** en plus des mesures énergétiques, des paramètres importants pour le confort tels que le taux de CO₂, la température ambiante et l'humidité relative de l'air sont enregistrés et analysés.
- **Système de gestion de l'énergie (SGE):** ce système va plus loin que la mesure et permet un pilotage ciblé des consommations pour gérer la puissance électrique et optimiser l'autoconsommation.

Un système de monitoring professionnel ne se limite pas à améliorer l'efficacité énergétique: il accroît également le confort et la sécurité d'exploitation.

Monitoring+

Avec le Monitoring+, les données planifiées sont automatiquement comparées avec les données mesurées. Il agit comme un outil simple et automatisé permettant d'évaluer le bon fonctionnement des installations techniques et si leur réglage répond aux besoins réels.

Les modules de monitoring certifiés disposent d'une interface avec la banque de données Monitoring-Minergie, permettant une évaluation automatique des données planifiées, provenant du justificatif Minergie, et de celles mesurées.

Les données sont analysées et corrigées si nécessaire. Des facteurs de correction peuvent être saisis grâce à des indications sur l'utilisation du bâtiment, afin de tenir compte des écarts par rapport au comportement normalisé et aux données météorologiques standard. Une comparaison avec les paramètres les plus importants dans le bâtiment permet de classer les valeurs.

Détecter les mauvais réglages

L'évaluation est mise à disposition des personnes autorisées via la plateforme des labels ou sur celles des fournisseurs de monitoring. Présentée sous forme claire et compréhensible, elle inclut une comparaison des valeurs annuelles et une brève interprétation. Cette approche permet d'identifier rapidement les erreurs grossières de réglage.

En cas d'écarts importants, une analyse ciblée peut être menée pour optimiser davantage l'exploitation du bâtiment. Les fournisseurs de modules certifiés disposent par ailleurs de données de mesure précises et à haute résolution temporelle qui permettent une optimisation complète de l'exploitation.

Un exemple d'évaluation de la plateforme des labels. Il y a 10 à 15 évaluations de ce type par bâtiment.

Comparaison entre valeurs planifiées et mesurées: Exemple d'évaluation Monitoring+

Consommation totale Énergie électrique

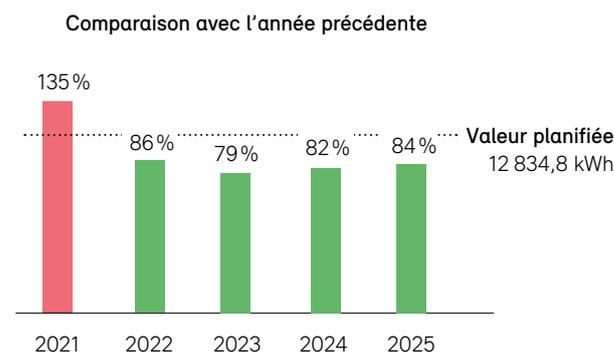
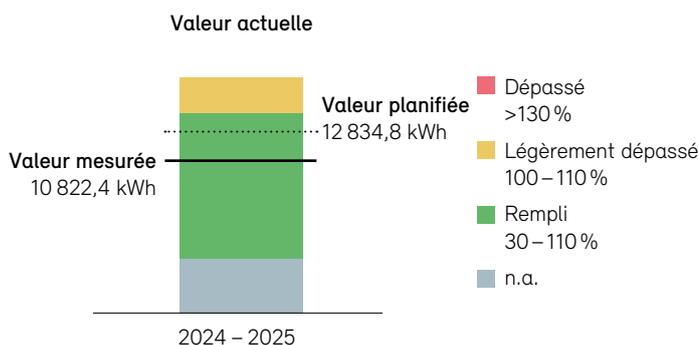
Rempli
10 822,4 kWh

Évaluation

La consommation électrique totale se situe dans la fourchette prévue, voire en dessous. Cela signifie que votre bâtiment fonctionne bien et qu'aucune action n'est actuellement nécessaire.

Description

La consommation électrique totale est la somme de la consommation électrique (éclairage, appareils, services du bâtiment) qui a été nécessaire pour le fonctionnement du bâtiment.



Minergie-Exploitation

Les standards Minergie garantissent que les bâtiments sont mieux conçus et mieux construits. Minergie-Exploitation assure, par le contrôle des données énergétiques mesurées, que l'efficacité énergétique est bien réelle. Une évaluation systématique des données d'exploitation permet de vérifier que les installations techniques fonctionnent efficacement et que les potentiels d'optimisation sont exploités. Si les évaluations du Monitoring+ atteignent le niveau «vert», cela signifie que les installations techniques fonctionnent comme prévu. En revanche, un statut «rouge» indique la nécessité d'une analyse approfondie pour corriger les dysfonctionnements identifiés. Les bâtiments Minergie dont le niveau de Monitoring+ est «vert» et qui présentent peu ou pas d'écarts entre les données planifiées et celles mesurées obtiennent le certificat Minergie-Exploitation avec quelques justificatifs supplémentaires. Il est valable trois ans et une recertification est recommandée après ce délai. Le certificat confirme l'efficacité de l'exploitation, mais n'a aucune influence sur la certification Minergie du bâtiment.

Optimisation énergétique de l'exploitation

Si l'analyse révèle que le bâtiment n'est pas exploité au mieux, une optimisation énergétique doit être effectuée. Minergie vérifie uniquement le résultat final mesuré. Si une amélioration est constatée après une optimisation de l'exploitation et que les valeurs de consigne sont atteintes, le certificat définitif Minergie-Exploitation est délivré. Outre le monitoring continu, il est également recommandé de renouveler la certification tous les trois à cinq ans afin de garantir durablement une exploitation efficace du bâtiment.

Comment puis-je obtenir le certificat Minergie-Exploitation?

Bâtiment avec module Monitoring-Minergie	Bâtiment sans module Monitoring-Minergie
<ul style="list-style-type: none">- Installation du module Monitoring-Minergie- Les évaluations du Monitoring+ constituent la base de l'évaluation.- Ces évaluations sont validées et comparées aux données relatives à l'utilisation réelle.- Quelques exigences supplémentaires complètent l'analyse automatique.- L'effort de justification et les émoluments restent modestes, car beaucoup de processus sont automatisés.	<ul style="list-style-type: none">- Des capteurs doivent être installés pour mesurer les températures au niveau de la production et de la distribution de chaleur.- La consommation d'énergie pour la production de chaleur est vérifiée via les données de consommation ou des décomptes et comparée à la valeur planifiée dans Monitoring+.- Des exigences supplémentaires complètent l'évaluation.- La justification nécessite un peu plus de travail que pour les bâtiments équipés d'un module de monitoring, ce qui entraîne également des émoluments plus élevés.

Minergie-Exploitation crée des ponts

Pour garantir une exploitation efficace d'un bâtiment, tout commence par une bonne planification et une mise en service rigoureuse des installations techniques. L'exploitation doit ensuite être surveillée et continuellement optimisée. Il est essentiel que la mise en service s'effectue sur la base des paramètres définis lors de la planification et non avec des valeurs standards.

Dès les premières étapes, le réglage et l'optimisation doivent être intégrés au processus, en particulier pour les systèmes saisonniers: impossible, par exemple, de régler correctement un chauffage en plein été. Chaque système doit d'abord être ajusté individuellement, avant d'être intégré dans une approche globale pour une optimisation complète. Un monitoring régulier sur le long terme est indispensable et le monitoring automatisé peut ici jouer un rôle précieux. Par ailleurs, former les personnes en contact direct avec le système à une utilisation correcte du système est crucial pour éviter toute erreur d'exploitation. Minergie-Exploitation apporte son soutien en tant qu'instrument indépendant d'assurance qualité et fait

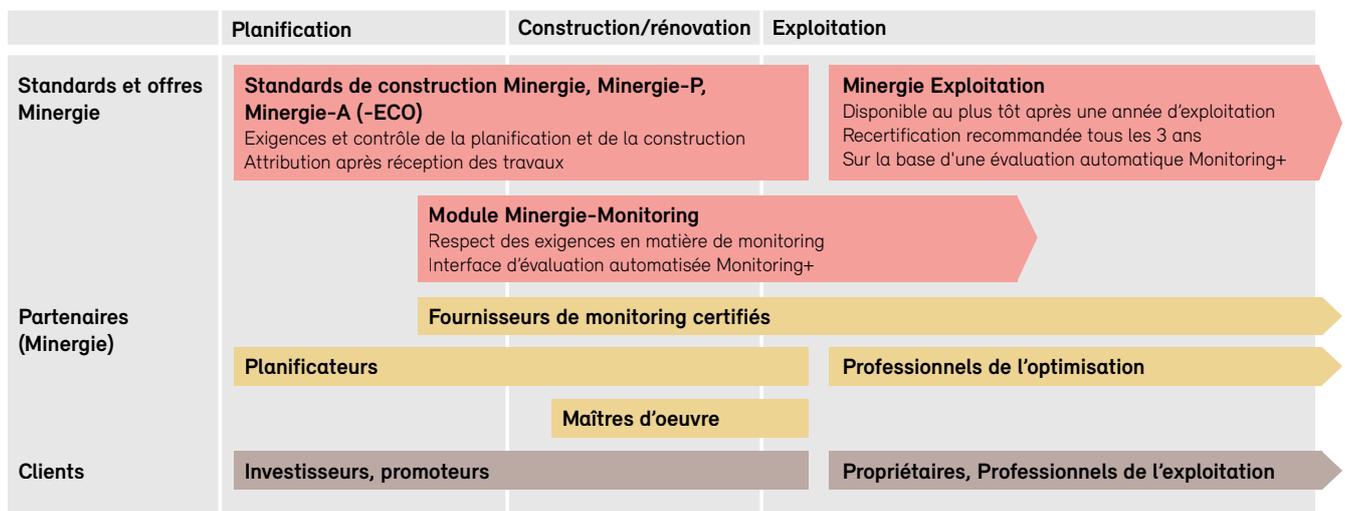
le lien entre la planification et l'exploitation en mettant en lumière les potentiels d'optimisation et en facilitant leur mise en œuvre.

Le graphique montre l'interaction des différents acteurs dans le cycle de vie d'un bâtiment. L'évaluation automatique du Monitoring+ permet de fournir des indications précieuses sur les possibilités d'optimisation pendant la période de garantie.

Les étapes pour une optimisation de l'exploitation

1. Établissement d'une vue d'ensemble à l'aide du Monitoring+ et de l'examen des données de monitoring automatisé.
2. Analyse en détail des données d'exploitation, avec une attention particulière sur les anomalies.
3. Si nécessaire, mesure temporaire d'autres paramètres pertinents tels que les températures de départ du chauffage et consultation des occupants.
4. Analyse des données collectées et identification des potentiels d'optimisation.
5. Développement de mesures concrètes d'optimisation.
6. Adaptation des réglages selon les mesures d'optimisation identifiées.
7. Contrôle des résultats par un monitoring et ajustement si besoin.

Minergie-Exploitation crée des ponts



Optimisé grâce à Minergie-Exploitation

Objet
2 bâtiments résidentiels collectifs, 900 + 936 m²

Architecte
Michael Wichser + Partner AG, Dübendorf

Optimisation
NeoVac, Dübendorf

Standard
Minergie-P
ZH-818-P/ZH-819-P
Minergie-Exploitation,
mai 2025

Quartier avec deux immeubles collectifs à Russikon

Les deux immeubles collectifs, totalisant 1836 m² de surface de référence énergétique, certifiés Minergie-P. La production de chaleur est assurée par une centrale de chauffage commune via une pompe à chaleur à sondes géothermiques. Les bâtiments disposent d'une installation photovoltaïque d'une puissance totale de 33 kWp et utilisent en commun l'électricité solaire avec un regroupement pour la consommation propre (RCP). Le monitoring énergétique est réalisé par NeoVac et la gestion énergétique est assurée en partenariat avec Solarmanager. L'installation photovoltaïque, la production de chaleur commune et les stations de recharge électrique y sont intégrées. Après la première année d'exploitation, NeoVac est intervenu pour optimiser sur place le fonctionnement des installations et affiner les réglages du système de gestion de l'énergie. Sur la base des résultats, la courbe de chauffage a été adaptée et la consommation d'énergie a été réduite. Le nombre de démarrages de la pompe à chaleur a également été diminué, prolongeant sa durée de vie. De plus, le taux d'autoconsommation de l'électricité solaire a été amélioré. Résultat: baisse de la consommation d'énergie et des charges d'exploitation. Le certificat Minergie-Exploitation assure que le potentiel énergétique du bâtiment a été pleinement exploité. Il agit comme un fil conducteur et une assurance qualité indépendante.

Les deux immeubles d'habitation de Hundbüel à Russikon sont parmi les premiers à être certifiés Minergie-Exploitation. Dès la première phase d'exploitation, d'importantes améliorations ont pu être mises en œuvre.

Données de l'installation PV en 2024

Production annuelle	29 379 kWh
Autoconsommation	24 530 kWh
Taux d'autoconsommation	83 %
Degré d'autarcie	28 %



Mesures d'optimisation	Potentiel
Réglage fin de la courbe de chauffe et de la limite de chauffe	Baisse de la consommation de chaleur
Réglages optimisés sur l'insert électrique afin qu'il ne soit pas alimenté par le secteur	Baisse de la consommation d'énergie (secteur)
Freecooling réglé de manière à ne fonctionner qu'à partir de 21 °C au lieu de 19 °C.	Baisse de la consommation d'électricité (pompe de circulation)
Diminution du nombre de cycles de démarrage de la pompe à chaleur	Baisse de la consommation d'énergie et prolongation de la durée de vie
Augmentation de la différence de température d'enclenchement lors de la production d'eau chaude de 5 K à 8 K	Prolongation de la durée de vie

L'énergie solaire dans une maison intelligente

Objet Maison individuelle Muri AG

habitat individuel,
310 m² SRE

Architecte

Setz Architektur AG,
Rapperswil

Optimiseur

www.solarmanager.ch

Standard

Minergie, AG-2743

Cette maison individuelle de 310 m² de SRE est certifiée Minergie et dispose d'un système PV de 18 kWp. KNX en association avec openHAB est utilisé pour l'automatisation du bâtiment.

Il permet d'activer les fonctions de la maison intelligente, telles que le Solar Manager. L'ombrage en fonction de la demande est énergétiquement particulièrement pertinent. Le système de gestion de l'énergie Solar Manager permet d'utiliser de manière optimale l'électricité photovoltaïque produite localement. En intégrant les niveaux d'intégration 1 à 3, chaleur, mobilité électrique, automatisation du bâtiment et appareils ménagers sont coordonnés de manière optimale avec la production photovoltaïque.

Avec Solar Manager, les résidents n'ont pas à se soucier eux-mêmes de l'utilisation optimale de l'électricité photovoltaïque. Le confort est également assuré à tout moment.

Données 2020

Production annuelle	18 450 kWh
Consommation propre	5700 kWh
Taux d'autoconsommation	31 %
Degré d'autosuffisance	52 %



Intégration dans le concept global par le biais du SMé	Avantage
Niveau d'intégration 1	
Production d'énergie pour le chauffage et l'eau chaude au moyen d'une pompe à chaleur modulante	La pompe à chaleur se met automatiquement en marche lorsque le système photovoltaïque produit de l'électricité.
Rafraîchissement: Rafraîchissement passif (freecooling) en été et régénération de la sonde géothermique	La modulation augmente et diminue la température de l'eau chaude et du bâtiment. Le bâtiment et la chaudière servent de réservoir de stockage.
Masse du bâtiment: Utilisée spécifiquement comme stockage.	Une consommation d'électricité plus faible, notamment pendant les périodes transitoires, lorsque l'énergie est stockée dans le bâtiment grâce à la production photovoltaïque.
Corps de chauffe électrique intelligent dans le chauffe-eau	Protection anti-légionelles optimisée par le PV. Associé à une pompe à chaleur, il permet de stocker davantage d'énergie à des températures plus élevées sans que la PAC soit sollicitée.
Mobilité électrique: Borne de recharge Alfen Eve Pro (avec coupure de phase), commande dynamique.	Les pics de charge sont évités. Alimentation exclusivement PV pour la voiture. Grâce à la coupure de phase contrôlée par le Solar Manager, la charge est possible à partir de 1,4 kW.
Niveau d'Intégration 2	
Ventilation avec récupération de chaleur commandée selon les besoins	L'apport d'air frais est piloté en fonction de la qualité de l'air de la maison et assure le confort.
Stores: Commande selon les besoins en fonction de l'ensoleillement et de la saison. Ouverts en hiver pour le chauffage passif du bâtiment. À partir d'une température ambiante de 24 °C, les stores se ferment. Fermés en été pour éviter la surchauffe.	Les gains solaires passifs soulagent la pompe à chaleur (moins de consommation d'énergie), meilleure protection thermique estivale et plus de confort.
Niveau d'intégration 3	
Optimisation énergétique lave-linge, sèche-linge, lave-vaisselle (contrôlé par Smart Plug)	Les appareils sont mis en marche lorsque l'électricité PV est produite.
Surveillance	
Monitoring	Suivi des données énergétiques et des réglages.

Le confort grâce à l'automatisation

Objet Maison jumelée à Hilterfingen BE

Maison jumelée
480 m² SRE

Architecte

Wegmüller | Briggen
Architektur AG,
Hünibach

Optimiseur

Elektrolink AG,
Frutigen
Smart Energy Link AG,
Berne

Standard

Minergie-P, BE-506-P

Cette maison jumelée, à Hilterfingen, 480 m² de SRE, est une construction Minergie-P. Une pompe à chaleur est utilisée pour la production de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude. Un système photovoltaïque de 15 kWp, installé sur le toit, produit environ 17 MWh d'énergie par an. L'intégration de la chaleur, du stockage, de la mobilité électrique et des appareils garantit un degré d'autoconsommation élevé. Un système d'automatisation du bâtiment avec collecte des données énergétiques y contribue également. Les copropriétaires forment un regroupement dans le cadre de la consommation propre (RCP).

Données 2020

Production annuelle	11 000 kWh
Consommation propre	3800 kWh
Consommation totale	16 100 kWh
Taux d'autoconsommation	34 %
Degré d'autosuffisance	24 %



Grâce à la protection solaire, qui est contrôlée par un système de gestion de l'énergie, le bâtiment présente également des températures ambiantes agréables en été.

Intégration dans le concept global par le biais du SMé	Avantage
Niveau d'intégration 1	
Production d'énergie pour le chauffage et l'eau chaude au moyen d'une pompe à chaleur	La pompe à chaleur se met automatiquement en marche lorsque le système photovoltaïque produit de l'électricité.
Niveau d'intégration 2	
Capteurs pour l'automatisation du bâtiment: station météorologique sur le toit pour la détection du vent, des précipitations et de la température	Les stores extérieurs sont baissés en fonction des besoins et relevés en cas de mauvais temps
Composants intelligents pour optimisation manuelle: - Bouton de commutation du chauffage entre confort et veille - Bouton de réglage de la température ambiante de consigne - Bouton de ventilation avec option de sélection présent ou absent	Éviter une activité inutile, économie d'énergie simple sans perte de confort
Contrôle simple du confort: - Bouton de commande des stores dans chaque pièce - Contrôle de la ventilation de confort en fonction des présences et du CO ₂ avec une unité de commande d'ambiance KNX à chaque étage	Récupération passive automatique de la chaleur en hiver, protection thermique en été, contrôle automatique de l'air frais pour un confort optimal.
Sécurité: - Vidéophones avec 3 postes extérieurs et 2 intérieurs - Scanneur d'empreinte pour le contrôle d'accès	En cas d'absence, les composants de sécurité du système global assurent la protection contre les hôtes indésirables.
Surveillance	
Monitoring: visualisation sur PC et smartphone via un logiciel, accès aux données énergétiques et d'exploitation à tout moment et possibilité de déclencher des commandes pour l'automatisation du bâtiment depuis l'extérieur	Surveillance des données énergétiques et des fonctions automatiques du bâtiment

Plus d'informations

Minergie

Depuis 1998, Minergie est le standard suisse pour le confort, l'efficacité et la protection du climat. Le label de qualité pour les nouvelles constructions et les rénovations peut être utilisé pour toutes les catégories de bâtiments. L'accent est mis sur le confort, notamment par une enveloppe de bâtiment de qualité, un renouvellement d'air automatique, une protection thermique estivale supérieure à la moyenne et une assurance qualité complète. Les constructions Minergie se distinguent en outre par des besoins énergétiques très faibles, une part maximale d'énergies renouvelables et de faibles émissions de gaz à effet de serre dans la construction et l'exploitation.

Association Minergie
Avenue de Pratifori 24C
1950 Sion
027 205 70 10
romandie@minergie.ch
minergie.ch

Publications spécialisées

Les publications suivantes vous permettront d'en savoir plus sur divers sujets spécifiques:

- Rafraîchir avec le photovoltaïque – Installations techniques optionnelles pour le bâtiment Minergie
- Protection thermique estivale – Confort climatique dans les bâtiments Minergie
- Mieux planifier, mieux construire – Optimiser avec Minergie



Vous trouverez toutes les publications Minergie sur: [minergie.ch/publications spécialisées](http://minergie.ch/publications-specialisees)

Sites web



Suivi des modules Minergie: minergie.ch/modules



Monitoring+: minergie.ch/fr/monitoring

Minergie

Agence romande
Avenue de Pratifori 24C
1950 Sion

027 205 70 10
romandie@minergie.ch

minergie.ch

Avec le soutien de



Leadingpartner Minergie



Partenaire de publication

