



Université Aboubekr Belkaid
Département d'architecture
Tlemcen

LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE

Dr Oussadit Hasna Imene



Introduction

L'objectif de la conception bioclimatique est d'obtenir **des conditions de vie et de confort** d'ambiance adéquats et **agréables** (température, luminosité, humidité,...).



Repose sur le **choix de matériaux** appropriés, le recours à des **techniques de circulation d'air**, l'utilisation du **rayonnement solaire** ou de la **géothermie**, et la récupération des **eaux de pluie**.



Le bioclimatisme consiste à transformer l'**environnement** du bâtiment et les **matériaux** qui le composent **en atouts**.



➤ Les six éléments clés à prendre en compte sur **le bâti** sont :

- Trouver les bons compromis entre la **luminosité naturelle**, l'éblouissement et le confort thermique en hiver comme en été.
- Laisser à l'occupant la possibilité de reprendre la main sur **la lumière artificielle**.
- Assurer le **confort d'été** en évitant les climatisations puissantes.
- Trouver des solutions de **protection solaire** permettant d'éviter les surchauffes d'été tout en laissant pénétrer la lumière dans le bâtiment et en favorisant les apports gratuits en hiver.
- Assurer l'**étanchéité à l'air**.
- Optimiser l'**inertie thermique** à l'aide d'outils de simulation thermique dynamique.

Définition

- L'**architecture bioclimatique** n'inclut ni panneaux solaires, ni éoliennes.



- une conception **intelligente**
- La conception **environnementale** vise à créer une **symbiose** entre un espace de vie et le milieu dans lequel il prend place.





➤ Un habitat bioclimatique (ou architecture solaire) est un bâtiment dans lequel le chauffage et le rafraîchissement sont réalisés en tirant le meilleur parti du rayonnement solaire et de la circulation naturelle de l'air.

➤ Tout le travail d'une conception bioclimatique est basé sur le maintien du confort de l'utilisateur :

- Confort visuel
- Confort acoustique
- Confort thermique
- Qualité de l'air
- Autres : volumes, aménagements, densité d'occupation...

Au confort d'hiver répond la stratégie du chaud : capter la chaleur du rayonnement solaire, la stocker dans la masse, la conserver par l'isolation et la distribuer dans le bâtiment tout en la régulant.

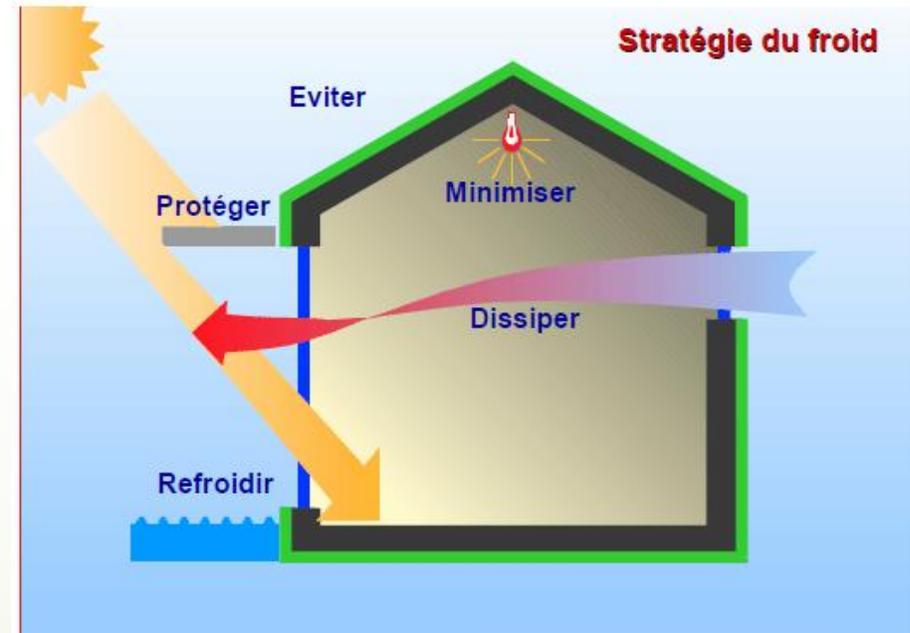
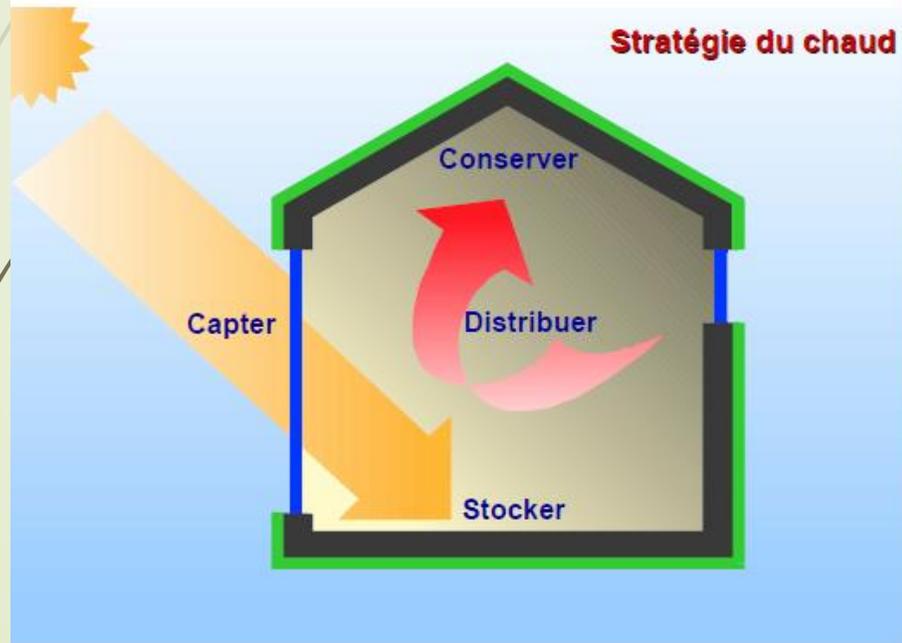


Des espaces largement ouverts au soleil (arch. M. Gerber).

Au confort d'été répond la stratégie du froid : se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper la chaleur en excès et refroidir naturellement.

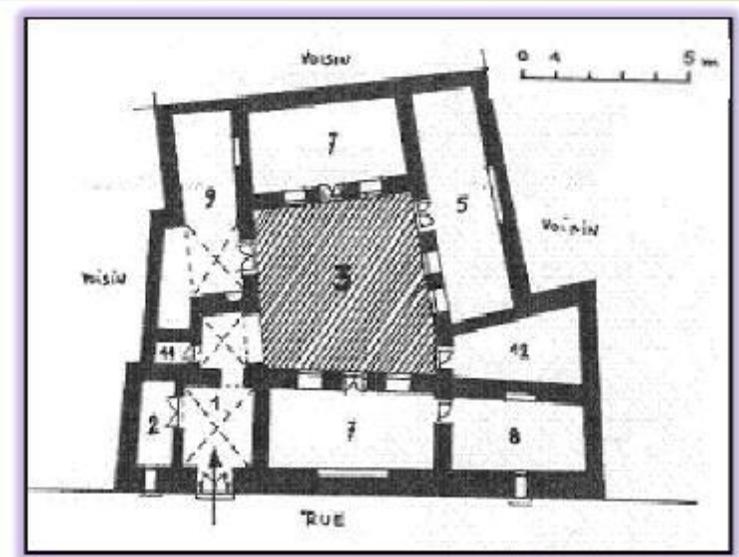
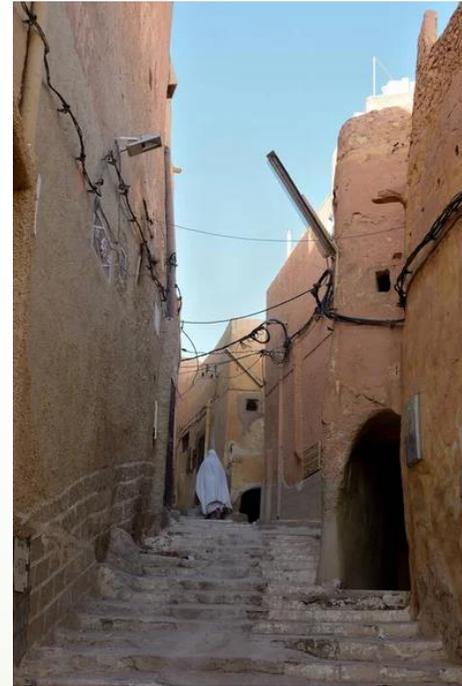


Patio de la Acequia, Generalife à Grenade, Espagne.

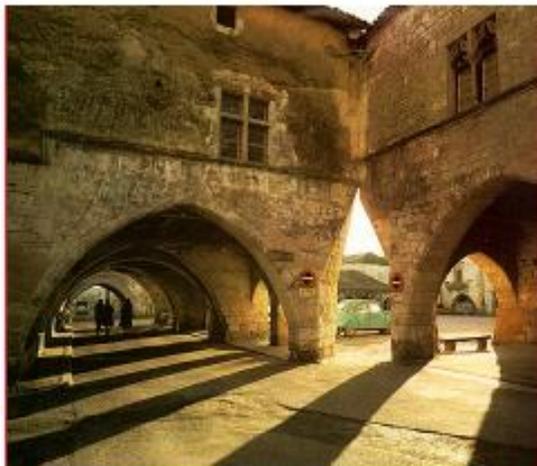


Evolution de l'architecture bioclimatique

- L'architecture bioclimatique fut utilisée depuis longtemps, et n'est donc pas une nouvelle invention.



Le climat influe de manière importante sur la forme bâtie. L'architecture vernaculaire témoigne d'une réflexion sur les conditions locales de construire et d'habiter.



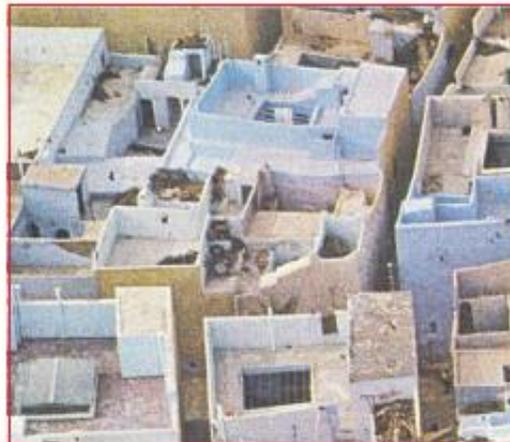
Bastide de Monpazier, au sud du Périgord.

L'implantation judicieuse d'un édifice est la tâche la plus importante de l'architecte. Elle détermine l'éclairage, les apports solaires, les déperditions, les possibilités d'aération, etc.



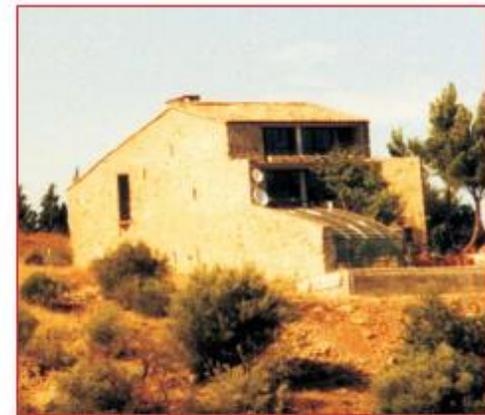
Rénovation d'une grange en Ardenne : protection des vents par la colline et ouverture au soleil (arch. M. De Graeve).

En climat désertique, les bâtiments peuvent être disposés en groupes compacts autour de cours intérieures ombragées. La massivité des murs et de la toiture assure l'inertie thermique.



Ville de la vallée du M'Zab (Sahara algérien).

En climat méditerranéen, l'étude du plan-masse et le dimensionnement des ouvertures permettent d'optimiser la circulation de l'air. Les couleurs claires en revêtement de façade renforcent la protection solaire.



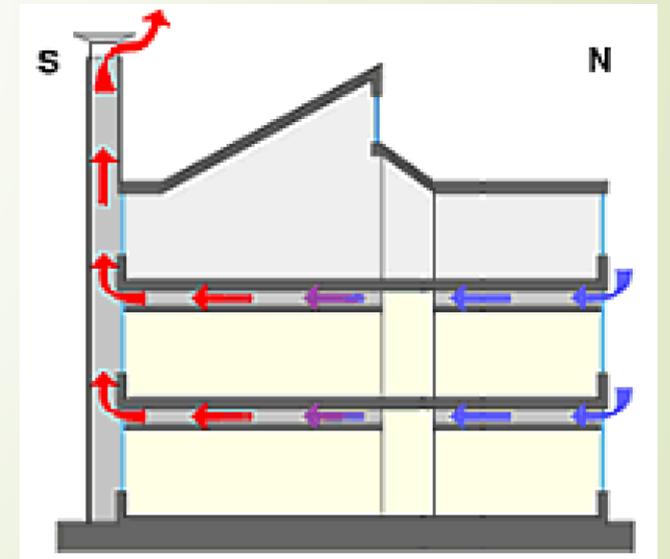
Première maison solaire passive française en Méditerranée (arch. M. Gerber).

➤ Quelques techniques pour concevoir un bâtiment bioclimatique

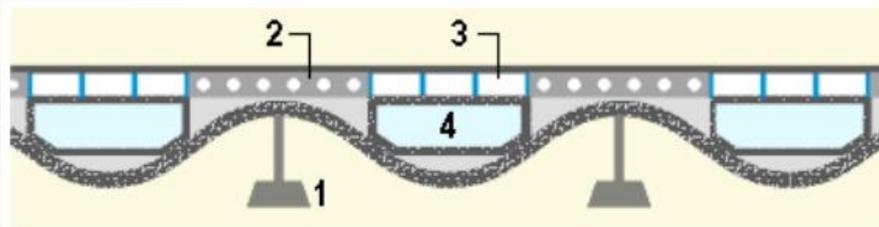
➤ LES DALLES ACTIVES

Le principe consiste à faire circuler de l'air extérieur ou de l'eau dans les planchers de l'immeuble afin de refroidir la masse thermique du bâtiment.

La dalle active est un plancher de structure rendu active sur le plan du confort thermique du fait de sa capacité à transmettre de fait de **son inertie** du rafraichissement ou du chauffage.



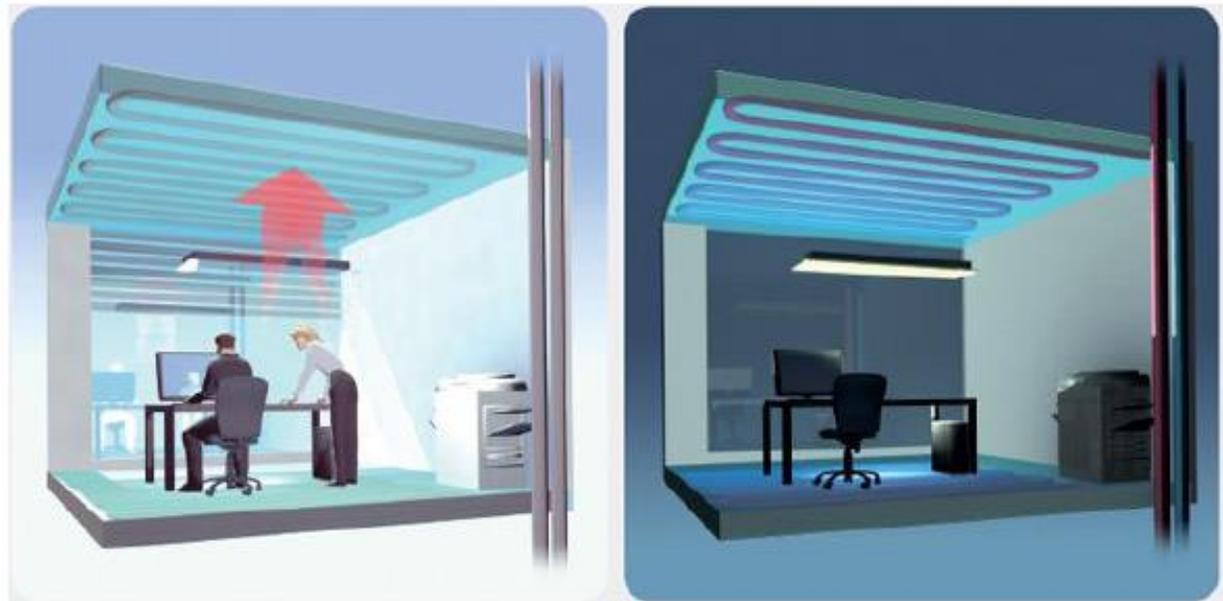
- La surface de contact entre le plafond et l'air ambiant est plus importante qu'avec un plafond plat.
- Dans la journée, l'air est guidé d'une façade vers l'autre et assure la ventilation du bâtiment, alors que les clapets sont fermés.
- La nuit, les clapets sont ouverts, et l'air extérieur frais parcourt un conduit en béton qui traverse la pièce.



1. *Luminaire suspendu*
2. *Canalisations de chauffage/refroidissement*
3. *Espace technique*
4. *Conduit en béton pour le passage de l'air*

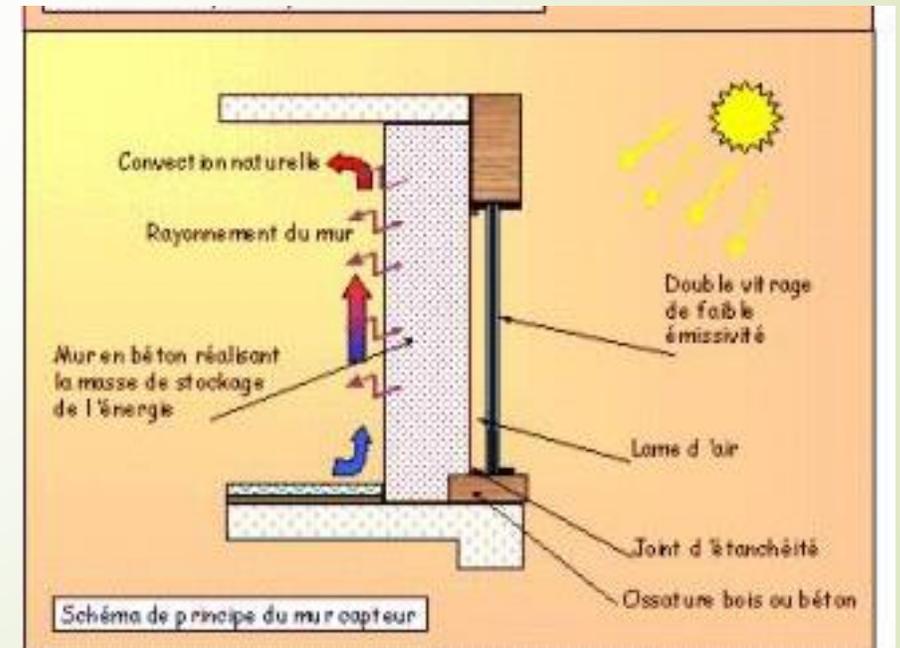


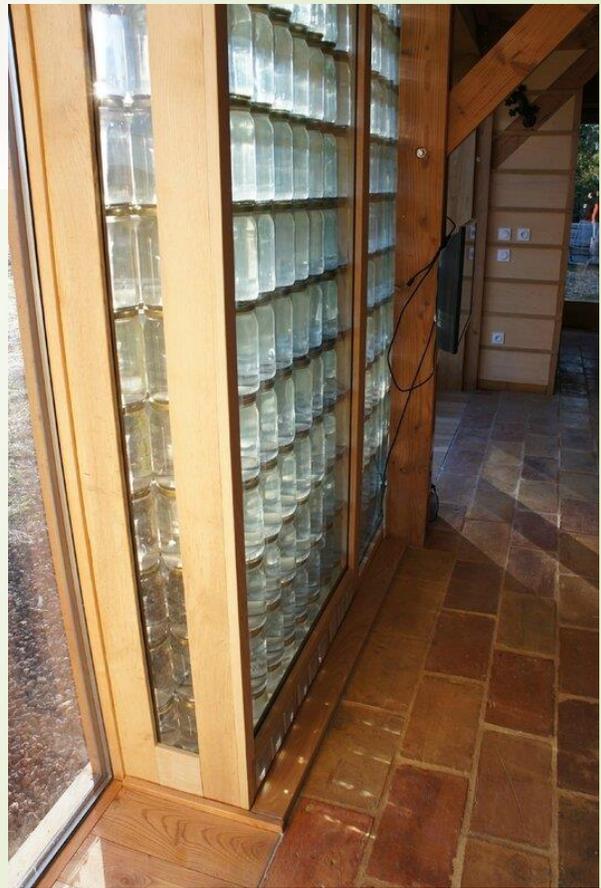
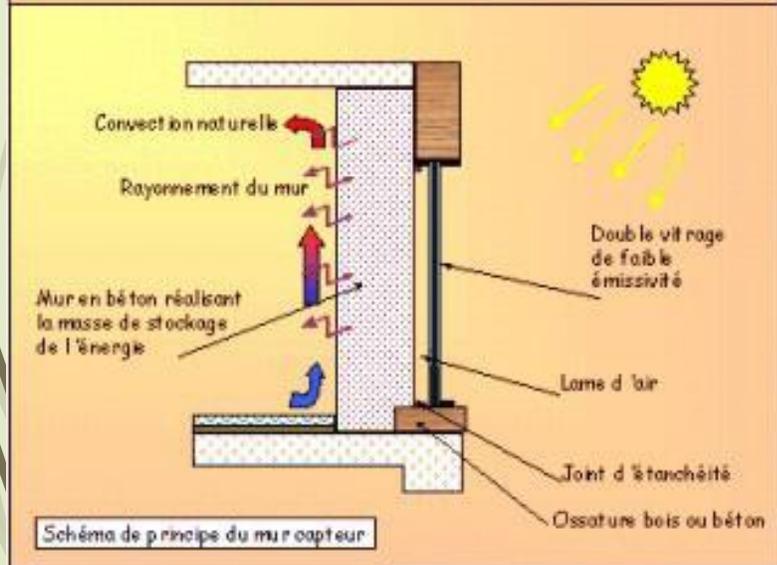
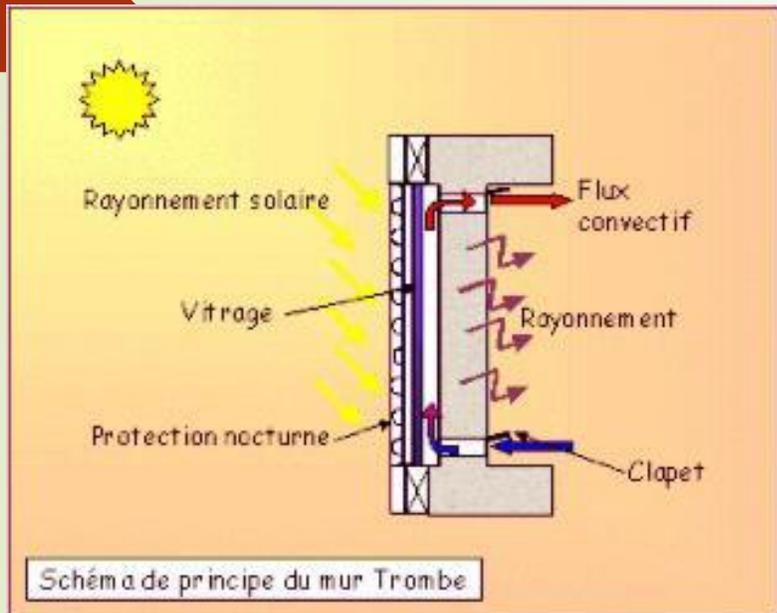
- Dans ce cas l'eau circule dans les tubes noyés dans la dalle qui accumule les charges thermiques de la pièce ainsi que les apports extérieurs.
- Durant la journée, les dalles actives absorbent les charges thermiques de la pièce ainsi que les apports extérieurs. Durant la nuit, les dalles sont chargées en froid par le système de rafraîchissement d'eau.
- De l'eau chaude circule en hiver, et de l'eau froide circule en été.

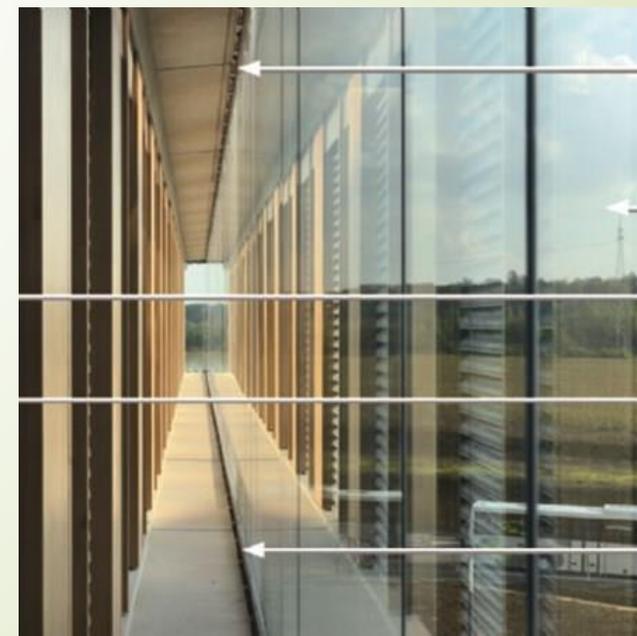
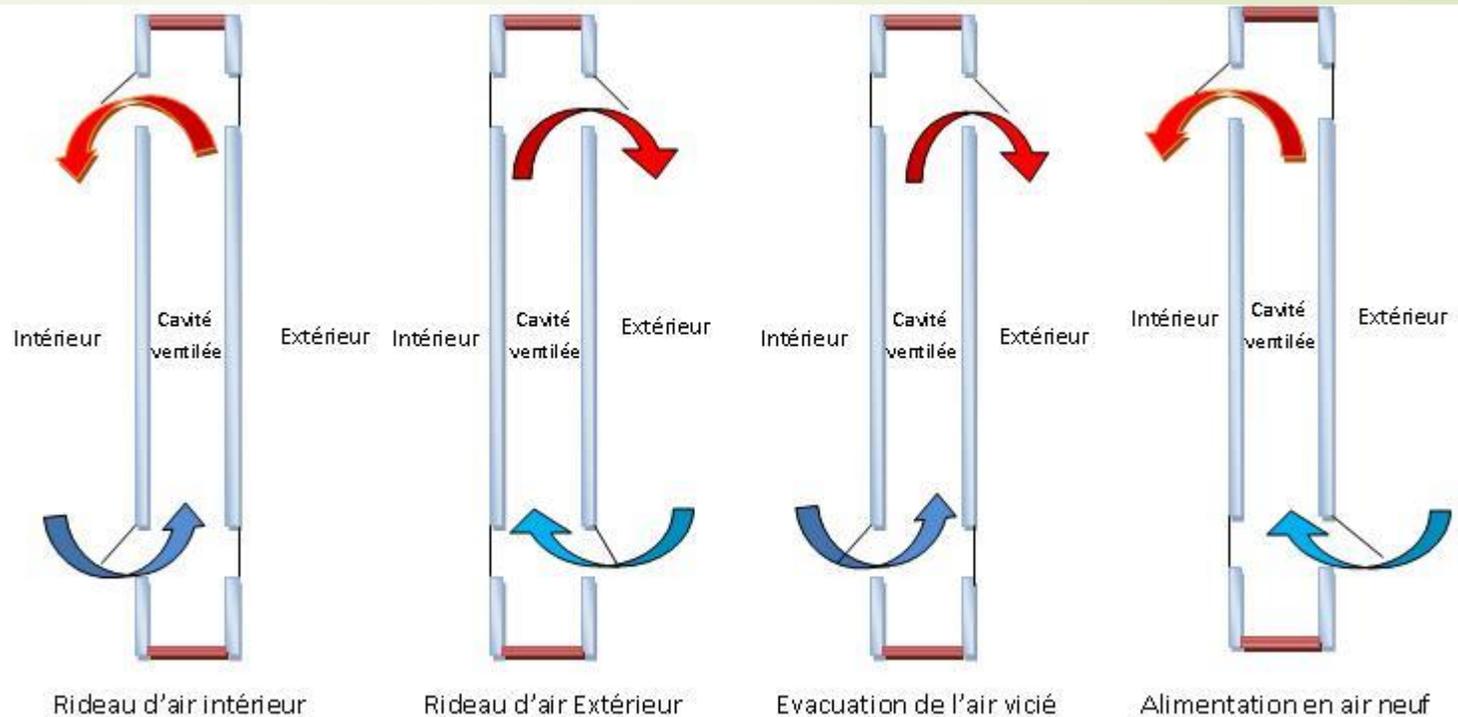


➤ LES MURS CAPTEURS

- Les murs capteurs accumulateurs sont généralement installés en façade sud pour capter un maximum de rayonnement. Le jour, le soleil traverse le vitrage et chauffe le mur par conduction. Le rayonnement se diffuse ensuite vers l'intérieur avec un temps de déphasage pour chauffer la nuit.
- Mur trombe
- Le mur rayonnant mixte ou « mur double peau »
- Le mur capteur en bois

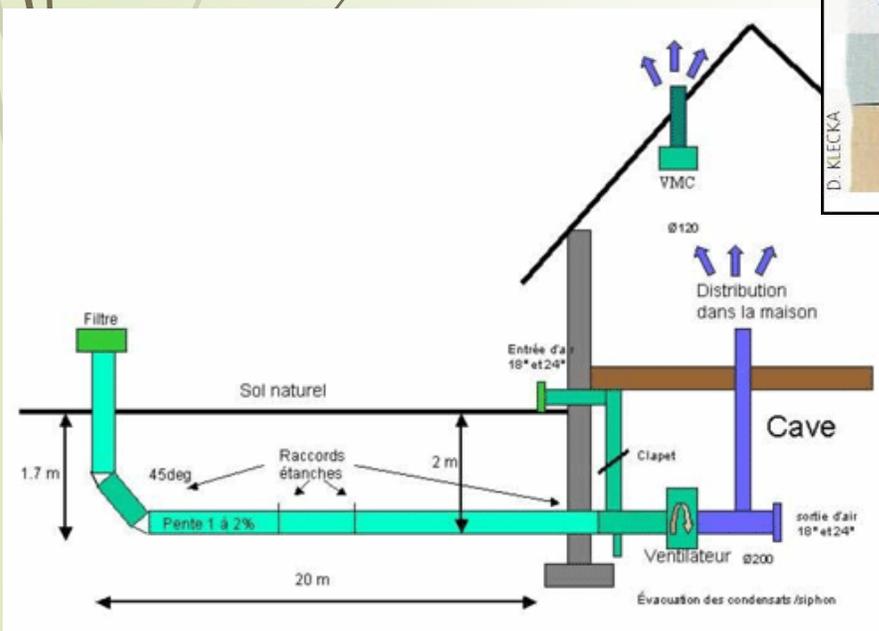
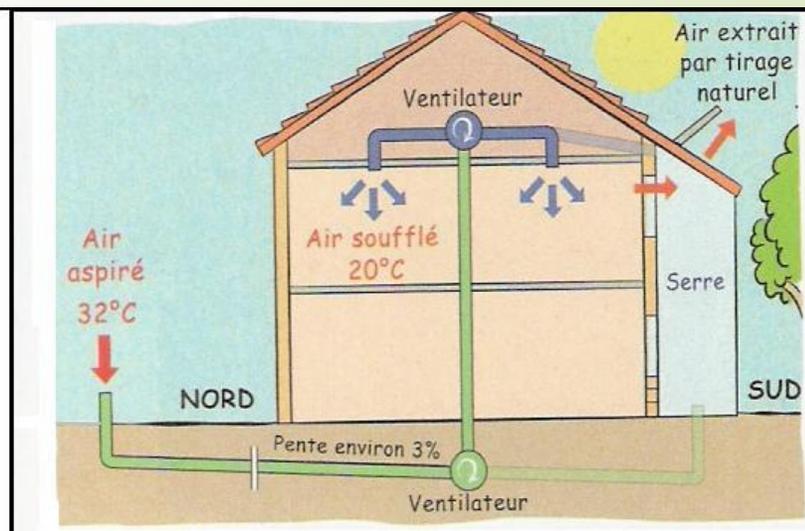
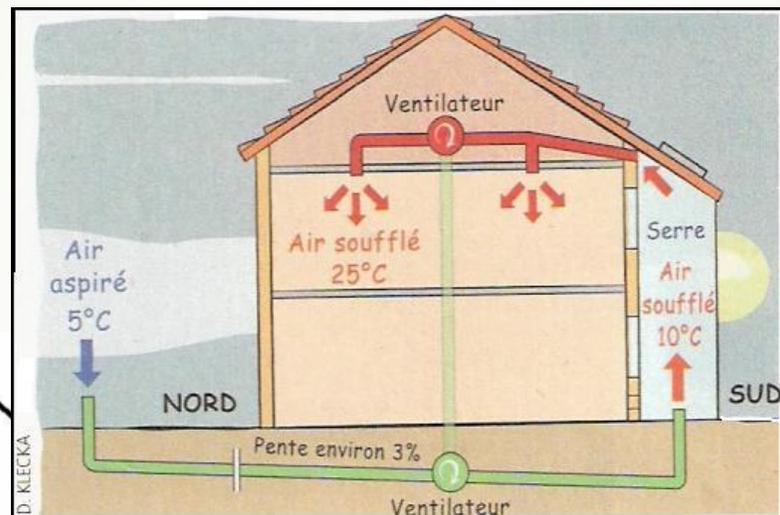






➤ LES PUIS CANADIENS

- Le puits canadien consiste à faire passer, avant qu'il ne pénètre dans la maison, une partie de l'air neuf de renouvellement d'air hygiénique par des tuyaux enterrés dans le sol, à une profondeur de l'ordre de 1.5 mètre.



➤ LES SERRES BIOCLIMATIQUES

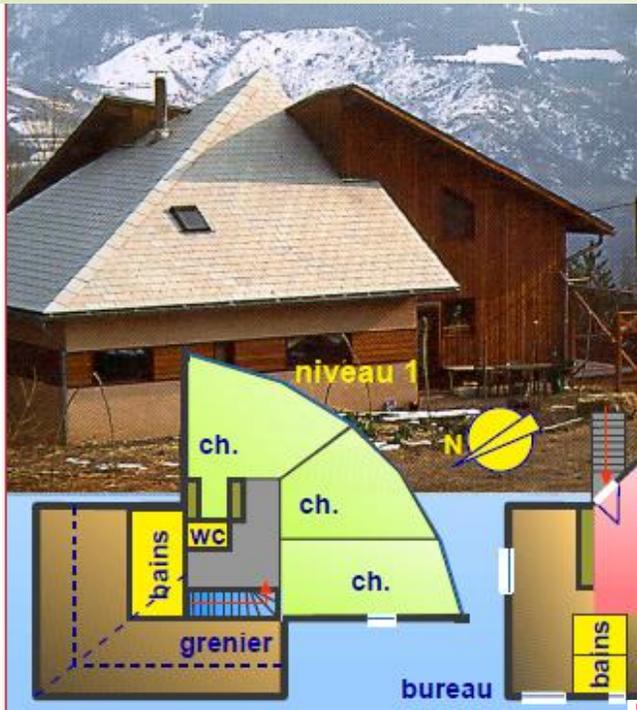


- La serre bioclimatique, dite serre solaire passive, stocke l'énergie solaire durant la journée. Elle la restitue la nuit ou lors de séquences nuageuses. Elle est isolée pour réduire les pertes thermiques. Elle ne nécessite ni panneau solaire, ni chauffage externe.
- L'orientation optimale de la serre, c'est plein sud pour profiter au maximum des rayons du soleil durant toute la journée.
- Il faut oublier le simple vitrage pour des raisons thermiques et le triple pour des raisons financières. Le double vitrage semble donc un bon compromis



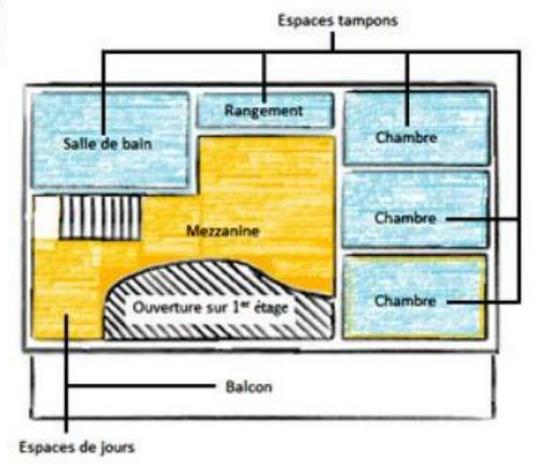
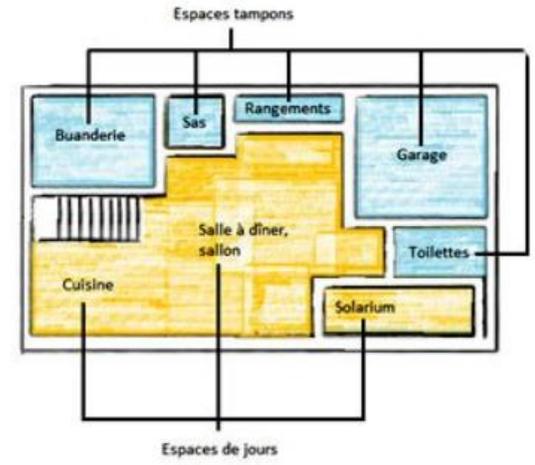
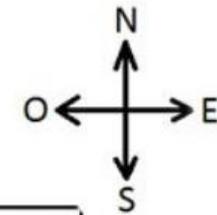
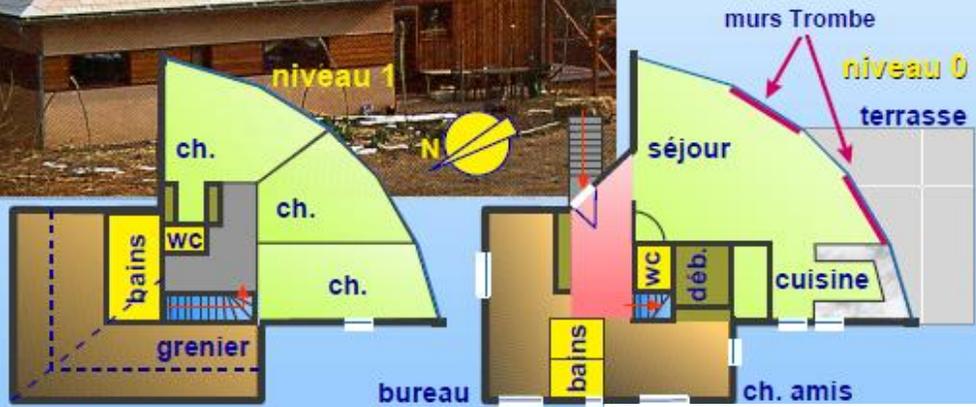
- Pour une meilleure inertie thermique, il est conseillé d'employer des murs en béton, briques pleines, terre crue...





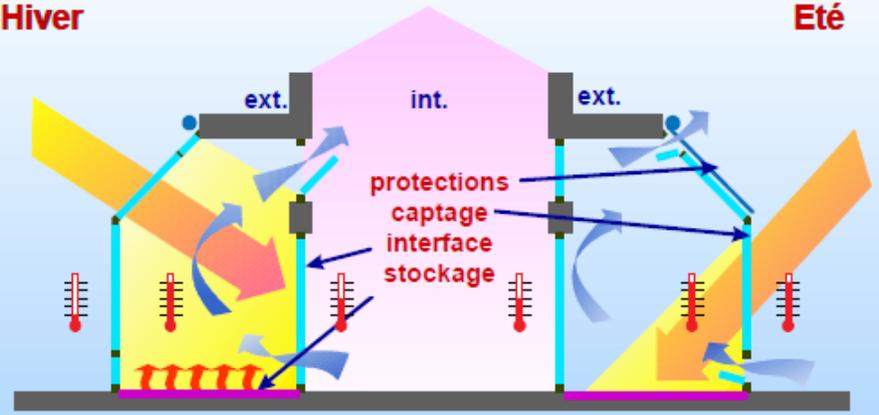
Zonage thermique

Maison Ismalun
Embrun (Hautes-Alpes)



Hiver

Été



Les surfaces vitrées captent le rayonnement.
La ventilation interne réchauffe l'air.
La capacité thermique accumule et restitue la chaleur.

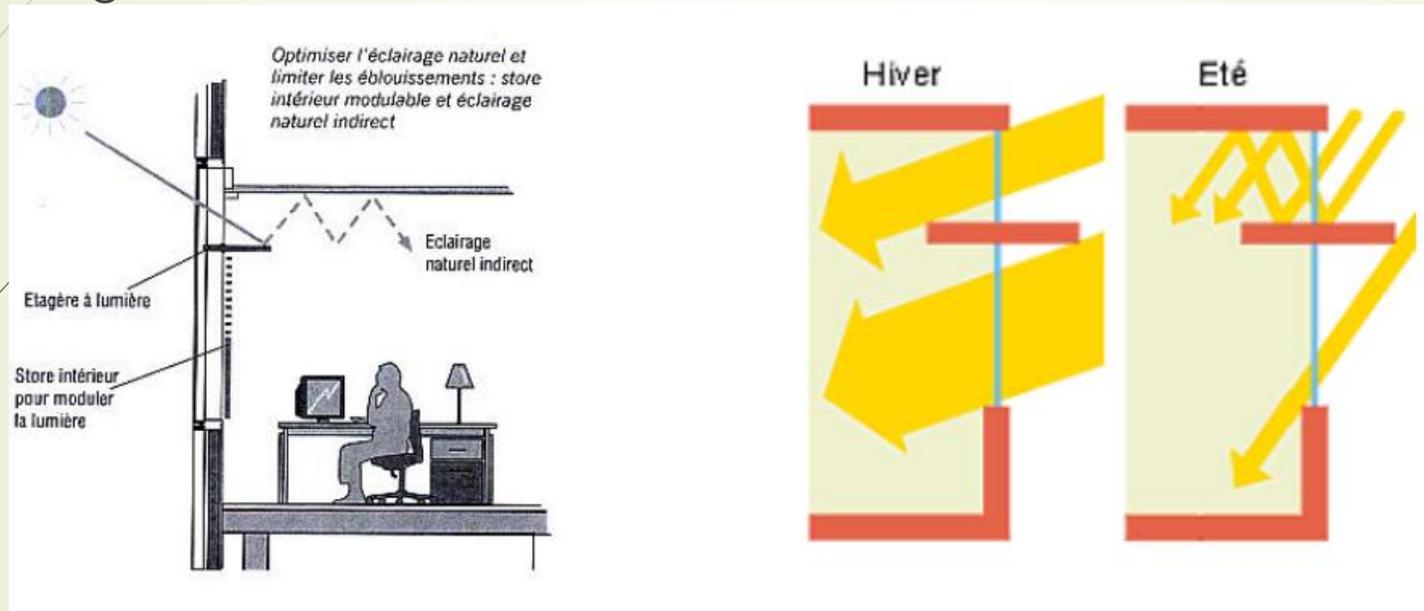
Les protections solaires limitent l'exposition.
La ventilation limite l'accumulation de chaleur.
La capacité thermique limite la surchauffe.

➤ LES ÉTAGÈRES À LUMIÈRE (LES REFLECTEURS)

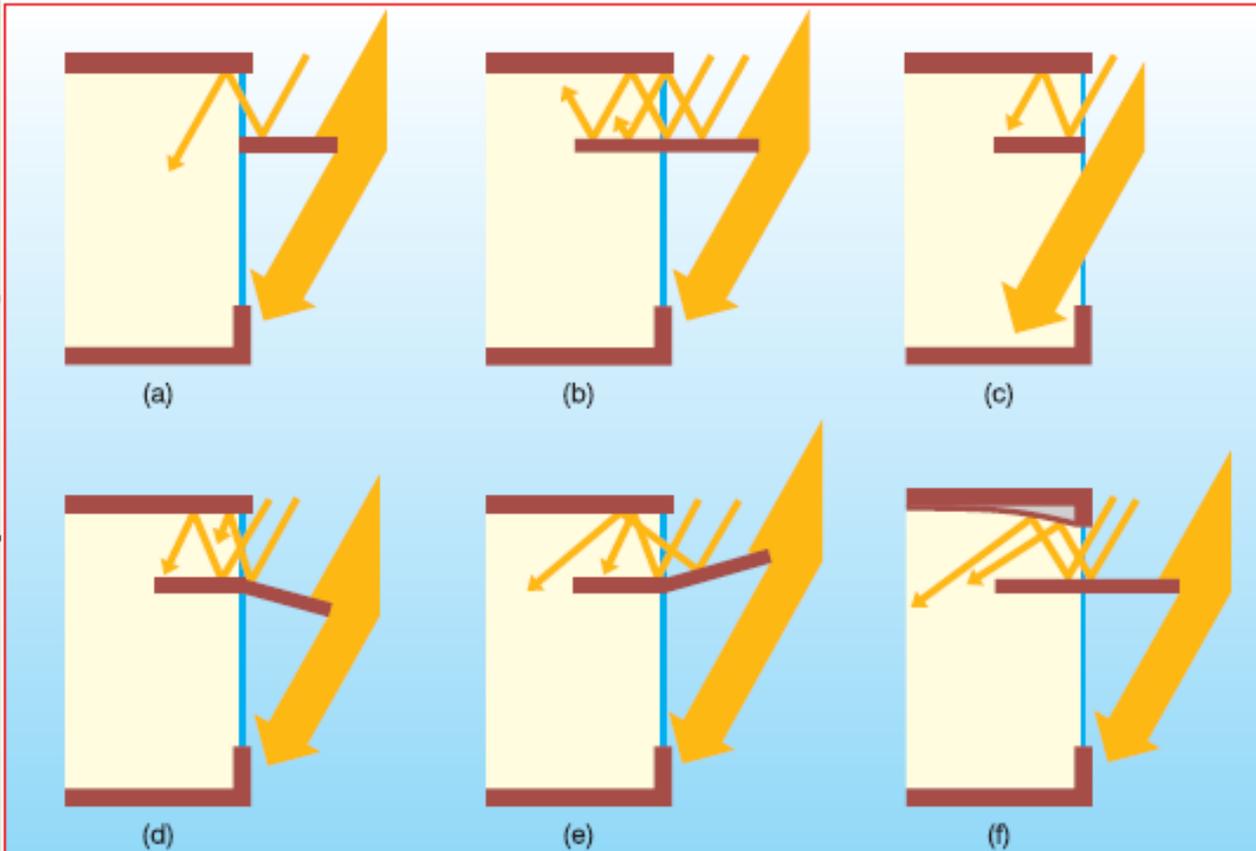
- Les étagères légères peuvent ne pas convenir à tous les climats. Ils sont généralement utilisés dans les climats doux et non dans les climats tropicaux ou désertiques en raison du gain de chaleur solaire intense.
- Il s'agit d'un petit auvent de protection solaire, dont la surface supérieure est réfléchissante, combiné à un bandeau vitré situé au-dessus, dont le rôle est d'autoriser la pénétration dans le local du rayonnement solaire réfléchi sur la partie supérieure de l'étagère.



- Elle permet donc de faire pénétrer la lumière profondément dans la pièce.
- De réduire les charges de refroidissement en diminuant partiellement les gains solaires.
- D'augmenter le confort visuel et la luminosité.



- Elle peuvent être mise en œuvre soit à l'intérieur, soit à l'extérieur, ou encore entre les deux.



➤ Typologie des réflecteurs

- L'étagère à lumière peut également être positionnée à différents niveaux de la paroi vitrée.



L'étagère à lumière est placée aux 2/3 de l'ouverture de la paroi vitrée

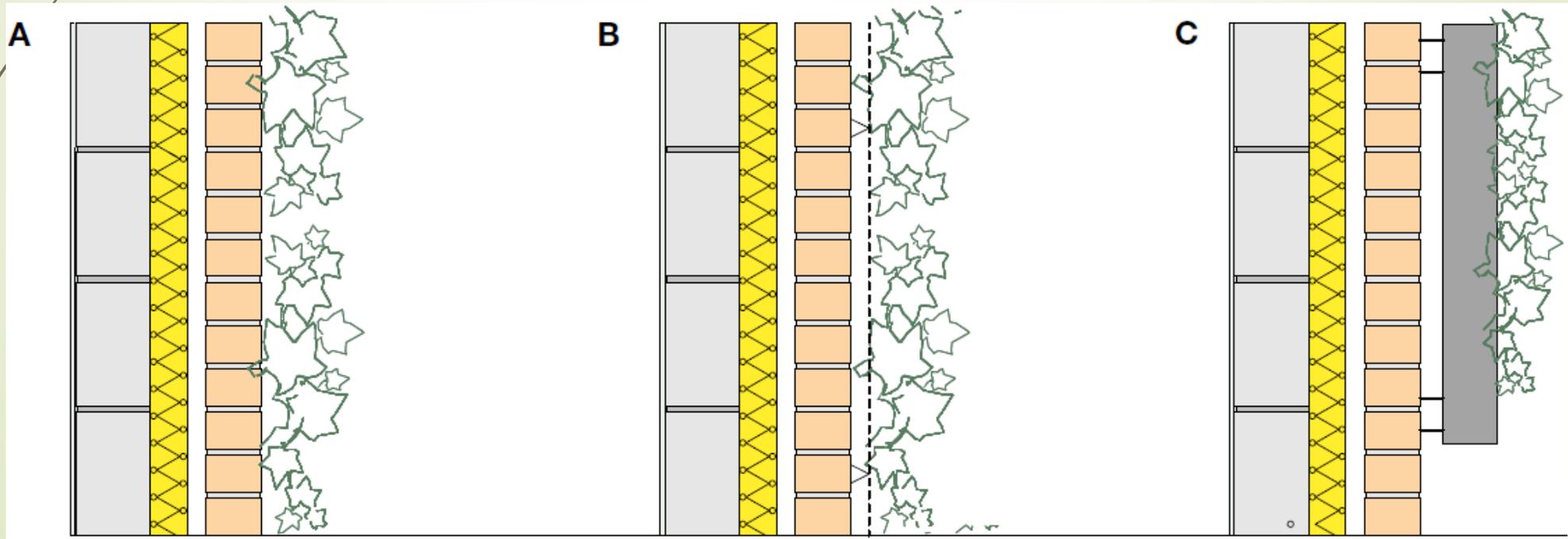


L'étagère à lumière est placée au dessus de la paroi vitrée, d'autres vitres plus petites au-dessus

- Elles sont réalisées en métal, ou en béton très résistant.
- Elles réduisent ainsi l'éblouissement et augmentent l'éclairage naturel.
- Limitent les surchauffes en été et apports gratuits en hiver.
- Nécessitent un plafond clair et réfléchissant.

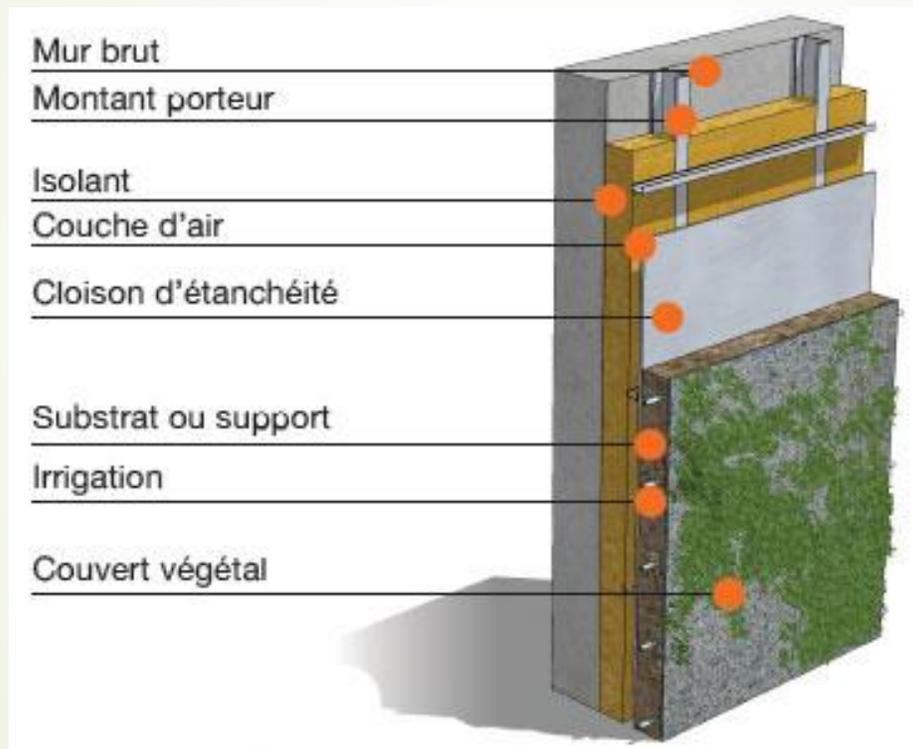
➤ LES FAÇADES VÉGÉTALISÉES

- Elles permettent d'améliorer le confort d'été tout en contribuant aux exigences urbanistiques de végétalisation de parcelle.
- Le terme général 'mur vert' (**green wall**) désigne les façades végétalisées. On distingue les façades vertes, qui prennent racine dans le sol et sont directement ou indirectement liées à la façade, et les **Living Wall Systems** ou 'murs végétaux', ancrés dans la façade.



➤ La végétalisation peut se faire:

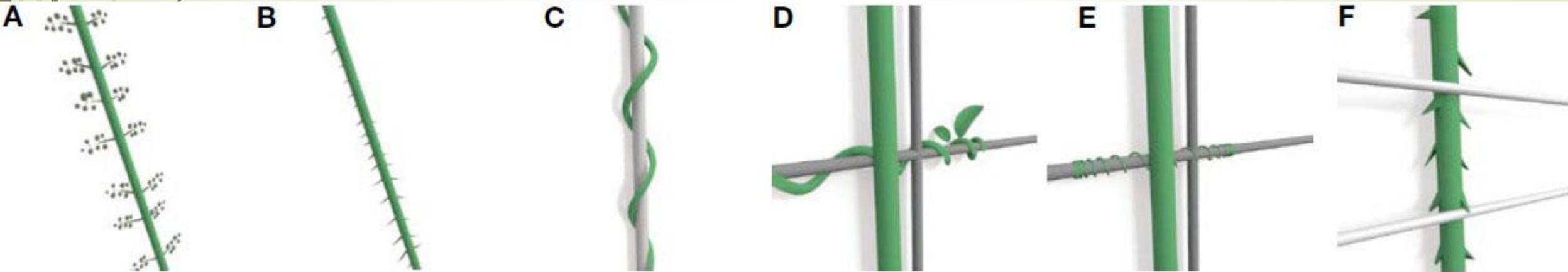
1. Directement à partir du sol via une structure porteuse.
2. En intégrant la flore au bâtiment, via des balconnières, des mini-jardinières, ou encore grâce à des murs directement conçus pour être végétalisés.



Il peut servir d'isolant **thermique** mais aussi d'isolant **acoustique** et joue un rôle en matière de microclimat et de qualité de l'air. Il sert aussi de refuge et de source de nourriture pour la faune locale.

► Les façades végétalisées sont construites à partir de plantes grimpantes qui peuvent se diviser en trois catégories :

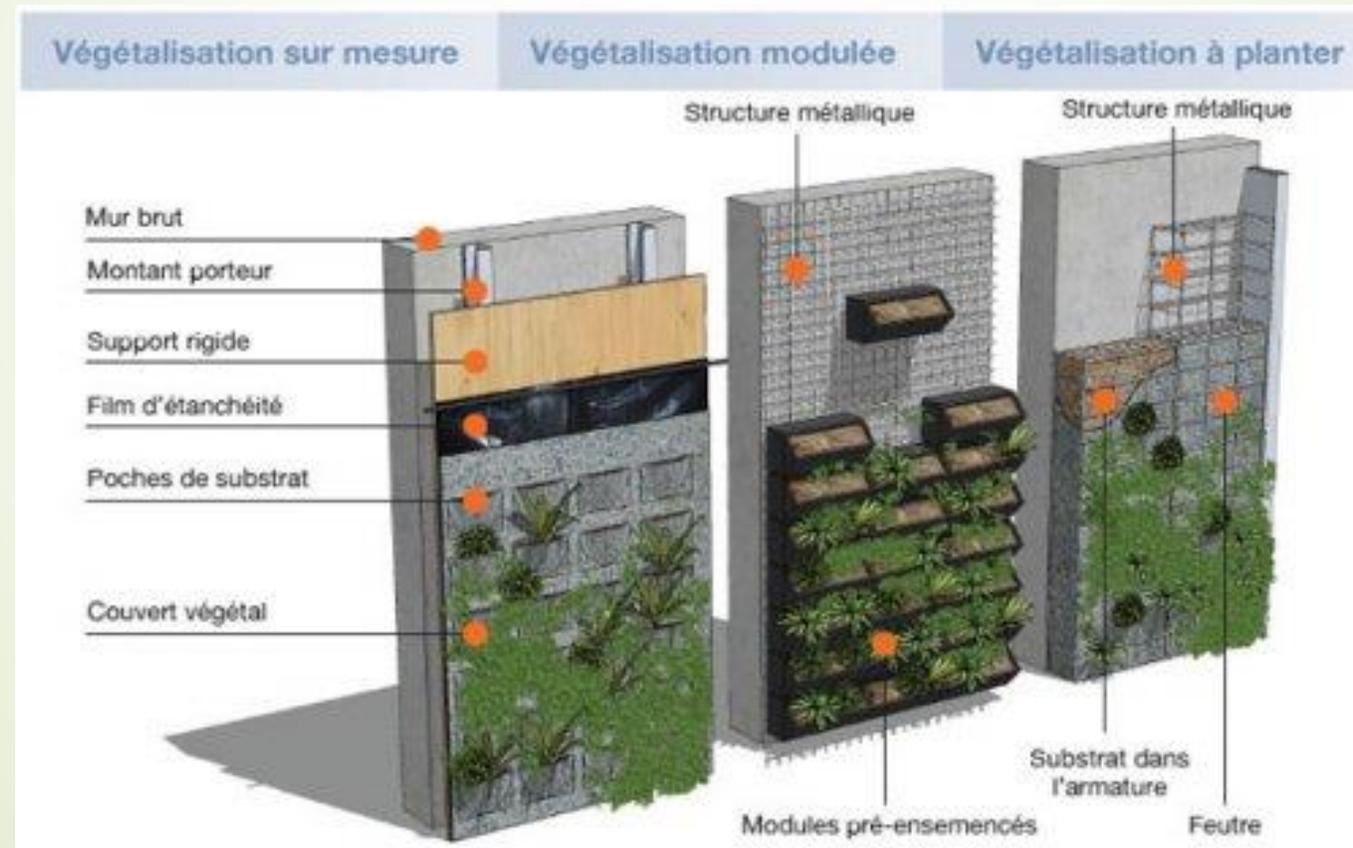
- les plantes ligneuses qui se soutiennent elles-mêmes en se palissant contre un mur comme par exemple les rosiers grimpants (*Rosa canina*, *Rosa rugosa*)
- les plantes grimpantes qui ont besoin d'un support tel que les arbrisseaux à tiges flexibles F
- les plantes grimpantes qui ont leurs propre système de fixation tel que :
 - des racines crampons comme le lierre (*Hedera helix*), la bignone (*Campsis grandiflora*) ou l'hortensias grimpant (*Hydrangea petiolaris*) B
 - des ventouses comme la vigne vierge (*Parthenocissus quinquefolia*) A
 - des vrilles comme une autre vigne vierge (*Parthenocissus tricuspidata*) D et E



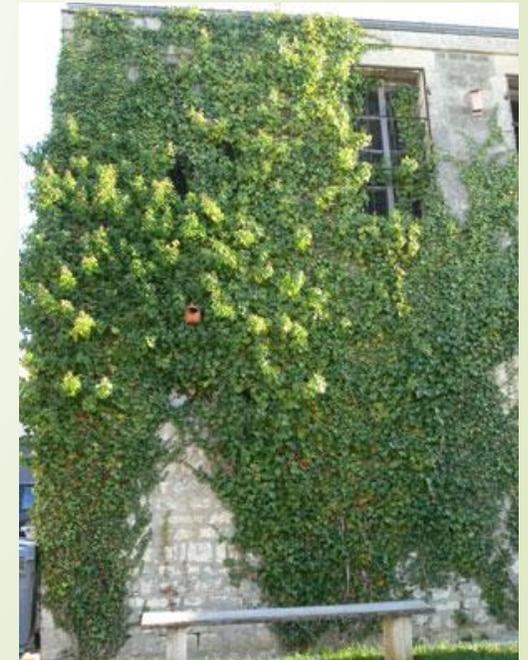
► Mur végétalisé ou *Living Wall Systems*

Ici, la plante ne prend pas racine en pleine terre à la base de la façade, mais dans des supports fixés au mur. Ces supports se composent, entre autres, de panneaux prévégétalisés, de modules, de bacs ou de sacs végétalisés ou encore de géotextiles.

Il existe trois différents types de murs végétalisés :



- Contrairement aux façades vertes, le mur végétal requiert en général un système d'irrigation pour l'alimentation des plantes en eau et en nutriments.
- Les murs végétaux peuvent par ailleurs être classés en fonction du substrat (c'est-à-dire la couche dans laquelle les végétaux sont plantés). On distingue les **substrats inertes** et les **substrats organiques**.
- les plantes grimpantes utilisées sur les façades végétales doivent répondre aux critères suivants :
 - constituer des espaces de repos et de nidification pour l'avifaune et des gîtes hivernaux pour les insectes par l'utilisation par exemple d'une végétation épaisse et enchevêtrée,
 - être une source de nourriture pour les oiseaux et les insectes : la végétation devra produire du nectar et des fruits, les plantes à floraison tardive ou précoce étant très avantageuses.





➤ LES TOITURES VÉGÉTALISÉES

➤ Il existe deux types de toitures végétalisées:

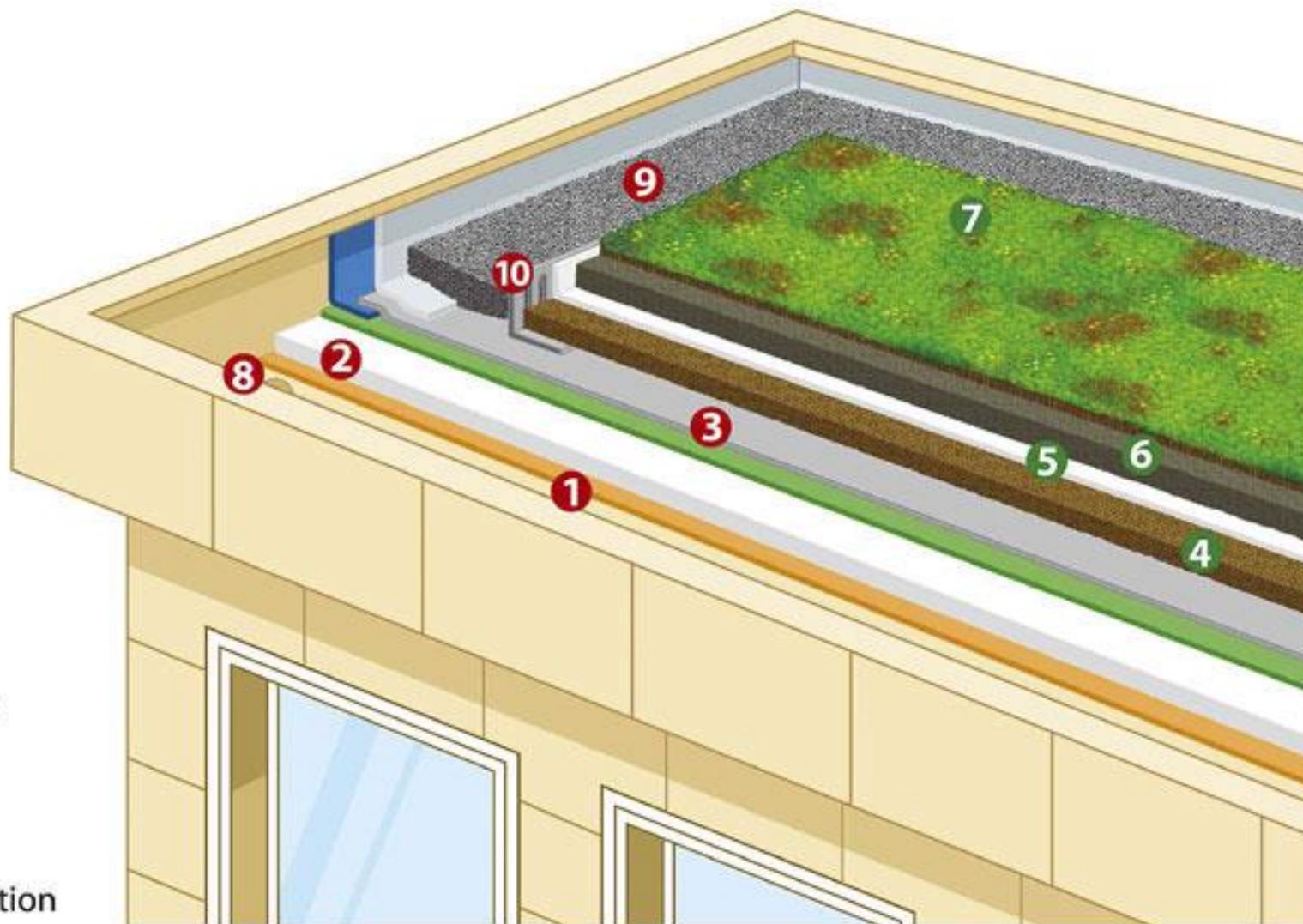
1. Végétalisation en bacs pré cultivés: le système est pré-cultivé et arrive sur le chantier prêts à être posés.
2. Végétalisation extensive: le tapis végétalisé arrive sur le chantier en rouleau et est posé comme une moquette.



CRITÈRES	Végétalisation extensive	Végétalisation semi-intensive	Végétalisation intensive (toiture-jardin)
Élément porteur	 BETON BOIS TAN	 BETON	 BETON <i>pente maximale 5%</i>
Choix de la végétation	Sedums, mousses, vivaces	Vivaces, petits arbustes, gazons	Arbustes, arbres, gazons
Épaisseur de substrat (cm)	4 à 15	12 à 30	30 et plus
Poids du système complet (kg/m ²)	75 à 180	200 à 500	500 à 2000
Arrosage	non*		
Entretien			
Coût de la toiture	€	€€€	€€€€
Accessibilité	non	limitée	

* Sauf en zone méridionale et pour les toitures en pente

- 1** Élément porteur
- 2** Complexe isolant
- 3** Etanchéité
- 4** Drainage
- 5** Filtre
- 6** Substrat
- 7** Végétation
- 8** Evacuation pluviale
- 9** Bande pourtour
- 10** Dispositif de séparation

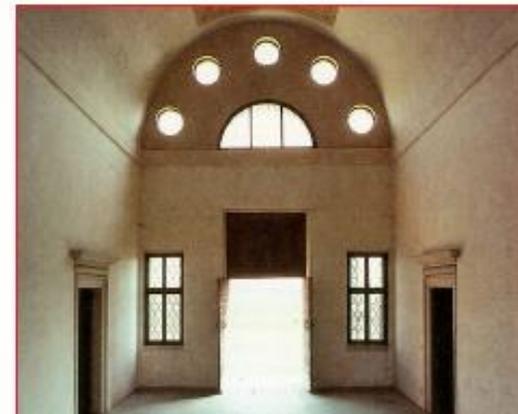
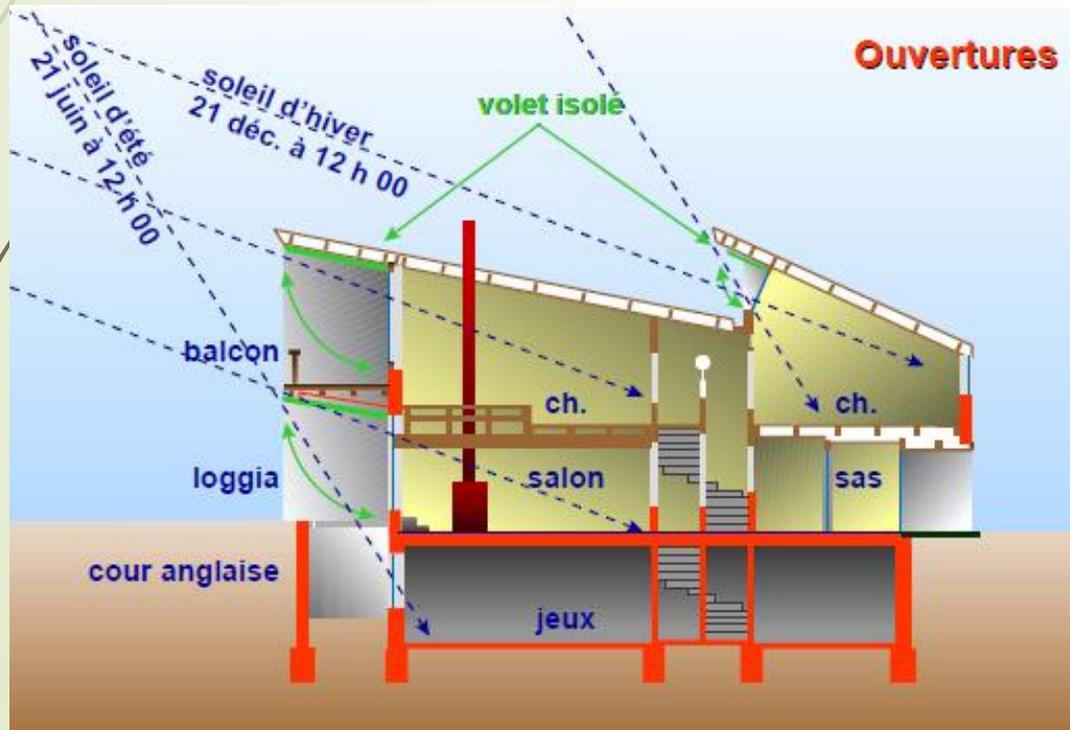


-
- Réinventer l'urbanisme
 - Améliorer la qualité de l'air
 - Favoriser la biodiversité
 - Le confort thermique et acoustique
 - La rétention des eaux pluviales
 - Des productions agricoles en ville
 - La réduction de la pollution



➤ LES OUVERTURES

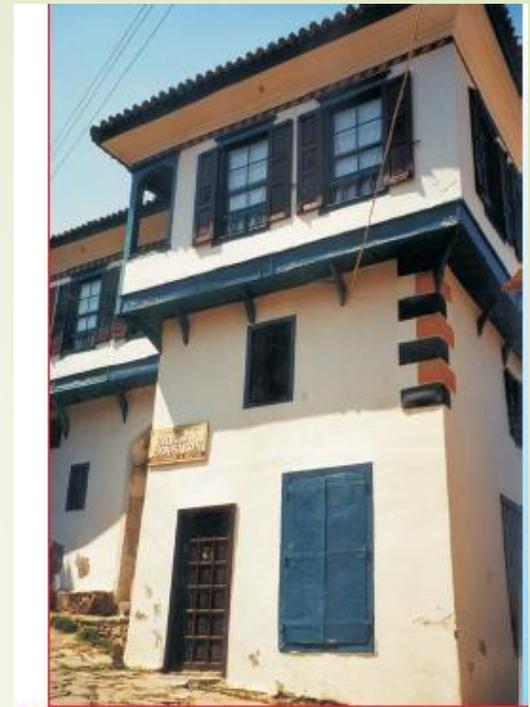
- Les ouvertures sont les moyens de communication de l'édifice: leurs positions, leurs dimensions, et leurs proportions régulent l'entrée de l'air, de la lumière et du soleil.





1 2
4 3

- Laisser pénétrer la lumière
- Capturer l'énergie du soleil
- Ventiler les espaces
- Dissiper la chaleur
- Permettre la vue vers l'extérieur et parfois vers l'intérieur
- Caractériser la façade
- Être en contact avec l'environnement extérieur



2 Les différentes fonctions des ouvertures.

- Eviter l'éblouissement
- Protéger de l'ensoleillement
- Protéger de la poussière
- Isoler du bruit
- Protéger du froid et de la chaleur
- Protéger des infractions

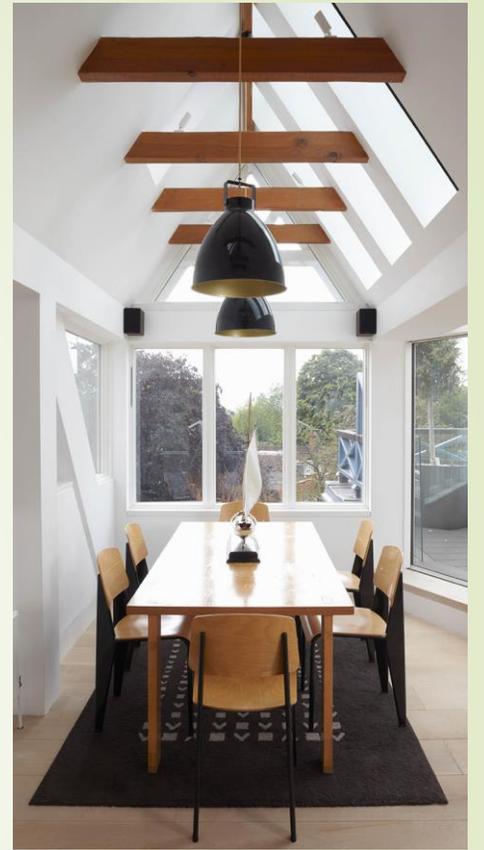
➤ LES PUIITS DE LUMIÈRE, PATIOS ET CONDUITS DE LUMIÈRE

➤ Les puits de lumière:

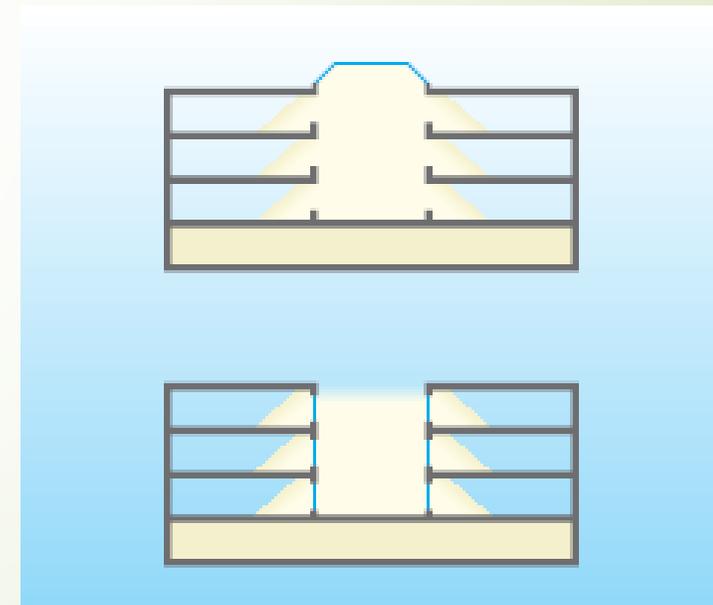
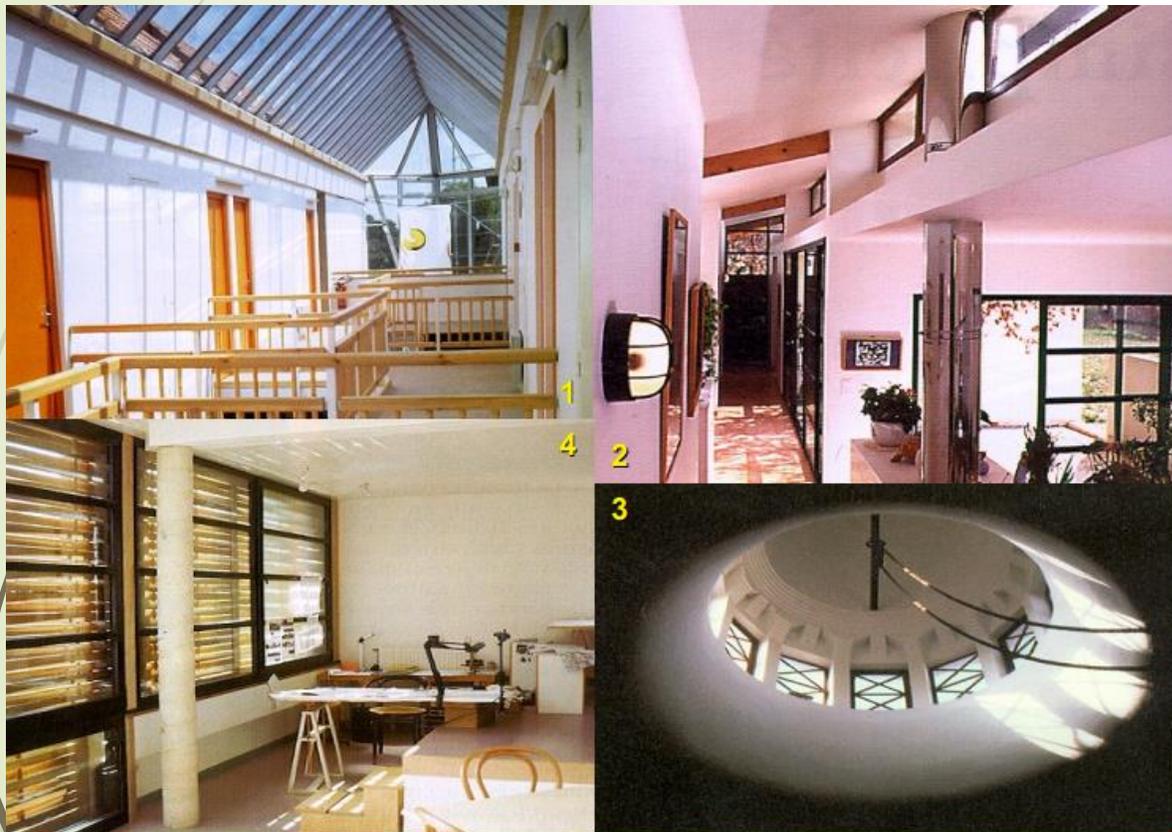
Est une ouverture zénithale vitrée (au plafond) qui permet de laisser passer la lumière du jour et de la diffuser à l'intérieur du bâtiment.

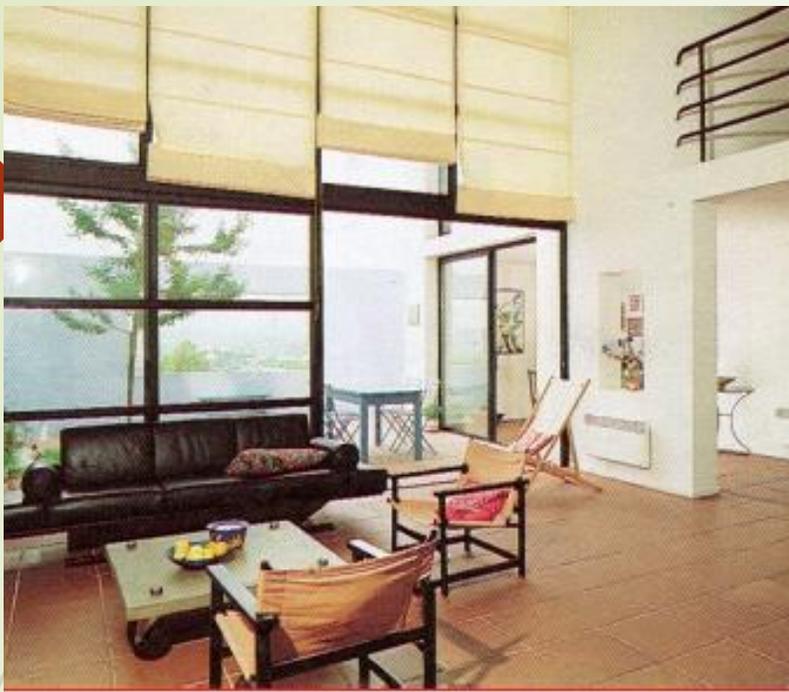
Il est constitué d'une vitre ou d'un dôme collecteur de lumière naturelle et d'un diffuseur qui est souvent de couleur blanche.



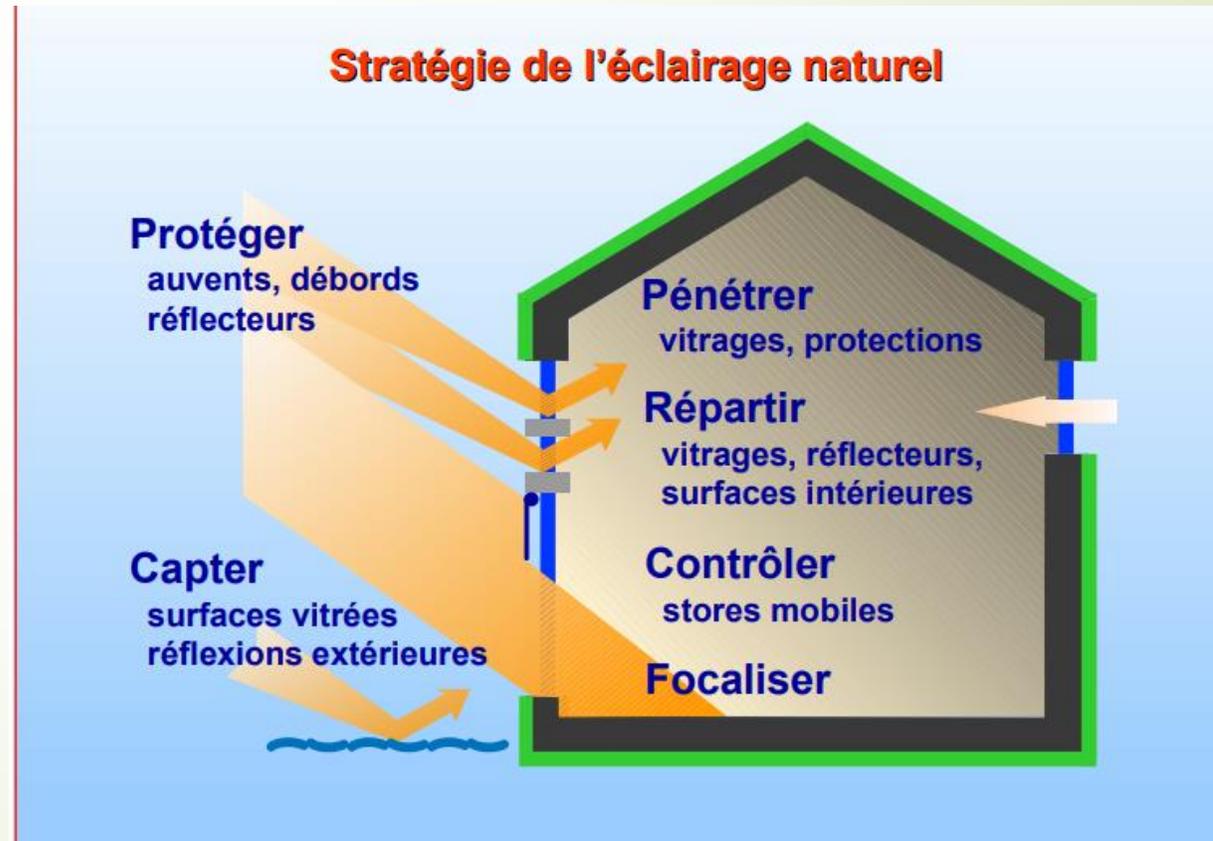


La lumière naturelle peut éclairer un espace de manière directe ou indirecte, latérale ou zénithale. Elle peut également être contrôlée ou filtrée.



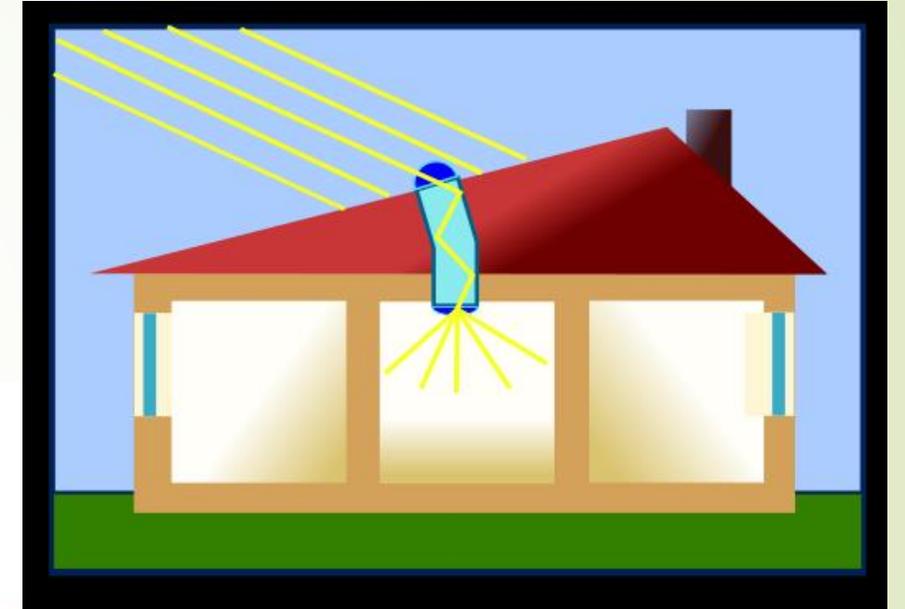
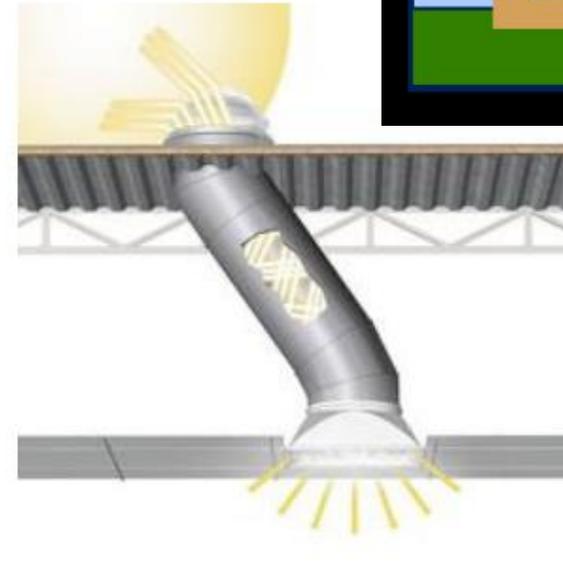


- Eclairage naturelle: mieux capter et faire pénétrer la lumière à l'intérieur, mieux la répartir et la focaliser,
- Eviter l'inconfort visuel



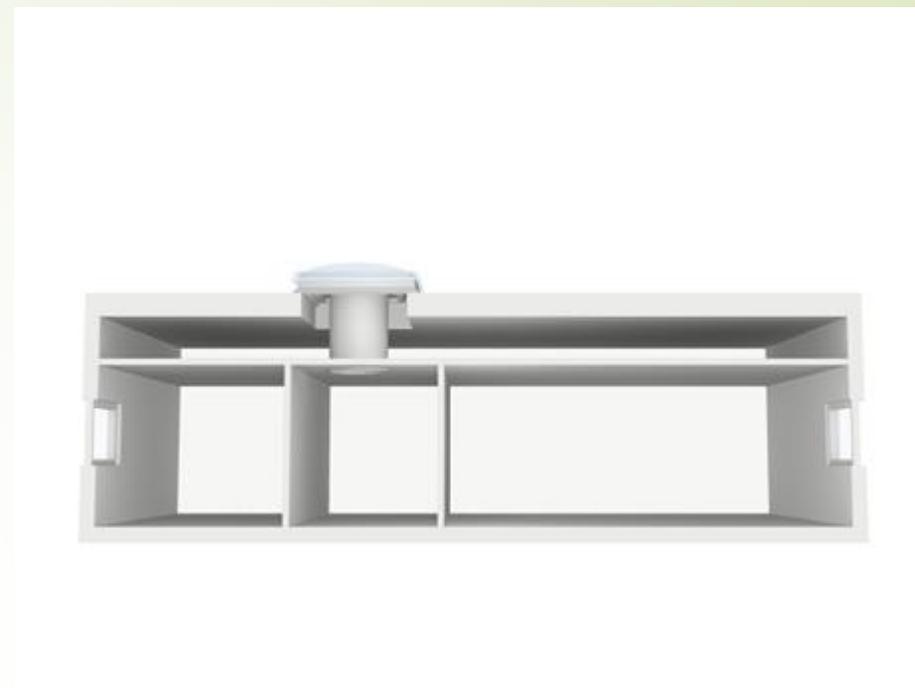
► Un conduit de lumière:

Est un tube dont les parois intérieures sont réfléchissantes, permettent de transporter efficacement la lumière naturelle sans transmission de chaleur vers des pièces non vitrées.





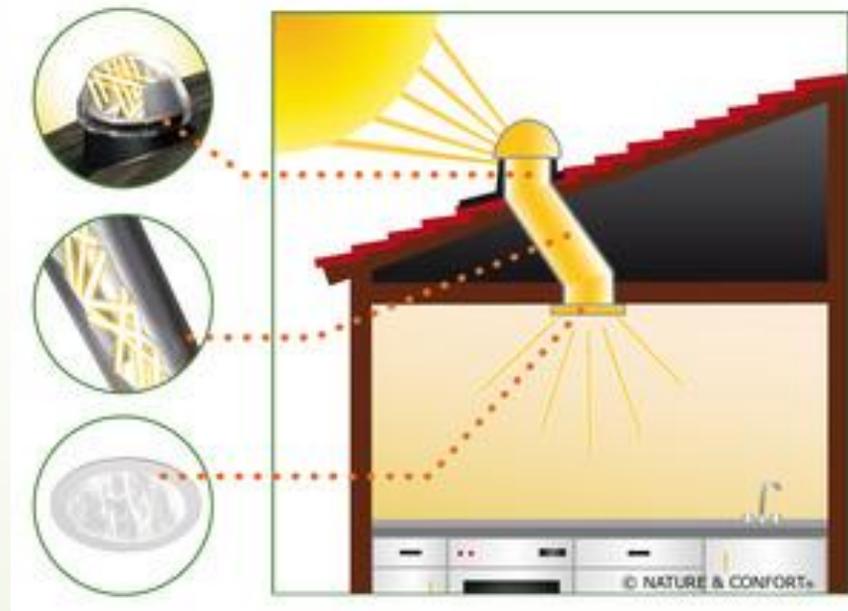
Puits de lumière pour toit en pente

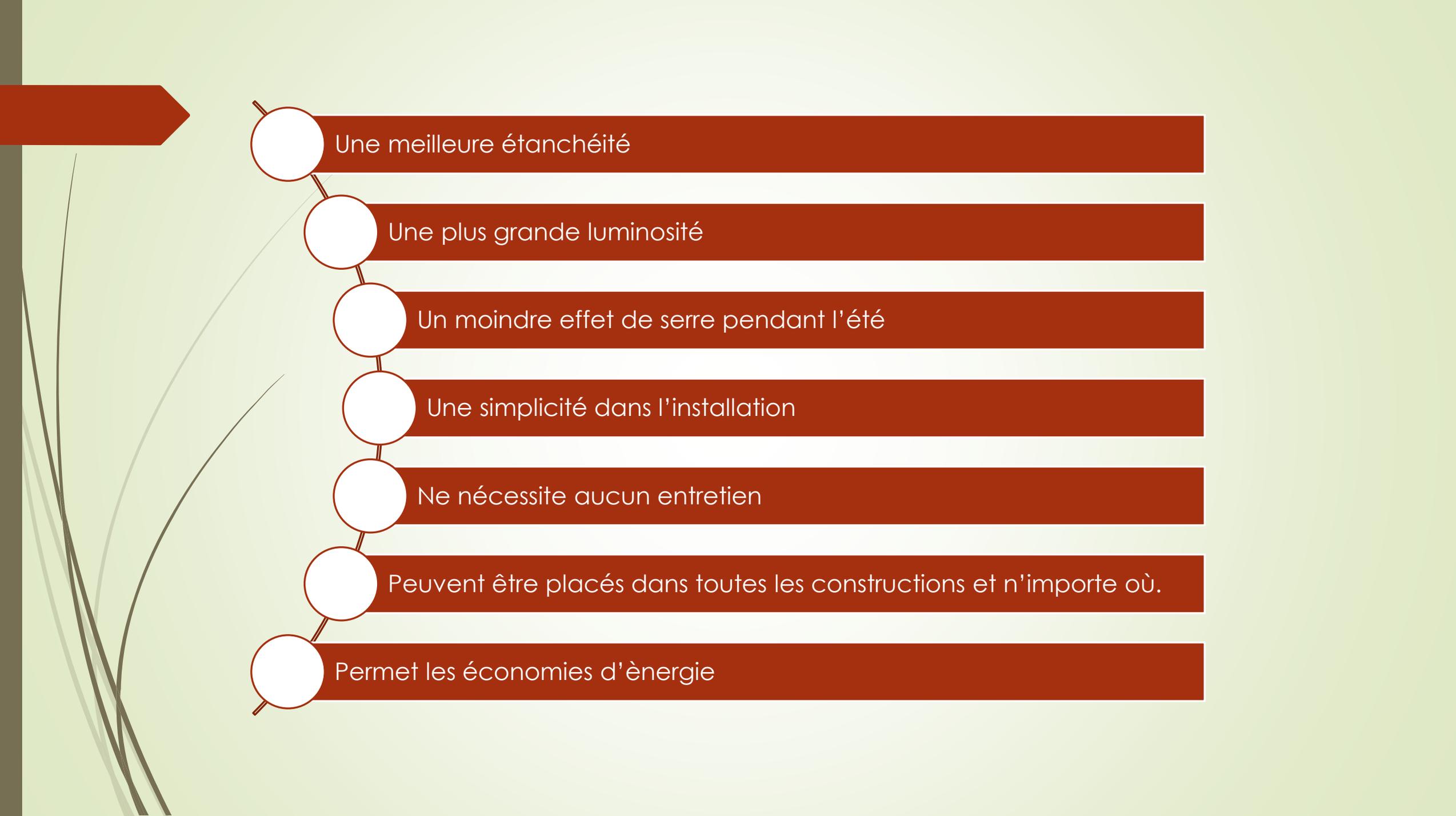


Puits de lumière pour toit plat



- Le conduit de lumière est de conception très simple.
- Un dôme, monté sur le toit au plus près du faîtage, reçoit la lumière du soleil et la concentre via une lentille
- Certains conduits de lumière possèdent des prismes optiques pour une collecte à angles faibles.
- À l'intérieur, on pose au plafond de la pièce aveugle un plafonnier destiné à diffuser la lumière naturelle.
- L'étanchéité extérieure est assurée par un solin d'étanchéité placé sur le toit.



- 
- Une meilleure étanchéité
 - Une plus grande luminosité
 - Un moindre effet de serre pendant l'été
 - Une simplicité dans l'installation
 - Ne nécessite aucun entretien
 - Peuvent être placés dans toutes les constructions et n'importe où.
 - Permet les économies d'énergie

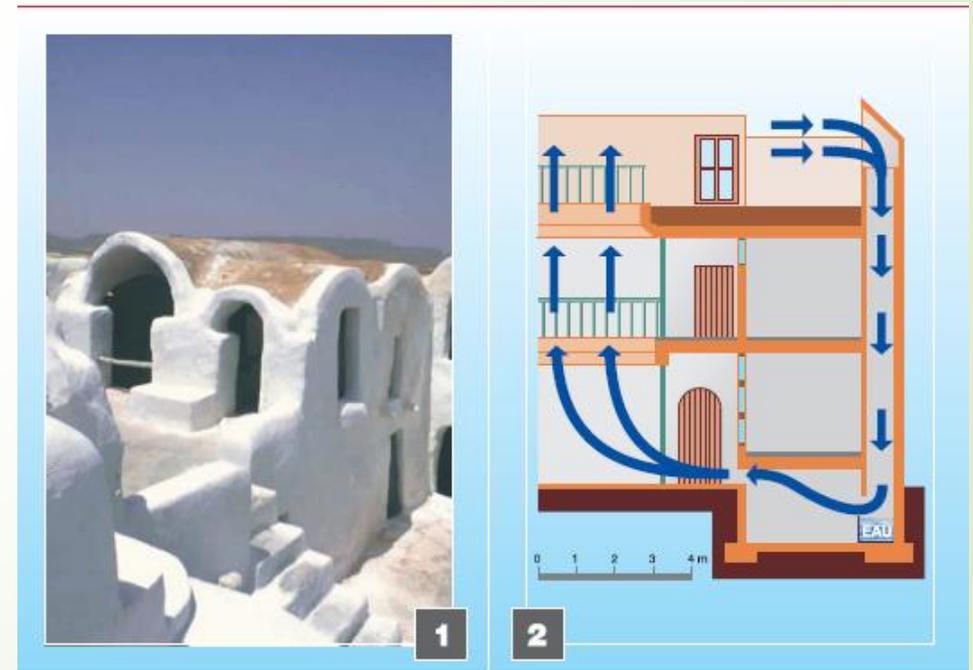
Le patio

- Le patio est une cour intérieure à ciel ouvert qui occupe une position centrale dans le bâtiment, ayant un rôle fonctionnel et social.
- Il comporte fréquemment des plantes et/ou un bassin en son centre dont l'évaporation participe à un rafraîchissement naturel.



➤ LES TOURS À VENT

- Les tours à vent sont des dispositifs architecturaux traditionnels, Ils apportent de l'air neuf, rafraîchi, parfois humidifié et participent à l'évacuation des chaleurs internes du bâtiment





➤ LES PROTECTIONS SOLAIRES INTÉRIEURES

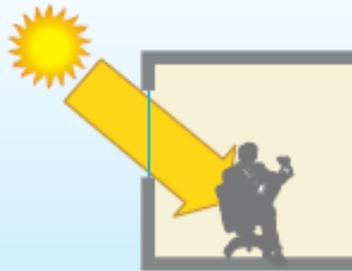
- Une protection solaire intérieure a pour objectif de casser le rayonnement solaire afin qu'il n'arrive pas sur les occupants et de favoriser le confort visuel en limitant l'éblouissement.
- Elles sont moins efficaces que les protections extérieures contre les surchauffes solaires puisqu'elles laissent le rayonnement entrer dans les locaux.
- Il existe plusieurs stores:
 1. Les stores enroulables en toile.
 2. Les stores à lamelles verticales.
 3. Les stores vénitiens.



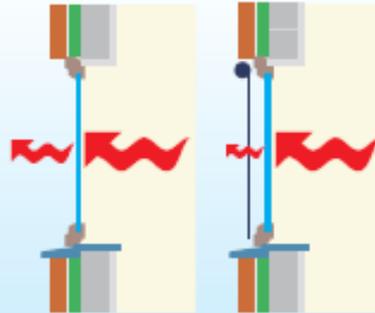
La limitation de l'éblouissement



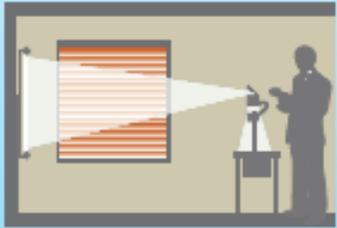
La diminution des surchauffes



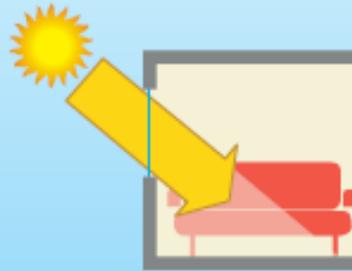
La suppression de l'insolation directe



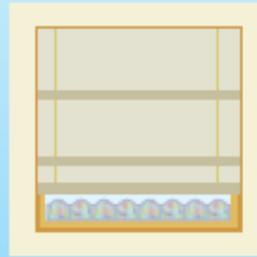
Augmenter le pouvoir isolant de la fenêtre



Assurer l'intimité des occupants ou occulter un local



Eviter la décoloration de certains matériaux



Décorer la fenêtre

- La limitation de l'éblouissement
- La diminution des surchauffes
- La suppression de l'insolation directe
- Augmenter le pouvoir isolant de la fenêtre
- Assurer l'intimité des occupants
- Eviter la décoloration de certains matériaux



Store vénitien intérieur



Store intérieur à lamelles verticales



Stores toile

- Les protections **intérieures** ne seront efficaces contre les surchauffes que si elles repoussent les rayons du soleil ayant traversé le vitrage. Pour cela, elle doit être non absorbante et réfléchissante.
- L'installation de protections solaires **intérieures** limite souvent les possibilités d'ouverture des fenêtres. Les protections peuvent être fixées aux ouvrants.



Le store vénitien



Le store à bandes verticales



Le store bateau



Le store à enroulement (*enrouleur*)



Le store plissé



Store d'intérieur pour verrière

➤ LES PROTECTIONS SOLAIRES EXTÉRIEURES

- A pour but de limiter les apports solaires dans les locaux pour réduire les besoins en climatisation et de favoriser le confort visuel.
- Le rayonnement est arrêté avant qu'il ne pénètre dans les espaces.
- Le choix du type de protection dépend de la fonction de l'espace:
 1. Conserver la vue à l'extérieur pour un espace donnant sur un jardin.
 2. Éviter l'éblouissement lorsque le soleil est bas dans des espaces de travail.
- Cela dépend aussi de l'orientation des fenêtres.
- Sont conçues en fonction de la course solaire pour être efficaces en été et ne pas contrarier l'arrivée du rayonnement solaire en hiver.



Stores verticaux



Stores horizontaux



Protection solaire



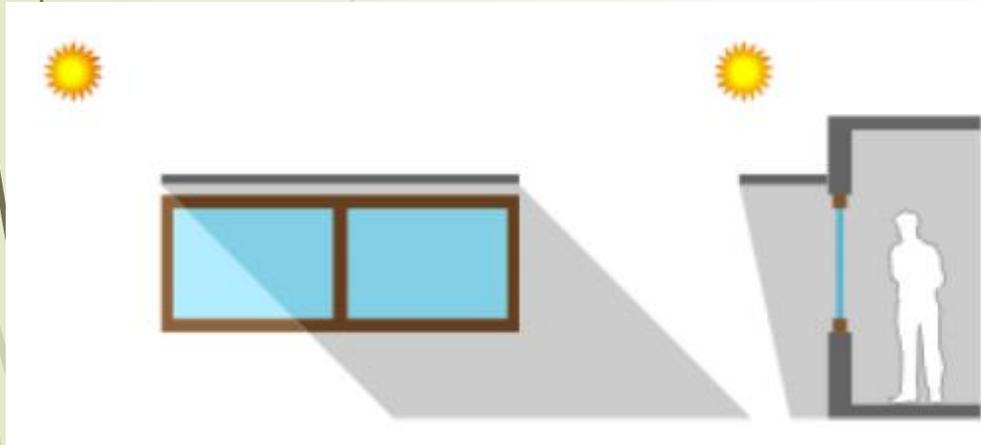
Panneaux

- Il existe différents types de protections extérieures:

1. Les brises soleils fixes:

C'est généralement des lames en aluminium ou de maille métallique disposés sur un châssis.

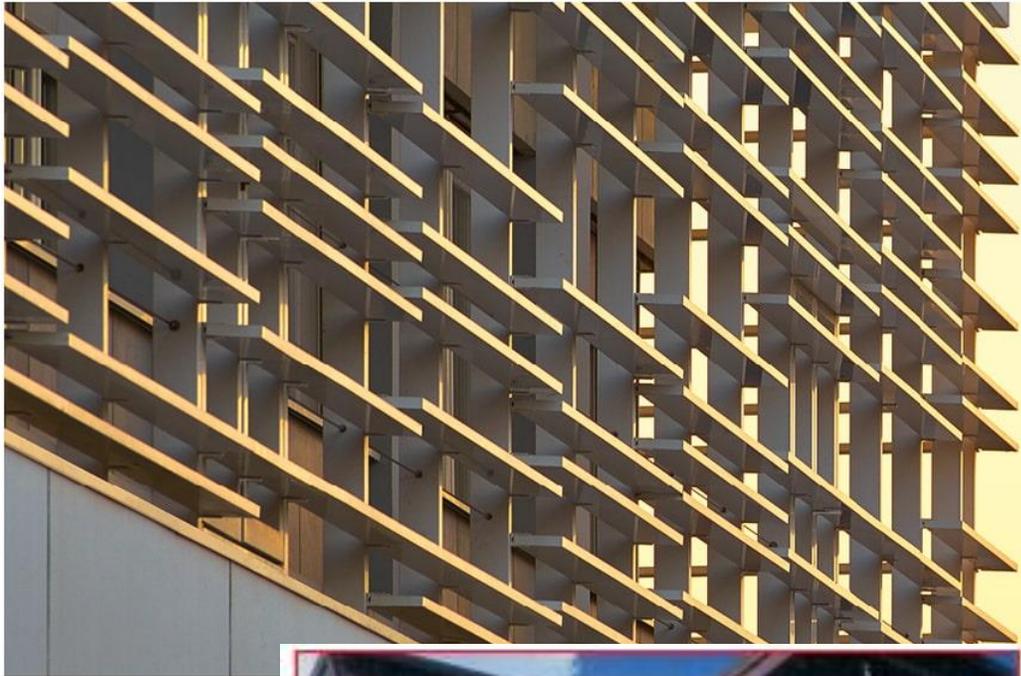
- Horizontale*, perpendiculaire au plan de la fenêtre, pour les façades sud.



- Verticale*, perpendiculaire au plan de la fenêtre pour les façades est et ouest.



Protection solaire verticale (Bureaux St Denis)



- *Parallèle au plan de la fenêtre:*

On parle de claustra, mais cette protection fait baisser la luminosité toute l'année, fait peu d'ombrage et ne règle pas le problème de l'éblouissement.

2. Les stores:



Le store à projection



Le store banne



Store de toiture de véranda/verrière



Le store vertical d'extérieur

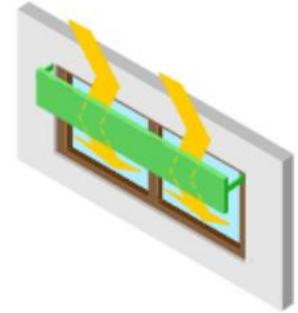
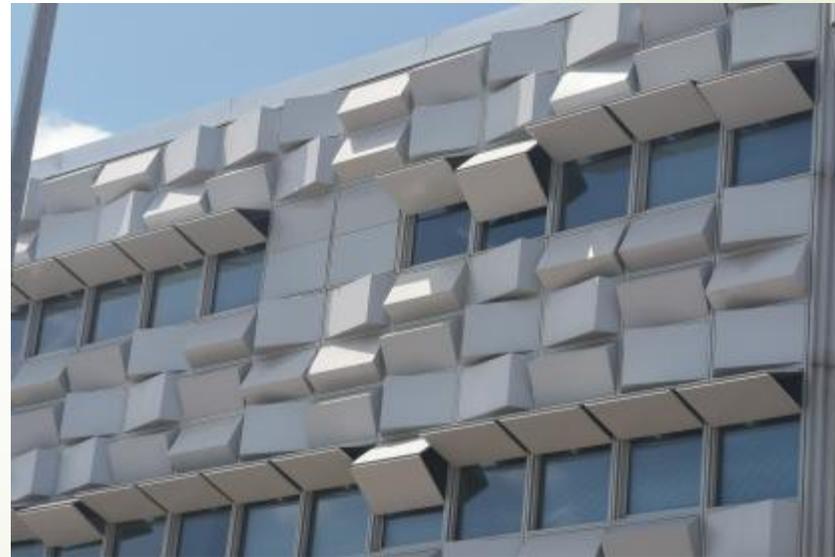


Schéma de claustra

3. Les panneaux coulissants:



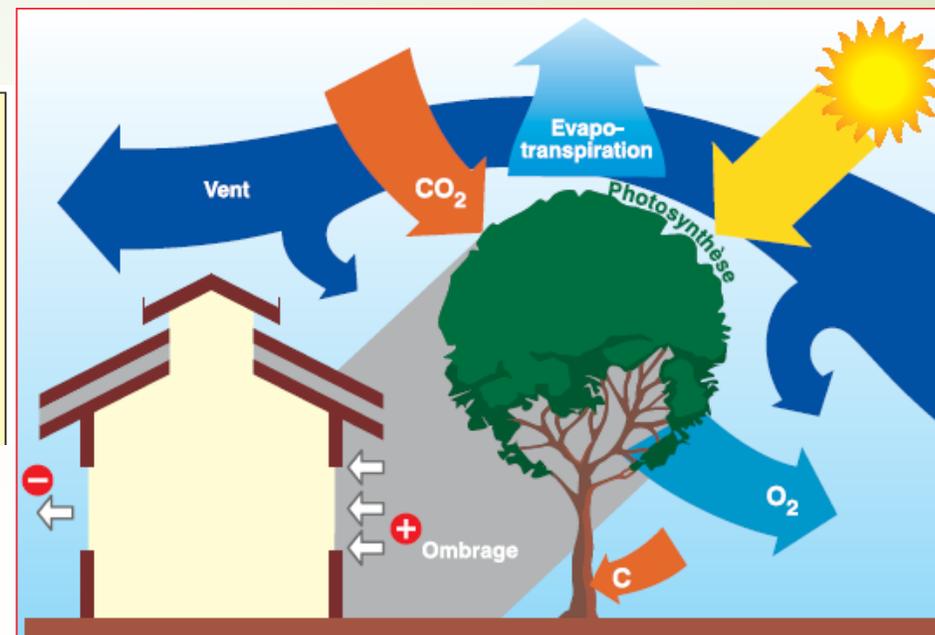
4. protection escamotable : placée de manière fixe au début de l'été et démontée une fois les chaleurs estivales passées ;



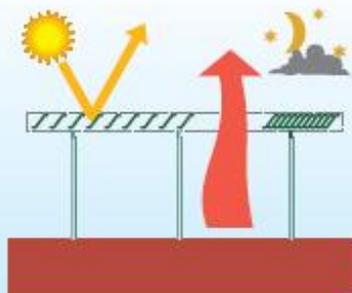
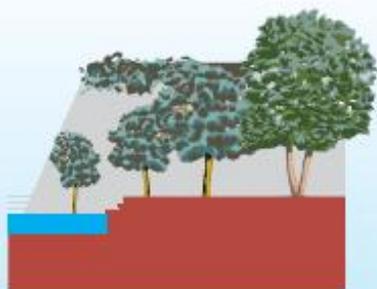
5. Les protections solaires naturelles :



La végétation permet l'ombrage, filtre les poussières en suspension, fait écran aux vents tout en favorisant la ventilation, oxygène l'air et le rafraîchit par évapotranspiration.



Les plantations aux abords des bâtiments diminuent les rayonnements solaires directs, réfléchis et diffus. Conjuguées à l'eau, elles favorisent un micro-climat d'air rafraîchissant.





Merci pour votre attention

