



La transition énergétique suisse

Chers participants, nous avons vu les objectifs ambitieux prévus par la confédération notamment en matière de réduction de consommation d'énergie. Au cours des prochaines leçons, on va discuter des économies d'énergie que l'on peut faire dans plusieurs secteurs. A vrai dire, on devrait plutôt parler d'utilisation plus rationnelle de l'énergie car il n'est pas dans notre propos de rationner les services énergétiques en diminuant le confort. On va commencer par le bâtiment. On voit ci-contre les flèches qui indiquent les réductions espérées dans le domaine du chauffage et de l'eau chaude des bâtiments; et ceci pour la comparaison entre 2011 et 2050, le scénario basse consommation.

Notes

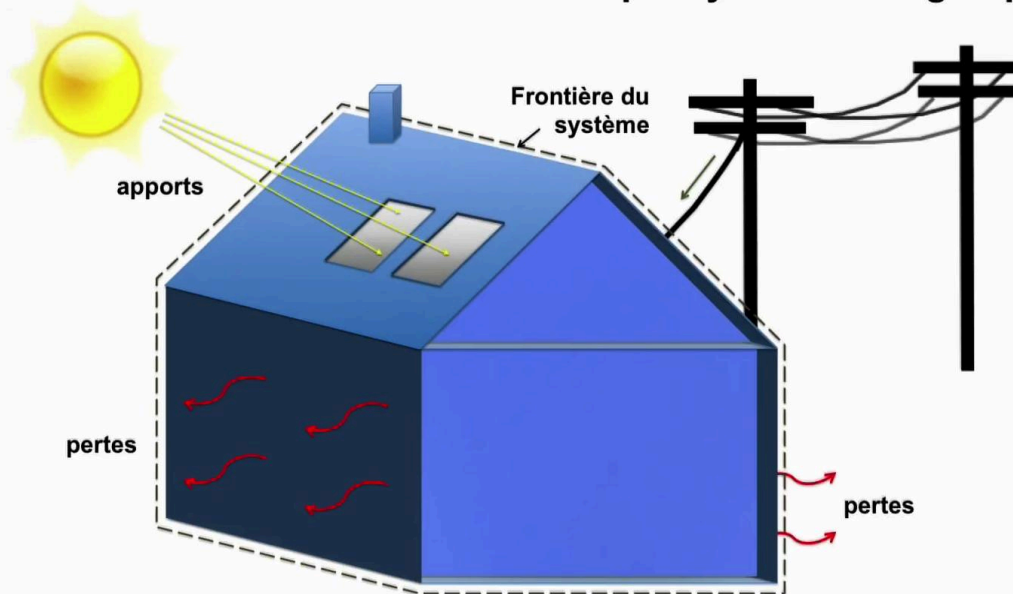
Summary



0m 04s

Le bâtiment en tant que système

Le bâtiment en tant que système énergétique



La transition énergétique suisse

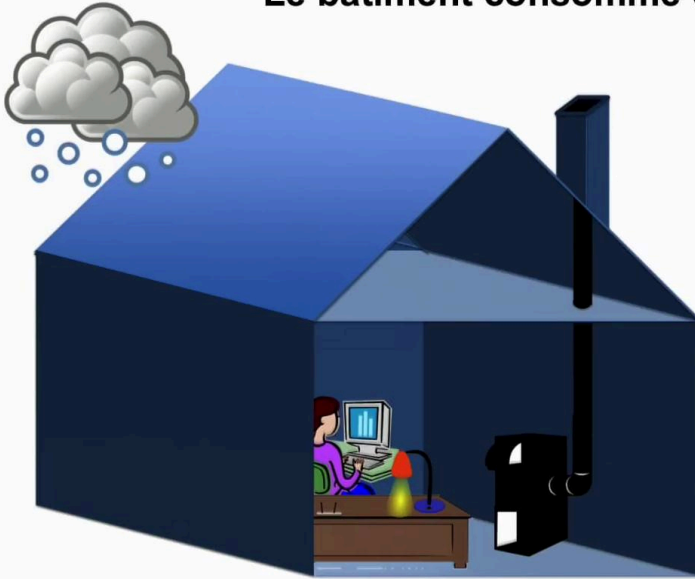
Tout bâtiment peut être vu comme un système énergétique délimité par une frontière, traversé par des flux d'énergies entrants : les apports solaires, les énergies de réseaux par exemple; ou des flux sortants : comme les pertes d'isolation entre autres. Et ça, pour maintenir notre confort, il s'agit notamment de compenser les pertes et d'éviter les parois froides qui provoquent de l'inconfort.

Notes

Summary



Le bâtiment consomme de l'énergie pour:



- maintenir une température intérieure agréable quelles que soient les conditions météorologiques externes
- assurer un éclairage suffisant lorsque la lumière extérieure ne suffit pas
- fournir l'eau chaude sanitaire
- faire fonctionner divers appareils et équipements
- faciliter la mobilité (ascenseur)
- etc.

La transition énergétique suisse

Le bâtiment consomme de l'énergie : pour maintenir une température intérieure agréable, quelles que soient les conditions météorologiques externes; pour assurer aussi un éclairage suffisant lorsque la lumière extérieure ne suffit pas; pour fournir de l'eau chaude sanitaire pour nos douches; pour faire fonctionner divers appareils et équipements et faciliter la mobilité, notamment avec des ascenseurs dans les bâtiments à multi-étages.

Notes

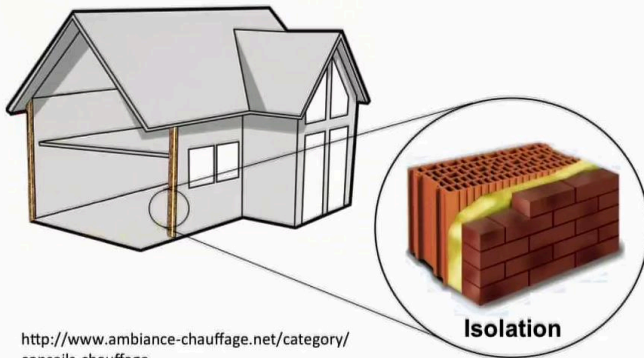
Summary



Mesures passives versus systèmes actifs

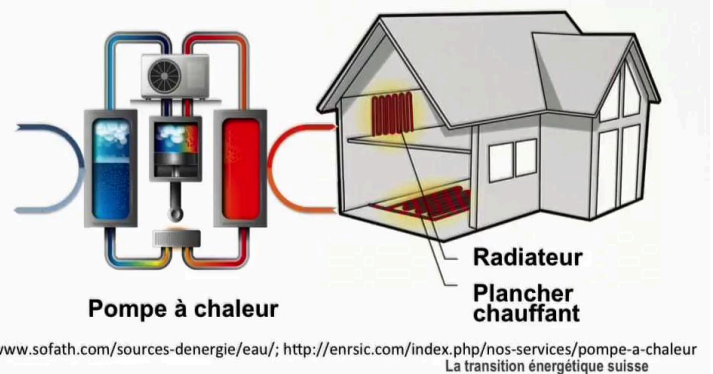
Mesures passives

Mesures architecturales et constructives



Systèmes actifs

Dispositifs technologiques (chauffage, éclairage, énergie mécanique) en recourant à un apport d'énergie finale (mazout, gaz, électricité)



Pour parvenir à une utilisation plus rationnelle de l'énergie, on distingue entre les mesures passives, ici à gauche et les mesures relatives au système actif, représentées ici à droite. Ces dernières, comme représentées ici à droite, englobent tous les systèmes pour lesquels il faut acheter ou produire sur place des énergies finales pour satisfaire les besoins de confort notamment. Il s'agit des systèmes de chauffage parmi lesquels on a des pompes à chaleur comme représenté ici et qui doivent être alimentées par de l'électricité ou du gaz comme on le voit dans ce diagramme. Les mesures passives ici font tout particulièrement l'objet de cette leçon et sont des mesures qui touchent essentiellement l'enveloppe du bâtiment pour en réduire les pertes sans avoir besoin d'acheter des services énergétiques, des énergies finales. Ces mesures augmentent généralement les coûts d'investissement surtout en rénovation, mais permettent de réduire la consommation d'énergie finale et d'augmenter le confort.

Notes

Summary



1m 54s

Le bâtiment consomme également de l'énergie pour:



<http://german.fansshare.com/gallery/photos/14462097/building-construction/>

- fabriquer et transporter les matériaux nécessaires à la construction du bâtiment
- faire fonctionner les machines et équipements permettant de construire le bâtiment
- entretenir le bâtiment
- procéder à la démolition du bâtiment en fin de vie et recycler ses composants

C'est l'énergie dite « grise »

La transition énergétique suisse

Le bâtiment consomme tout particulièrement de l'énergie dite grise pour fabriquer et transporter les matériaux nécessaires à la construction du bâtiment, pour faire fonctionner les machines et les équipements permettant de construire le bâtiment, pour entretenir le bâtiment, pour procéder à la démolition du bâtiment en fin de vie et recycler ses composants. A noter que le calculateur Suisse EnergyScope ne comptabilise pas encore l'énergie grise mais il convient de la garder à l'esprit lorsqu'on analyse les options possibles.

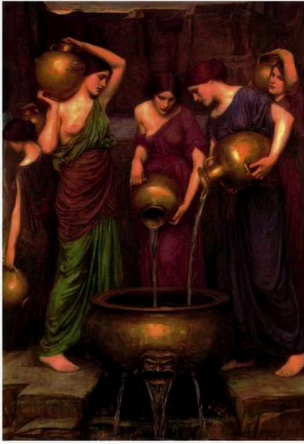
Notes

Summary



3m 08s

Un bâtiment est un tonneau (plus ou moins) percé



« Danaïdes Waterhouse 1903 »
par John William Waterhouse

Bâtiment mal isolé

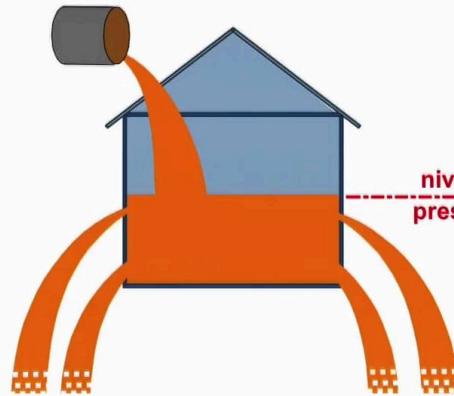
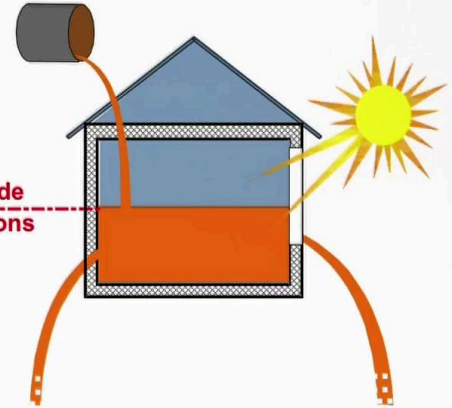


Image inspirée par le Prof Claude-Alain Roulet

Bâtiment bien isolé



La transition énergétique suisse

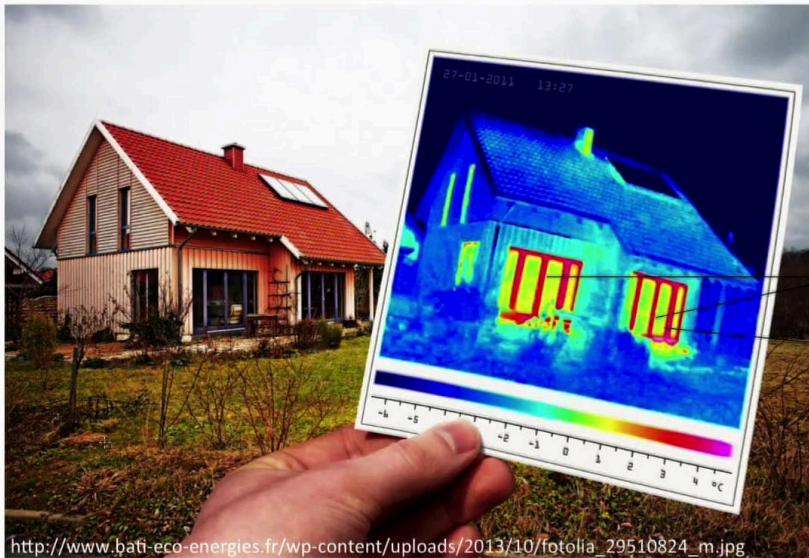
Le bâtiment peut être comparé à un tonneau des Danaïdes dans lequel on maintient un niveau d'eau en le remplissant continuellement. Le niveau correspond au confort demandé et le débit d'eau au flux d'énergie. On considère ici le confort thermique où le niveau demandé est la température. A gauche, le bâtiment est mal isolé, ici. Et à droite on a un bâtiment correct, beaucoup mieux isolé.

Notes

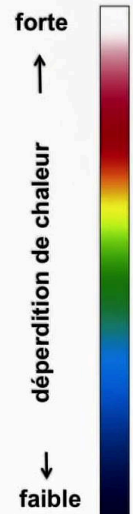
Summary



La thermographie, un outil pour la mise en évidence des déperditions



Points faibles ici:
baies vitrées et, sur-
tout, leurs encadre-
ments



La transition énergétique suisse

Il est important, notamment en rénovation, d'agir sur les points les plus faibles de l'enveloppe en priorité. Il existe maintenant des instruments de mesure comme les caméras infrarouge permettant une thermographie du bâtiment. On voit sur cette photo, que les points faibles de cette maison sont les baies vitrées mais surtout leur encadrement qui est bien représenté ici en rouge, dans la partie avec de fortes déperditions de chaleur. Il est recommandé de faire une telle analyse avant de se lancer dans de lourds investissements.

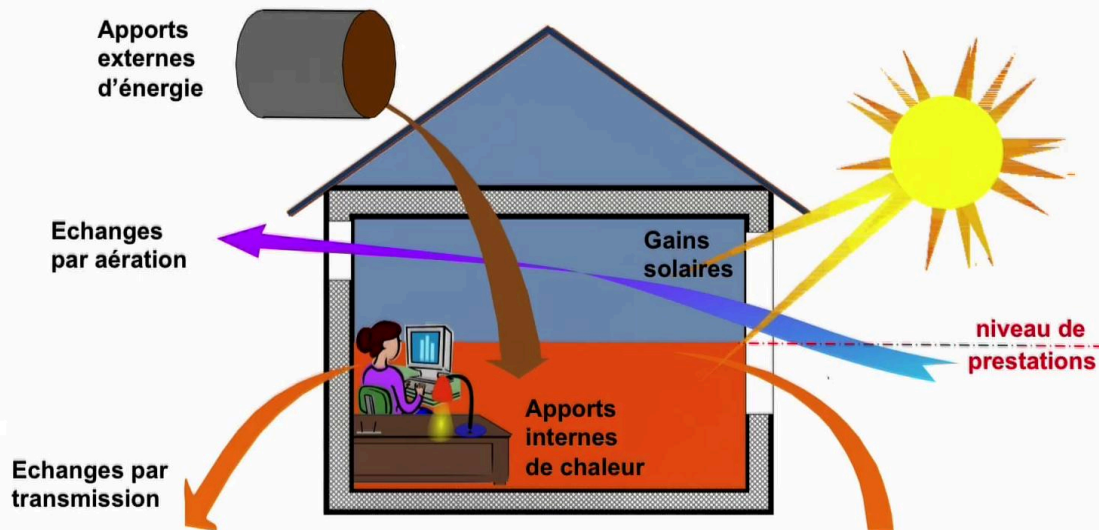
Notes

Summary



Bilan thermique d'un bâtiment

Pratiquement toute l'énergie entrant dans un bâtiment finit en chaleur



La transition énergétique suisse

Le bilan thermique d'un bâtiment est basé sur le fait que pratiquement toute l'énergie entrant dans le bâtiment finit par être transformée en chaleur. Etant donné qu'en moyenne, l'intérieur du bâtiment est à température constante, toute cette énergie finit par en sortir. Dans ce bilan interviennent les échanges de chaleur par transmission à travers les parois, les échanges par aération du bâtiment qui doit avoir un renouvellement avec de l'air neuf, les gains de chaleur dus aux rayonnements, notamment le rayonnement solaire, entrant par les vitrages et chauffant les parties opaques de l'enveloppe, les apports de chaleur interne, provenant des occupants et des ordinateurs par exemple; et on compte environ 100 Watts par personne de production de chaleur; et naturellement toute l'électricité notamment dans les lampes, qui sont peu efficaces ou tout appareil, toute cette électricité finit en chaleur, les apports d'énergie, pour compenser les pertes en hiver, ou pour éliminer les excès en été bien sûr.

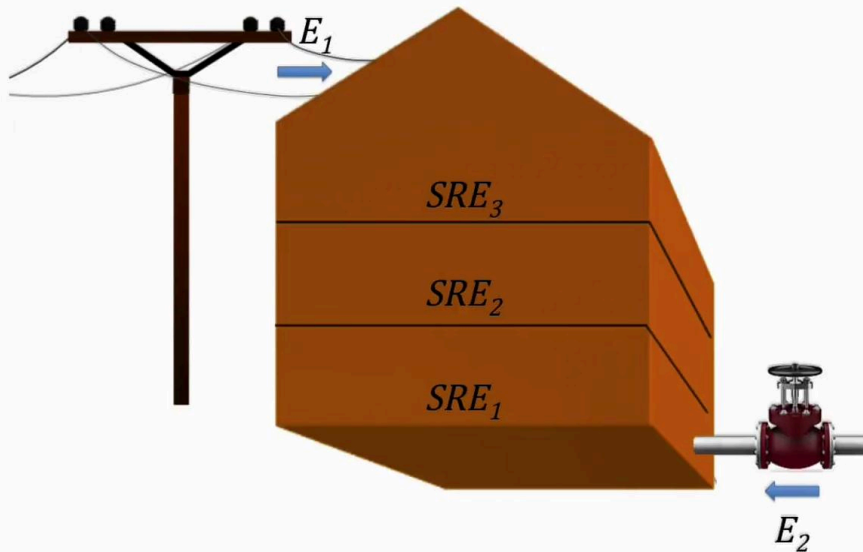
Notes

Summary



L'Indice de Dépense d'Énergie (*IDE*)

Définition de l'*IDE*



Norme SIA 380/1

$$IDE = \frac{\sum_i E_i}{\sum_j SRE_j}$$

1 MJ=0.28 kWh

***E* : Énergie consommée**
[MJ/an] ou [kWh/an]

***SRE* : Surface de Référence Énergétique**
[m²]

La transition énergétique suisse

Un indice souvent utilisé pour comparer la consommation d'énergie des bâtiments, est l'indice de dépense d'énergie *IDE* qui correspond à la somme de l'énergie consommée, en mégajoule par an généralement, ou en kilowatt-heure par an divisé par l'ensemble des surfaces de référence en mètre carré, la somme de tous les étages dans un bâtiment multi-étage. Le mode de calcul exact est précisé dans une norme de la Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes. Comme on le voit ici, on ajoute la surface de référence de chacun des étages.

Notes




Summary



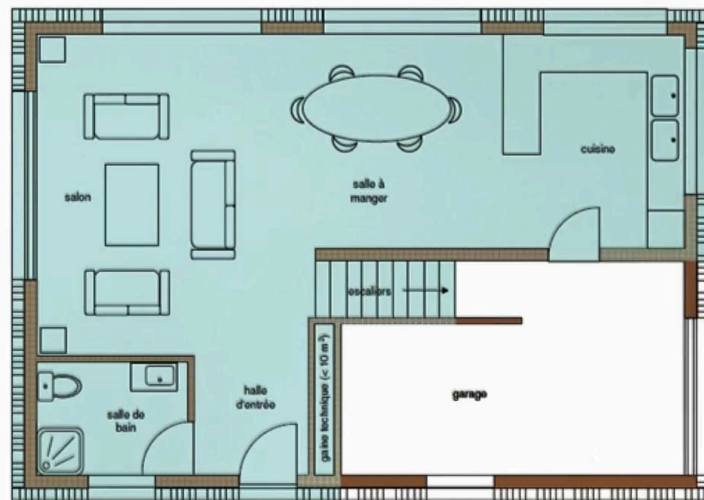
6m 10s

L'Indice de Dépense d'Énergie (IDE)

Mode de calcul de la SRE

-  Surface de référence Énergétique (SRE)
-  Surface de construction
-  Isolation

Exemple: rez-de-chaussée



Source: « Aide au calcul de la surface de référence énergétique », République et canton de Genève, Département de la sécurité, de la police et de l'environnement, Service de l'énergie, 5 avril 2011

La transition énergétique suisse

Sans aller trop dans le détail, voici une référence pour calculer la surface énergétique de référence dans un exemple donné. On voit ici que l'on prend, en gros, toute la surface à l'intérieur des murs, même du périmètre extérieur, sauf quand il y a un garage, où on ne prend pas en compte sa surface s'il est incorporé comme par exemple ici dans un rez-de-chaussée.

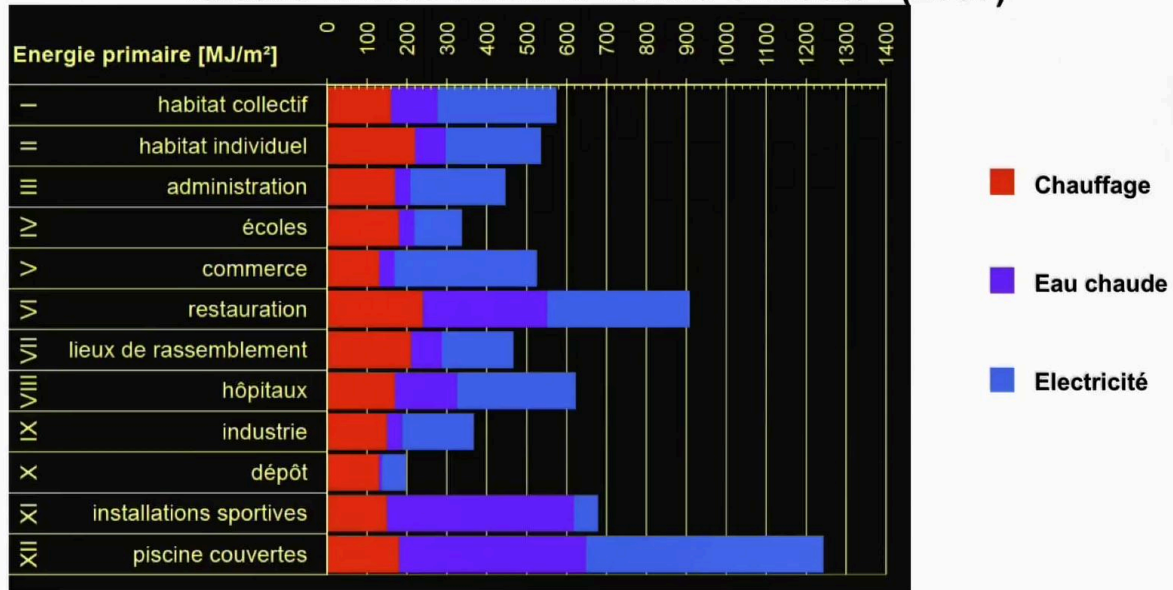
Notes

Summary



L'Indice de Dépense d'Énergie (IDE)

Valeurs limites selon la norme SIA 380/1 (2009)



http://www.energo.ch/assistant/get/?_id=1abe52879a52ec85c05e8d0596b3dafa

La transition énergétique suisse

Ayant compris cet indice de dépense d'énergie exprimé en mégajoule par mètre carré et par an, on peut voir quelles sont les valeurs limites correspondant à la norme pour différents types d'affectation de bâtiments. Pour un bâtiment locatif, un bâtiment d'habitat collectif, on voit que les pertes de chauffage devraient correspondre à un indice de dépense d'énergie inférieur à 160, la partie rouge. Un IDE pour la préparation d'eau chaude inférieur à 100, c'est la partie violette ici. Et un IDE de consommation électrique pour d'autres implications que le chauffage et l'eau chaude inférieur à 300, la partie bleue, ce qui correspond en Kilowatt-heure, à des valeurs de l'ordre de, respectivement, 44, 28 et 83 Kilowatt-heure par mètre carré et par an.

Notes

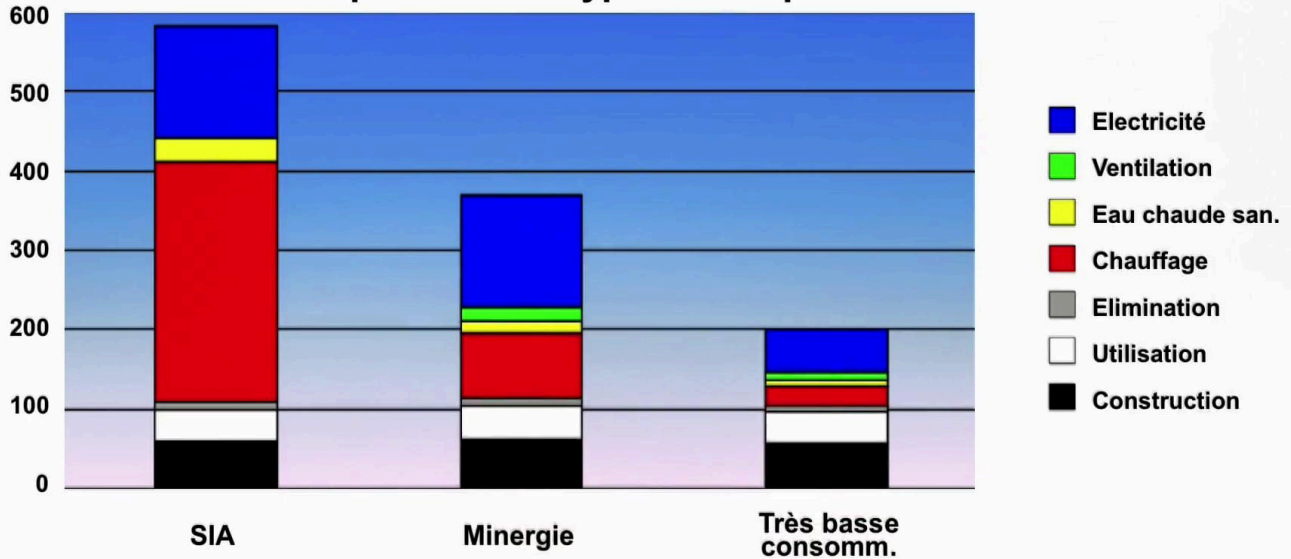
Summary



L'Indice de Dépense d'Énergie (IDE)

MJ/m²

Exemple: valeurs types d'IDE pour une villa



: http://www.energo.ch/assistant/get/?_id=1abe52879a52ec85c05e8d0596b3dafa

La transition énergétique suisse

Il existe, en Suisse, un standard appelé minergie qui sert aussi parfois de référence. S'il est entièrement rénové au standard minergie de base ou autre label équivalent; ici au milieu, le parc immobilier suisse économiserait environ la moitié de l'énergie finale qu'il utilise actuellement.

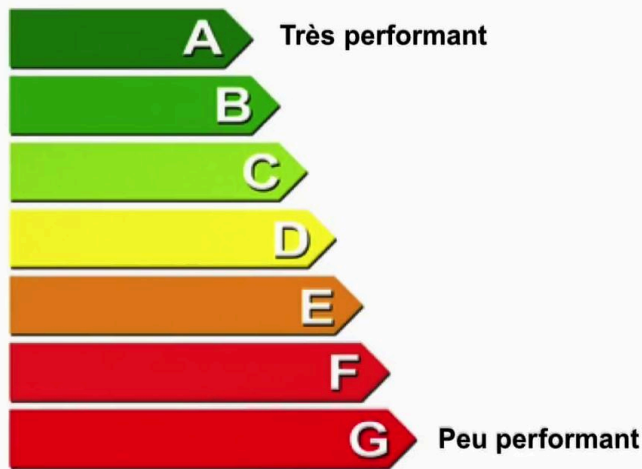
Notes

Summary



8m 21s

Certificat énergétique cantonal des bâtiments



**Le CECB est identique pour toute la Suisse →
tous les bâtiments certifiés CECB peuvent être comparés en un clin d'œil**

La transition énergétique suisse

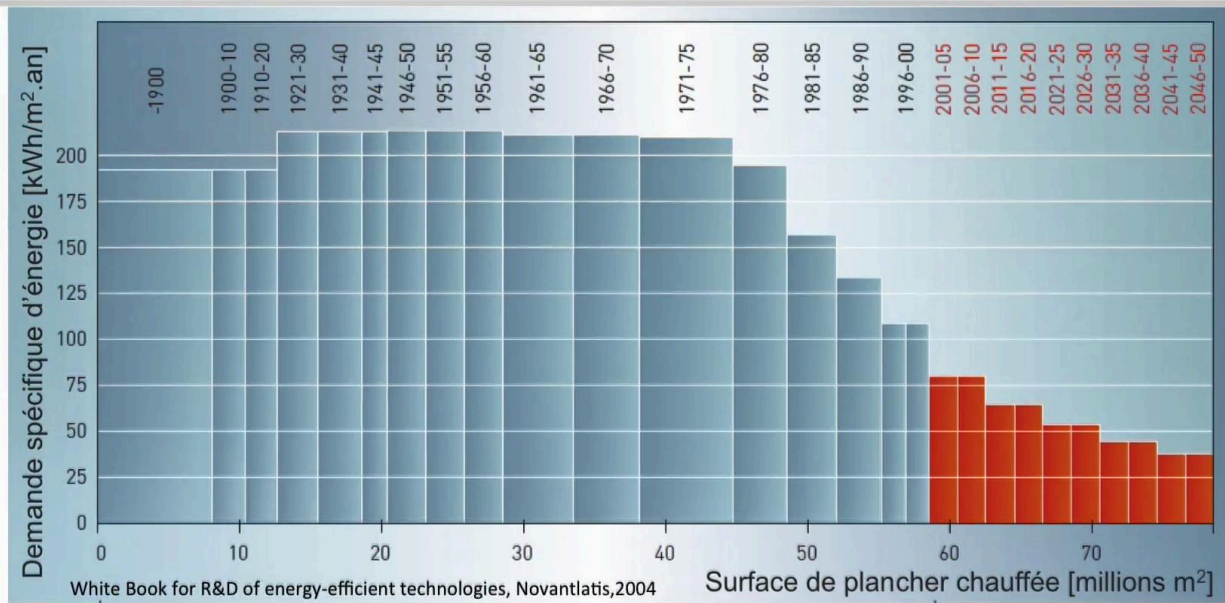
Une autre approche est le certificat énergétique cantonal des bâtiments qui indique combien un bâtiment d'habitation, un bâtiment administratif simple, ou encore une école, consomme en énergie lors d'une utilisation standard en chauffage, en eau chaude sanitaire, en éclairage et en autres consommations électriques. Il permet une comparaison avec d'autres bâtiments et propose des mesures d'optimisation. Le besoin énergétique défini est visualisé par un classement allant de A à G, soit de très efficace énergétiquement pour A à très peu efficace énergétiquement pour l'étiquette G.

Notes

Summary



Evolution de la demande des bâtiments



La demande future d'énergie sera essentiellement dominée par les anciens bâtiments

La transition énergétique suisse

Ce graphe, publié notamment dans un livre blanc sur les technologies énergétiques efficaces que nous avons écrit avec plusieurs collègues de l'ETHZ, met bien en évidence la consommation spécifique moyenne des bâtiments selon leurs années de construction. On voit ici, par exemple, ce sera entre 1910 et 1920 pour la barre intermédiaire, et les barres plus récentes, par exemple 2006 à 2010, on a une différence considérable de demande énergétique des bâtiments. On voit que cette consommation a diminué à partir de la première crise pétrolière en 1973, avec un renforcement progressif des normes de constructions. Cependant, la surface bleue notamment, indique l'ensemble du travail et les efforts considérables encore à faire pour rénover les anciens bâtiments du parc immobilier suisse au niveau de celui des constructions les plus récentes. Notre calculateur utilise des valeurs qui sont dans l'ordre de grandeur de ces nouvelles constructions, c'est-à-dire autour des 40 kilowatt-heure par mètre carré et par an.

Notes

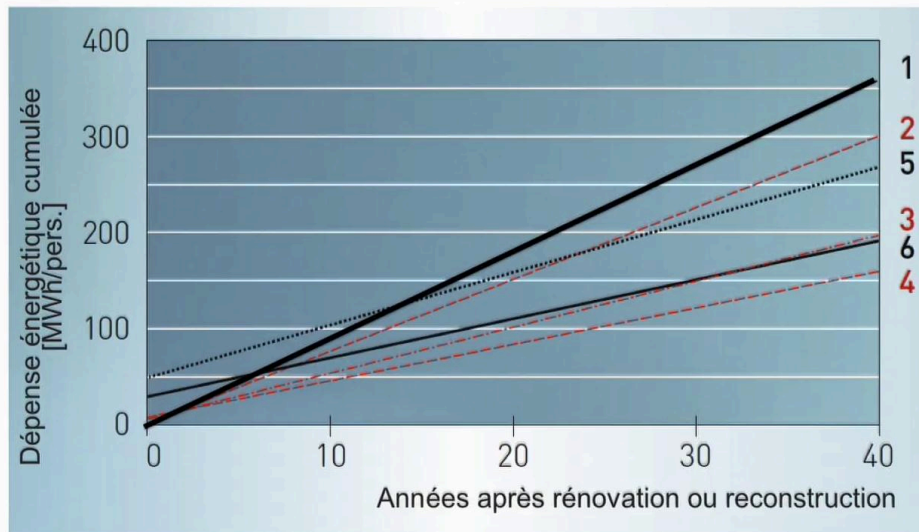
Summary



9m 34s

Rénover ou reconstruire ?

Impacts sur la durée entre options de rénovation et de reconstruction



White Book for R&D of energy-efficient technologies, Novantlatis, 2004

La transition énergétique suisse

Ce graphe montre schématiquement les gains de consommation en énergie pour différents degrés de rénovation d'un bâtiment existant et qui a été construit en 1956. On voit que la reconstruction du bâtiment, qui correspondrait à une reconstruction standard à cette ligne traitillée, croise la ligne noire de consommation du bâtiment existant après quelque chose comme 13 à 14 ans et ça c'est compte tenu de l'énergie dépensée pour la reconstruction. Par contre une rénovation poussée, correspondant au cas 4 ici, et donc à cette courbe 4, permettrait de rentabiliser beaucoup plus rapidement l'énergie après 2 ou 3 ans dans cet exemple.

Notes

Summary



10m 59s

Solaire passif: l'exemple des indiens de Mesa Verde



La transition énergétique suisse

A l'exemple de ces habitations établies par les indiens à Mesa Verde, l'idéal en architecture est de pouvoir bénéficier pleinement du rayonnement solaire en hiver quand le soleil est bas à l'horizon tout en ayant un avant-toit, comme ici le plafond de cette grotte qui protège du rayonnement solaire en été lorsque le soleil est plus haut et réduit ainsi les besoins à la fois de chauffage en hiver et de climatisation en été.

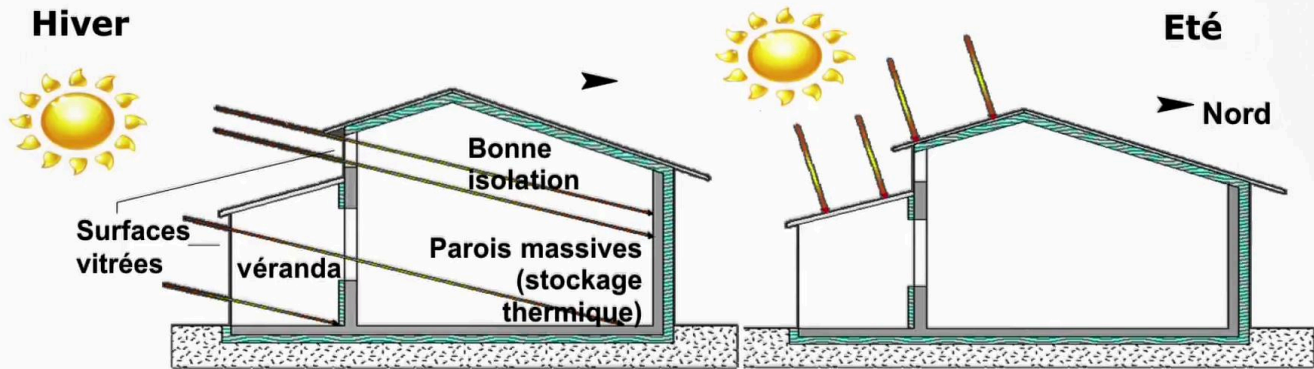
Notes

Summary



11m 55s

Utilisation du solaire passif



La transition énergétique suisse

Voici un exemple d'utilisation du solaire dit "passif" en architecture moderne. Les surfaces vitrées et les structures massives au nord permettent d'accumuler l'énergie solaire en jouant sur l'effet dit "de serre". En été, à droite, les avant-toits permettent d'éviter un sur-échauffement de la maison.

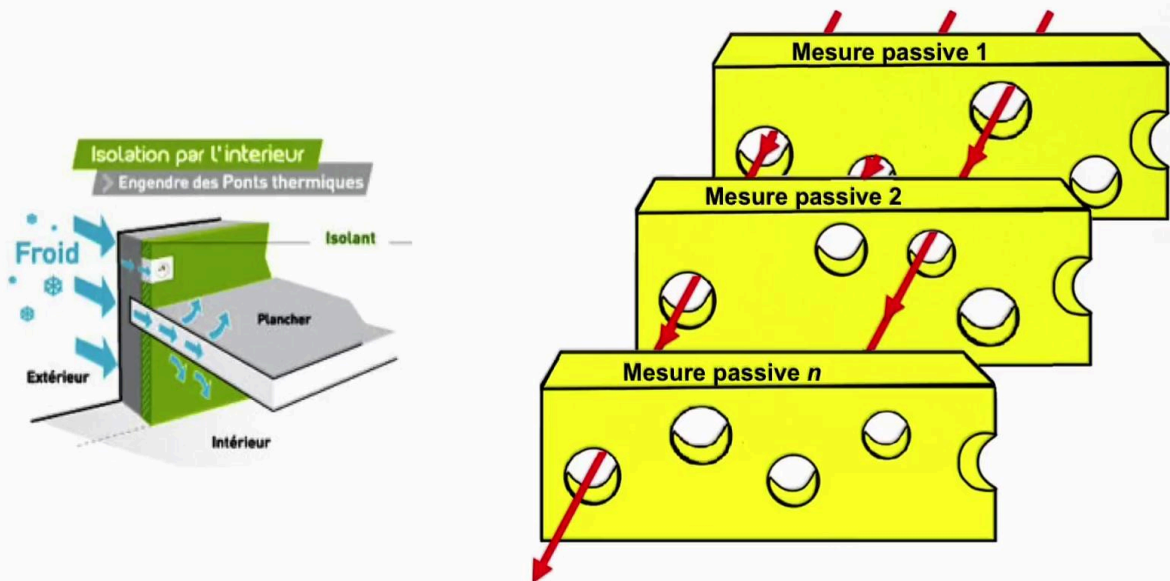
Notes

Summary



12m 31s

Mesures passives: éviter les « trous de Gruyère »



<http://www.peintisol.net/entreprise-isolation-exterieure/pourquoi-isoler-par-l-exterieur/>

La transition énergétique suisse

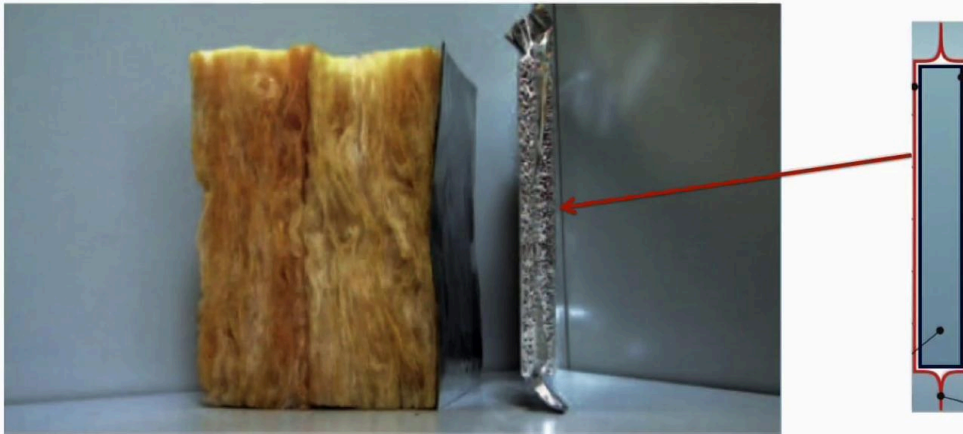
L'adoption d'un ensemble de mesures passives ne donne un résultat optimal que si elles ne laissent pas des trous dans lesquels persistent d'importantes déperditions d'énergie. Ces trous, appelés "ponts thermiques" ou improprement appelés "ponts de froid" sont notamment à la jonction de balcons ou de dalles par rapport à l'enveloppe extérieure.

Notes

Summary



12m 58s



La transition énergétique suisse

A noter que la recherche est en marche pour développer des panneaux d'isolation thermique plus minces pour une même résistance thermique. Cette figure montre un exemple de panneau à micro-pores sous vide, représenté là et là, qui permet d'avoir un encombrement beaucoup plus faible que l'épaisseur de laine de verre qui est à sa gauche et ceci pour la même résistance thermique.

Notes

Summary



13m 22s

Conclusions



- Les mesures passives offrent un grand potentiel
- Les pertes thermiques des bâtiments construits au cours des dernières décennies ont constamment diminué
- Une accélération de la rénovation du parc immobilier est essentielle
- L'orientation des bâtiments et une architecture favorisant le solaire, dit passif, apportent des gains de confort et d'économies d'énergie
- La chasse aux ponts thermiques est cruciale

La transition énergétique suisse

En conclusion, nous avons vu que les mesures passives offrent un grand potentiel d'économie d'énergie; les pertes thermiques des bâtiments construits au cours des dernières décennies ont constamment diminué, ce qui est très prometteur; une accélération cependant de la rénovation du parc immobilier est essentielle pour permettre d'atteindre les objectifs des scénarios de la Confédération; l'orientation des bâtiments et une architecture favorisant le solaire, dit passif, apportent des gains de confort et d'économie d'énergie; la chasse aux ponts thermiques est aussi cruciale.

Notes

Summary



13m 51s