



ECOLE
NATIONALE
SUPERIEURE
D'**A**RGHITECTURE
DE
PARIS **L**A **V**ILLETTE

SCIENCES ET TECHNIQUES POUR L'ARCHITECTURE

licence

3eme année Unité d'enseignement UEL5 14

**MAITRISE DES AMBIANCES 3
THERMIQUES**

6 décembre 2013

MARIA LOPEZ DIAZ

sommaire

- Ventilation continuation
- Rafraîchissement, techniques, exemples

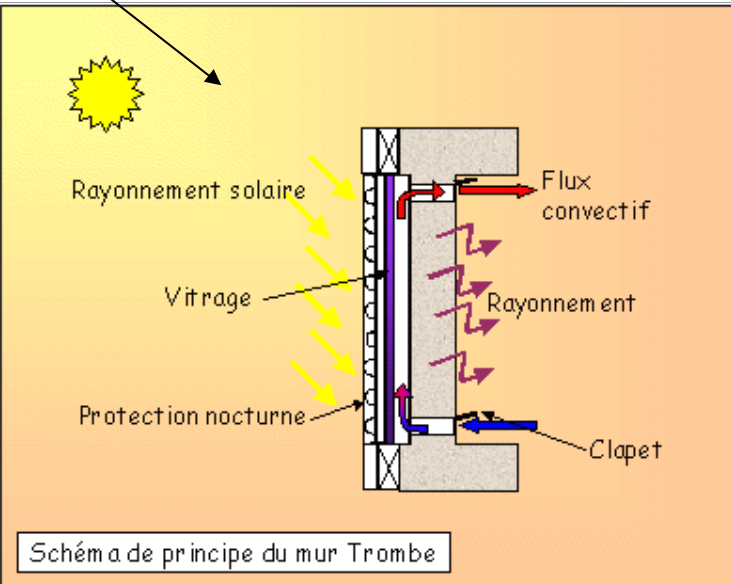
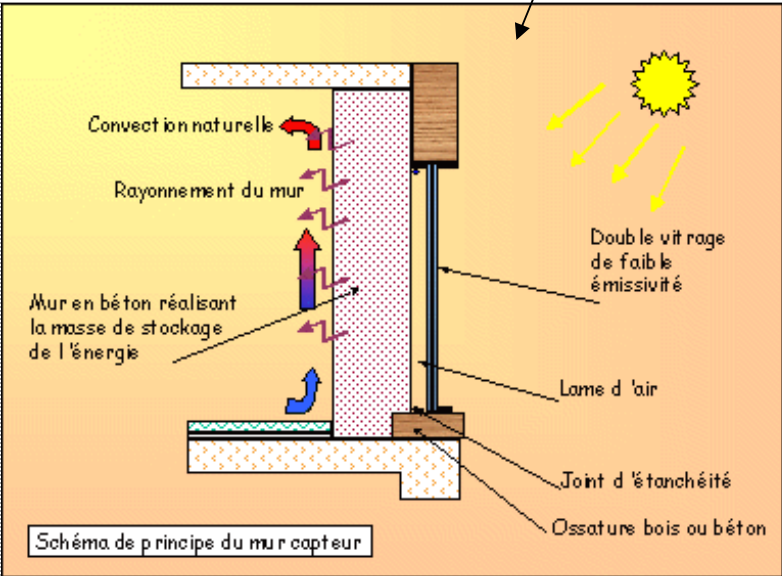
Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux

murs trombe : chauffage d'hiver + ventilation d'été

Murs capteurs

Murs trombe



Conception des espaces intérieurs

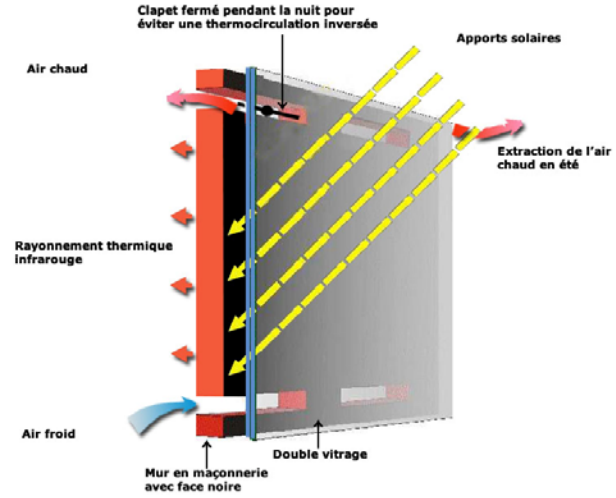
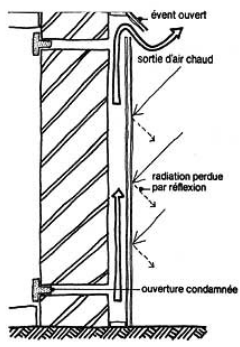
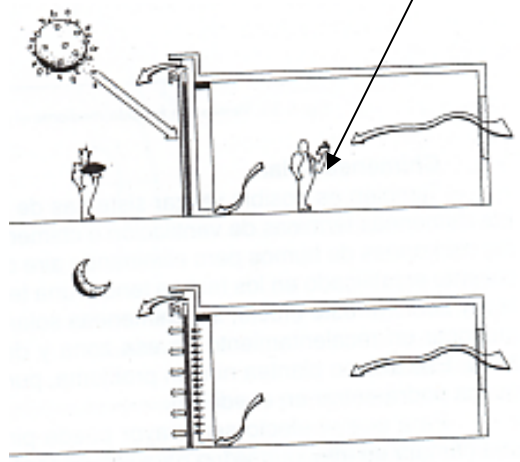
Ventilation des locaux

murs trombe : chauffage d'hiver + ventilation d'été

Soleil sur la façade:

réchauffement de la surface et de l'air en contact avec cette surface... attention si on ne protège pas en été production de chaleur!

En été, si bien utilisés, en chauffant l'air on peut obtenir une augmentation de la vitesse en produisant de façon naturelle une ventilation



Conception des espaces intérieurs

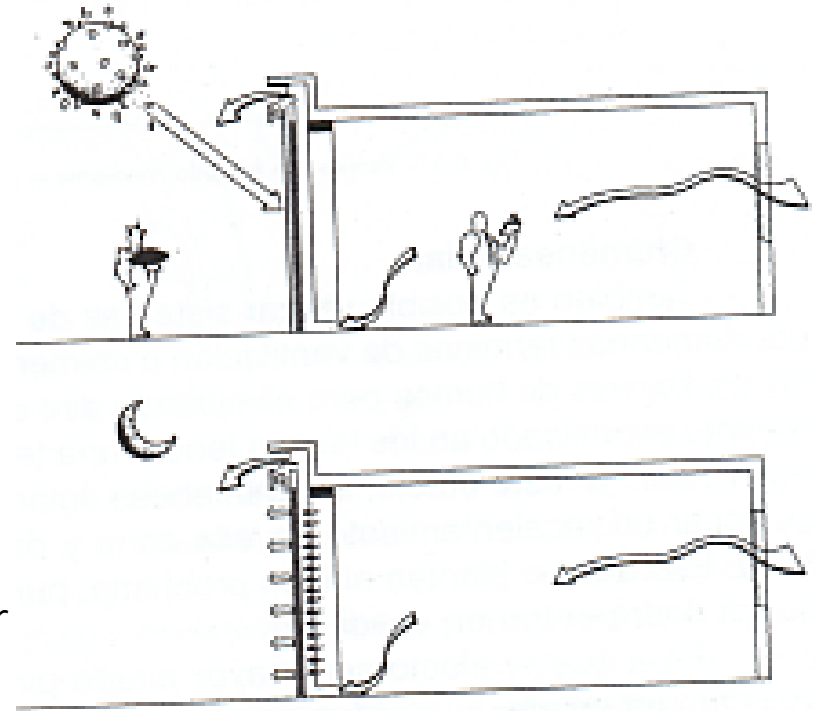
Ventilation des locaux

murs trombe : chauffage d'hiver + ventilation d'été

On devra les protéger du soleil pendant le jour (à l'inverse qu'en hiver, qu'on doit protéger la nuit..) L'utilisation de grilles de ventilation sera différente. La grille supérieure qui permettait l'entrée d'air chaud dans les locaux (pour l'hiver) au niveau du plafond doit rester fermée pour une ventilation d'été! Cette fois ci pour la ventilation d'été nous avons besoin d'une grille aussi haute, mais connectée avec l'extérieur

L'air chaud produit à l'intérieur de l'espace entre le mur et la vitre va monter et s'échapper par la grille supérieure vers l'extérieur. La dépression qui se produit à l'intérieure va produire une succion de l'air des locaux adjacents, et de la façade opposée..qui se trouve au nord

Néanmoins nous avons intérêt de d'avoir moins de mouvement d'air en protégeant du soleil directe la façade sud pour éviter des gains de chaleur...avec une ventilation plus faible...





Mur trombe de la bibliothèque universitaire des sciences de Versailles

les architectes parlent d'une *"carapace nervurée habillant le corps en béton brut"*.

Côté sud, point d'entrée de la bibliothèque, un mur Trombe (du nom du physicien ayant inventé ce procédé) **permet une gestion passive du chauffage et de la climatisation en fonction des saisons.**

Conception des espaces

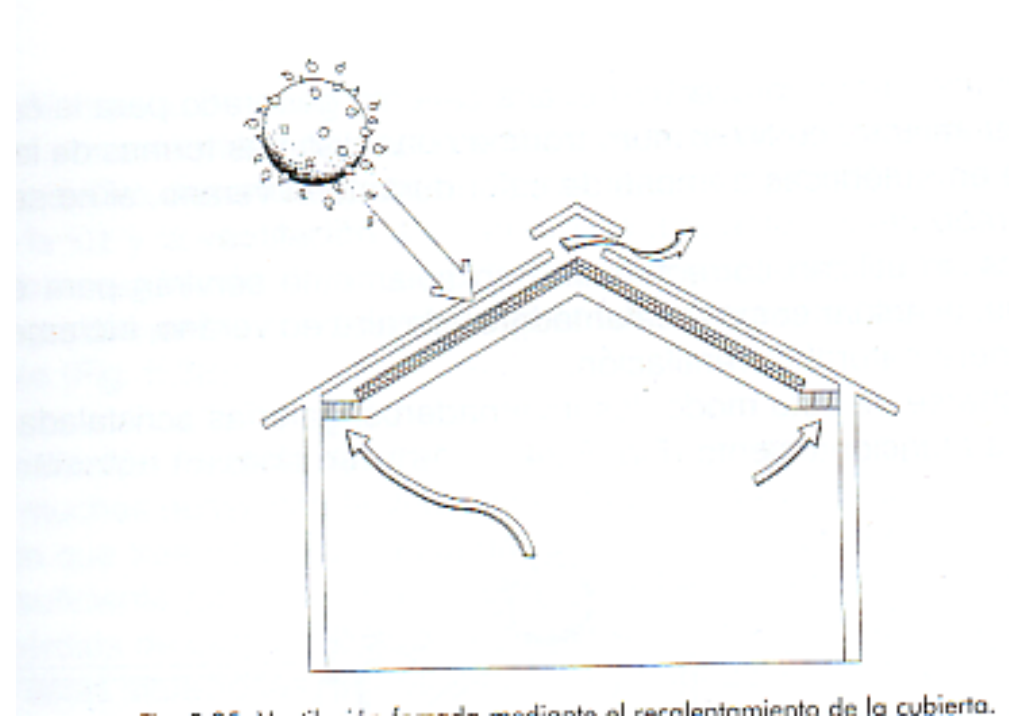
intérieurs

Ventilation des locaux

Couvertures

Elle reçoivent plus de radiation que le reste des parois
Fonctionnement pas intéressant en hivers du moment que l'air chaud produit par la couverture ne va pas descendre de façon spontanée

été : On peut imaginer une ventilation forcée utilisant la surchauffe de la couverture

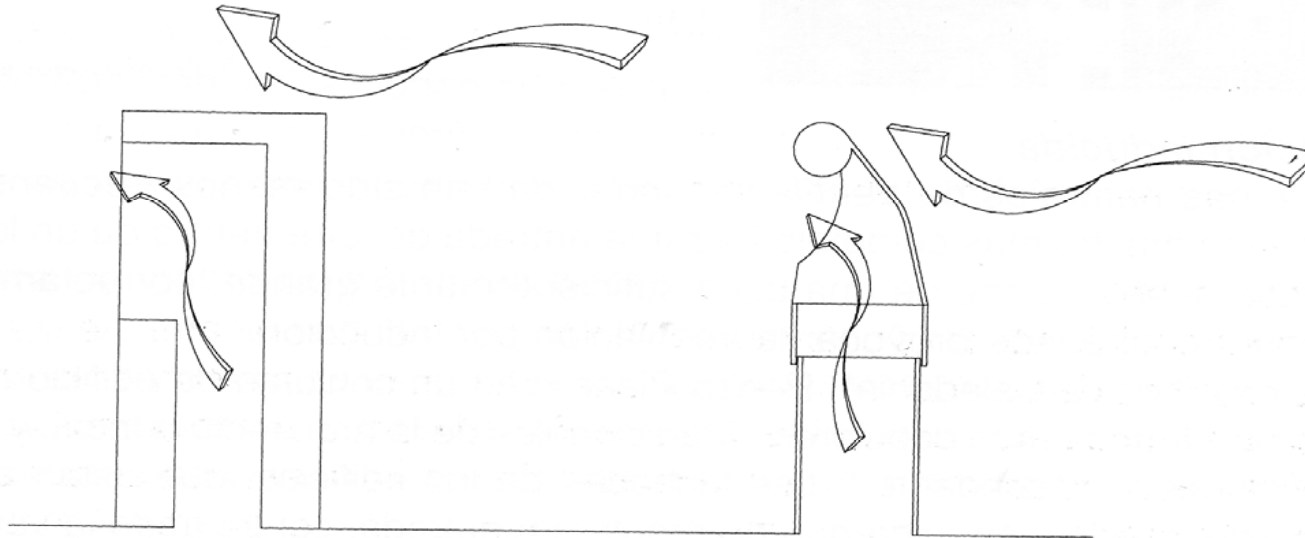


Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux

extraction par effet du vent

- Effet cheminée à l'intérieur du conduit, par l'effet Venturi issue par la circulation du vent à haute vitesse sur la bouche de la cheminée
- Cet effet peut s'améliorer: diverses techniques



Ouverture fixe

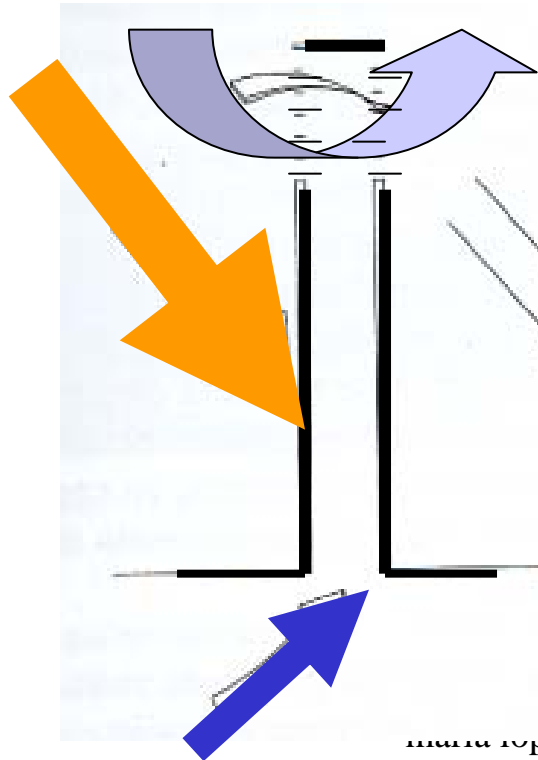
Ouverture mobile

- Une cheminée solaire met à profit le vent créé dans une cheminée par les différences de densité due à l'échauffement de l'air,

Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux

Cheminées solaires



Sa plus simple forme: cheminée solaire constituée d'une cheminée peinte en noir. Pendant le jour, l'énergie solaire réchauffe le conduit de cheminée et l'air contenu à l'intérieur, y créant un appel d'air. L'aspiration ainsi créée à sa base peut être utilisée pour ventiler le bâtiment en dessous.

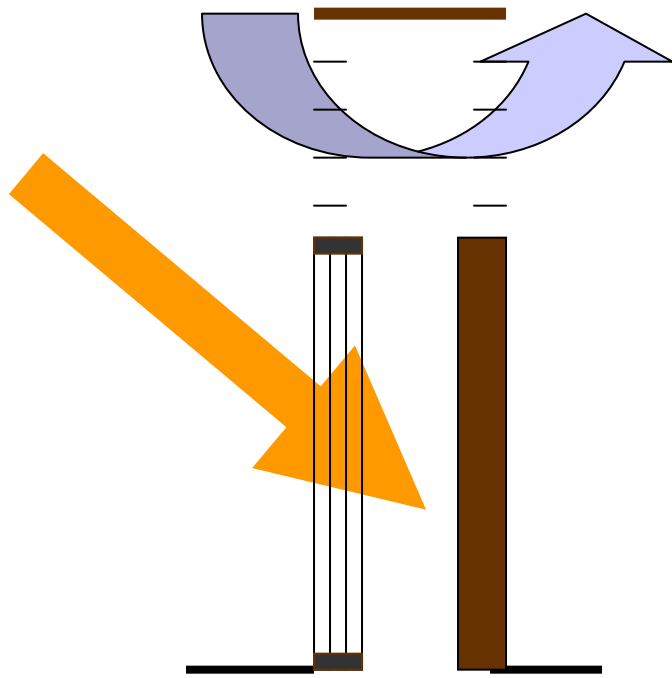
Cheminée métallique
=
effet instantané

Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux

Cheminées solaires

**Cheminée maçonnerie
+
effet de serre avec accumulation**



Conception des espaces intérieurs

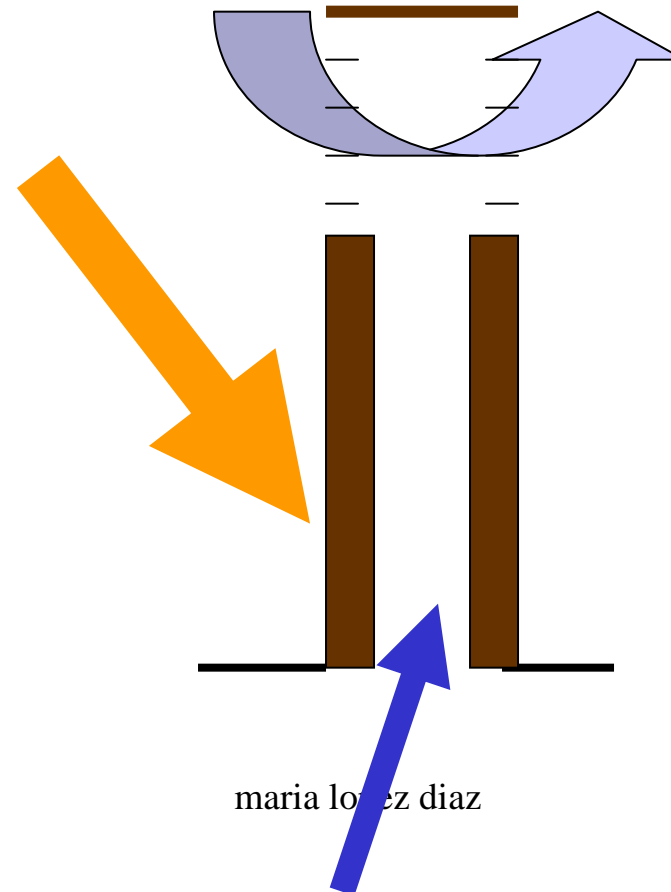
Cheminée maçonnerie

Ventilation des locaux

=

Cheminées solaires

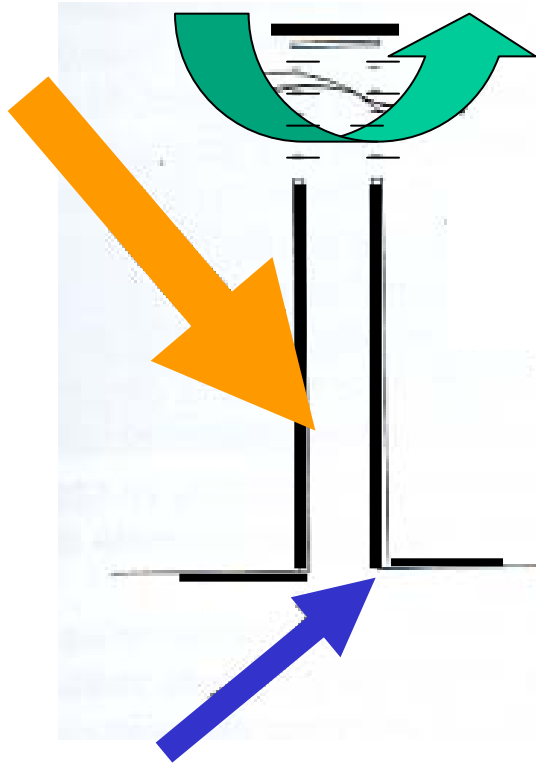
effet décalé



maria lópez diaz

Conception des espaces intérieurs

Ventilation des locaux



**Cheminée métallique
=
effet instantané**

Rafraîchissement passif

Techniques efficaces si elles sont mises en place conjointement avec les techniques de ventilation

Par évaporation

- Parcs et jardins
- Induction de l'air par des masses d'eau

Par radiation

- Toits froids
- Toitures terrasses humides
- Patios
- Façades radiantes

Par conduction

- Surfaces froides
- Tuyaux enterrés
- Constructions enterrées

Par convection

- Ventilation nocturne

rafraîchissement passif

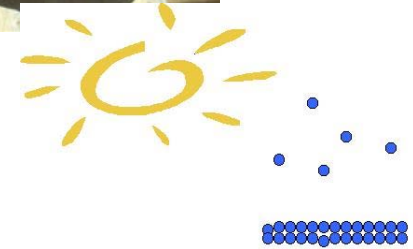


- **Rafraîchissement par évaporation** (ou latent)

- **rappel: Chaleur latente** *C'est la quantité de chaleur nécessaire pour changer l'état d'un corps sans altérer sa température. chaleur pas perceptible par le corps humain*
- *Il s'agit d'un rafraîchissement qui ne fait pas varier l'énergie total du local*
- *pour évaporer un gramme d'eau on a besoin de 2424 J, si on les applique à un m³ d'air ils suffissent pour faire descendre sa température de 2.2°C:*
 - *grande efficacité , mais attention, on a des contraintes importantes: il faut une ambiance suffisamment sèche et que l'eau soit exposée à un courant d'air.*
- *Application pour refroidir l'eau d'un récipient en terre*

Rafrâichissement par évaporation

Peau imperméable à l'eau ne peut pas s'évaporer ...que par cette ouverture le processus d'évaporation va dépenser l'énergie à l'intérieur du pastèque : refroidissement au soleil... j'enlève la couche superficielle chaude...



Parois poreuses... l'eau s'infiltré par les pores et au contact avec l'ambiance extérieure s'évapore en prenant une partie de l'énergie de l'eau intérieure et une autre de l'ambiance et en rafraîchissant le récipient
Je ferme le récipient pour que l'évaporation ne se fasse pas ou elle n'est pas utile
Si humidité élevée: ça ne fonctionne pas... évaporation difficile

si conditions favorables -10°C



maria lopez diaz



Rafrâichissement par évaporation

Constat : fortes chaleurs: on se rapproche des points d'eau

- **Principe du rafraîchissement par évaporation**
- L'énergie nécessaire à l'évaporation de l'eau est extraite de l'air qui en conséquence se refroidit. Ce système gagne en efficacité avec l'augmentation de la température extérieure. Au delà de 30°C, l'air peut se refroidir de plus de 10°C ce qui se traduit par un rendement de rafraîchissement très efficace.
- Dans un rafraîchisseur d'air par évaporation, une pompe fait circuler de l'eau sur des filtres absorbants. Le ventilateur aspire l'air chaud extérieur et le fait passer à travers les filtres humides. L'air est alors refroidit par évaporation.

Rafrâichissement par évaporation

- Pour que le système fonctionne correctement **les bâtiments doivent être bien ventilés afin de pouvoir rapidement évacuer l'humidité engendrée par le système**. Les appareils sont le plus souvent installées à l'extérieur. Un système de gaine permet d'amener l'air dans la zone à traiter. L'air ainsi traité rafraîchi la zone avant d'être évacue par les ouvertures naturelles ou par des systèmes d'extraction.
- Le rafraîchissement de l'air par évaporation convient particulièrement aux grands volumes ainsi qu'à tout bâtiment où les apports thermiques sont importants.
- On peut adapter ce système à n'importe quel type de bâtiment en vue d'améliorer le confort d'été des occupants.

Source http://fr.ekopedia.org/Rafr%C3%A0chissement_adiabatique

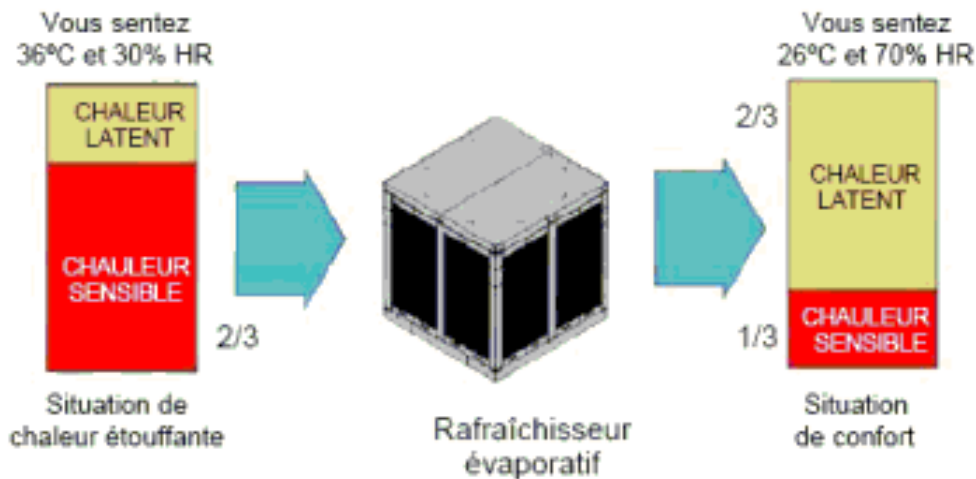


Figure n° 1

Le rafraîchissement par évaporation est un processus adiabatique à enthalpie constante. Il consiste à diminuer la chaleur que nous percevons (chaleur perceptible) et augmenter la chaleur que nous ne percevons pas et que nous évacuons par ventilation (chaleur latente). Un processus qui ne demande pas de variation de chaleur

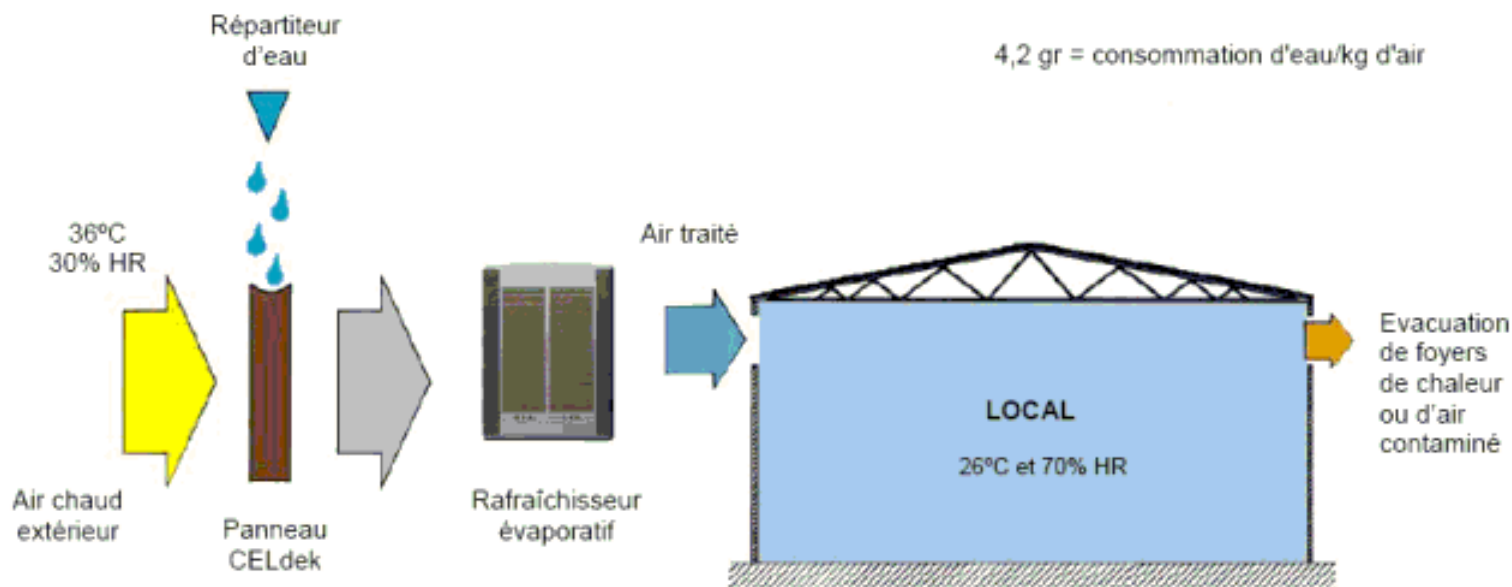


Figure n° 2

Nous faisons circuler à basse vitesse à travers un panneau hygroscopique un débit d'air à 36°C y 30% d'humidité relative. Par ce processus, l'air évapore une partie de l'eau en transformant une partie de la chaleur sensible en chaleur latente, sans aucune variation de l'enthalpie ou de la chaleur totale. A la sortie, l'air diminue sa température pour atteindre 26° C et 70% HR

Rafrâichissement par évaporation

Consommation électrique divisée par 10 environ par rapport à la climatisation traditionnelle.

L'efficacité des appareils augmente avec la température.

La puissance de rafraîchissement est seulement limité par les conditions extérieures. Jusqu'à 70 kW peuvent être obtenus avec 1,5kW absorbé.

Les appareils restent efficaces avec les portes et les fenêtres ouvertes.

Aucun réfrigérant n'est utilisé

Le maintien de l'humidité relative au dessus de 50% permet de réduire l'électricité statique. Une humidité relative comprise entre 50% et 60% est idéale pour la santé du corps humain.

Très peu de pièces en mouvement : Un ventilateur, une pompe de circulation et 3 électrovannes.

Climatisation traditionnelle

Le fonctionnement du compresseur nécessite une quantité importante d'électricité.

Le rendement baisse lorsque la température augmente.

Même les climatiseurs les plus performants peuvent difficilement dépasser un EER de 3,5 soit une puissance de 3,5 kW pour 1 kW absorbé.

L'efficacité des climatiseurs baisse si le local n'est pas parfaitement fermé.

Nécessité d'utiliser des réfrigérants plus ou moins nocifs pour l'environnement.

Le fonctionnement des climatiseurs à tendance à assécher l'air ce qui augmente l'électricité statique. Un air trop sec est également nuisible pour la santé (allergies, irritation des muqueuses, etc.)

Beaucoup de pièces coûteuses en mouvement comme le compresseur.

Attention publicité

Entretien simple et économique.

Fonctionnent avec 100% d'air neuf. L'air vicié est remplacé en permanence par de l'air frais.

Peut fonctionner facilement dans des conditions extrêmes.

Faibles coûts d'installation

Efficacité réduite lorsque l'humidité relative de l'air repris est élevée.

Permet de maintenir une pression positive dans le bâtiment. La chaleur et les poussières ne pénètrent pas dans le bâtiment lorsque l'on ouvre une porte ou une fenêtre.

Entretien coûteux et compliqué.

Très peu d'air neuf. La plus grande partie de l'air est recyclée. Les filtres doivent être nettoyés fréquemment.

Des conditions extrêmes d'utilisation peuvent entraîner l'arrêt du compresseur.

Coûts d'installation élevés

Efficacité réduite lorsque l'humidité relative de l'air repris est élevée. Une partie de la puissance est utilisée pour déshumidifier et non pour le refroidir.

Beaucoup plus difficile et plus coûteux de maintenir une pression positive dans le bâtiment.

Avantages & inconvénients des rafraîchisseurs d'air par évaporation

Attention publicité

Avantages

- Le renouvellement constant de l'air améliore le bien-être des occupants, car il permet l'évacuation efficace des odeurs et des fumées.
- L'eau n'est pas stockée (elle ne circule pas en circuit fermé), cela exclue tout risque de légionellose.
- L'air entrant est filtré, il est donc propre et sain.
- Les rafraîchisseurs d'air par évaporation n'assèchent pas l'air, ce qui procure une meilleure sensation de confort par rapport à d'autres systèmes de rafraîchissement.
- Les coûts d'investissement et d'exploitation sont faibles.
- On peut faire fonctionner le système en « free cooling » (rafraîchissement gratuit) en mi-saison, c'est à dire que l'on fait fonctionner l'amenée d'air neuf sans faire tourner le circuit d'eau et en utilisant donc simplement le pouvoir rafraîchissant de l'air extérieur. Ce système est écologique: il n'utilise aucun réfrigérant (très polluants en général). Il n'a besoin que d'eau potable pour fonctionner.

Inconvénients

- L'humidité apportée dans les locaux habités peut provoquer une gêne si elle met du temps à s'évacuer.
- Le système fonctionne moins bien lorsque le climat extérieur est chaud et humide (climats tropicaux).
En effet, si l'air est déjà chargé en hygrométrie sa capacité à évaporer l'eau est donc à abaisser la température de l'air s'en trouve réduite.
- La température au soufflage est liée à celle extérieure: on ne peut pas maintenir à 15°C une salle toute l'année par exemple.
- http://fr.ekopedia.org/Rafr%C3%A0chissement_adiabatique

Attention publicité



Alternative écologique et économique à la climatisation traditionnelle, le rafraîchisseur adiabatique xxxxxx fonctionne sur le principe du rafraîchissement par évaporation d'eau.

L'air neuf traverse des filtres humidifiés pour abaisser la température de 7 à 15°C.

Peut être installé en toiture ou façade pour traiter un poste de travail ou un volume complet. Tout type de diffusion pour surfaces de 50 à 1200 m² par unité (Débit 2500 à 60000 m³/h).

rafraîchissement passif

- **Climatiseur évaporatifs:**
 - **Zones climatiques:** toutes les régions de France sauf celles chaudes et humides comme le Bassin méditerranéen et l'Aquitaine
 - Tous **types** de bâtiments
 - Possibilité d'alimenter en électricité grâce à des capteurs photovoltaïques car les besoins sont faibles..

rafraîchissement passif

Rafraîchissement par évaporation

- **Espaces extérieurs**
- **Espaces intérieurs**

Aujourd'hui : exemples de bâtiments qui intègrent la technique de rafraîchissement par évaporation d'une façon technique

Influence des conditions externes sur le confort à l'intérieur des bâtiments...

Expo Seville 92 Pays bas

façades d'eau + ventilateurs à l'intérieur qui aspiraient l'air chaud et sec évaporant l'eau et en refroidissant l'air d'un façon passive...



rafraîchissement passif

Rafraîchissement **par évaporation**

Pavillon des Pays Bas

Hannover 2000

MVRDV architectes

Exemple contemporain de
rafraîchissement par
induction de l'air a travers
une masse d'eau

(Cheminée de vent en orient)

Un des étages utilisait une
fine couche d'eau qui
devait s'évaporer avec l'air
qui traversait vers
l'intérieur



rafraîchissement passif

Rafraîchissement par évaporation

Le Brumisateur se compose de micro-buses et d'une pompe spécifique à haute pression.

* La pompe propulse à travers des micro-buses des millions de micro-goutellettes d'eau (H_2O) de diamètre de la taille de 5 à 10 microns (1 micron = $1\mu m$, soit 1 millionième de mètre)

* Quand les micro-goutelettes entrent en contact avec l'air ambiant, une réaction thermodynamique se produit: les microgoutelettes vont s'évaporer instantanément dans l'atmosphère.

* La haute pression aide à accentuer ce processus.

* L'eau a besoin d'énergie pour s'évaporer (600 calories de chaleur pour évaporer 1 gramme d'eau)). L'énergie (la chaleur) ainsi utilisé pour produire cette transformation (d'état liquide vers un état gazeux) est enlevé de l'atmosphère. L'air est refroidi.

maria lopez diaz



Espagne 2008 Zaragoza





Saragoza 2008 MLD





Le rafraîchissement adiabatique consiste à refroidir de l'air en évaporant de l'eau

Refroidissement adiabatique : Le refroidissement s'effectue presque parallèlement aux courbes adiabatiques, du diagramme psychrométrique.

C'est le cas lorsque de l'eau est brumisée en fines gouttelettes dans un local, sans qu'il y ait apport de chaleur en même temps, l'énergie nécessaire à l'évaporation de cette eau est retirée à l'air ambiant.

maria lo



Saragoza 2008 MLD



Saragoza 2008 MLD

Conception des espaces extérieurs

Feuilles:

- Évaporation d'eau
- Racines = apportent de l'eau
- Un arbre es capable d'évaporer 500kg d'eau par an par m²de surface externe
- Cela veut dire 1212MJ/m² /an
- Ce qui équivaut à une puissance de rafraîchissement moyen de 40W/m² de surface végétal

• Refer. Bibliog. Pag. 321 arquitectura bioclimatica en un entorno sostenible F. Javier Neila Gonzalez



Saragoza 2008 MLD

La température qu'on ressent à l'intérieur d'un bâtiment est à l'origine la conséquence des caractéristiques micro climatiques qui l'entourent

Un bâtiment entouré de végétation , d'ombre qui fait descendre la température de l'air et du sol aura moins de besoins de climatisation

Conception des espaces extérieurs

rafraîchissement par évaporation

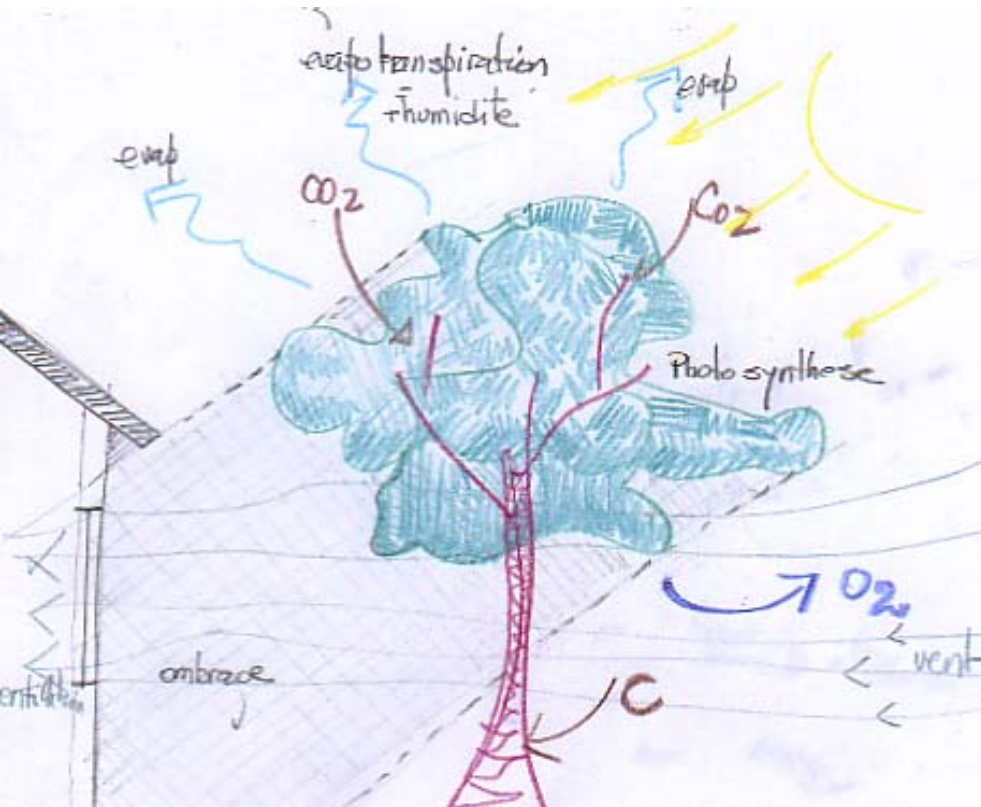
- L'optimisation de l'évaporation de l'eau s'obtiens avec un bon niveau de pulvérisation.
- L'eau d'une fontaine s'évapore mieux que celle d'un étang d'eau...



• L'eau d'une fontaine s'évapore mieux que celle d'un étang d'eau...

• Calatrava

• Valence MLD



La végétation oxygène et rafraîchit l'air par évapotranspiration, elle filtre aussi les poussières en suspension. La végétation à travers son système d'évapotranspiration fait des apports d'humidité à l'air, le mécanisme d'évaporation consomme de l'énergie, ce qui se traduit par une baisse de la température en adoucissant les températures d'été ..





Rafraichissement par radiation

1. Toits froids
2. Toitures terrasses humides
3. Patios
4. Façades radiantes

Conception des espaces extérieurs

rafraîchissement par radiation

- Lorsque le système de rafraîchissement réduit réellement la quantité d'énergie d'un local on peut parler de **rafraîchissement sensible**
- Pour l'obtenir, c'est à dire élimination directe d'énergie, et de ce fait réduction de la température , il faut avoir **un focus froid** qui ait une température suffisamment au dessous de celle que nous voulons obtenir, et avec une masse suffisamment grande qu'elle ne s'altère pas au moment de lui donner la chaleur de laquelle nous voulons nous débarrasser:
- 3 possibilités:
 - Voûte céleste rafraîchissement par **radiation**
 - Le terrain : rafraîchissement par **conduction**
 - L'air qui nous entoure: rafraîchissement par **convection**

Conception des espaces extérieurs

rafraîchissement par radiation

- Tous les corps du fait d'avoir une température différente à 0 absoluradient de l'énergie
- Celui qui a plus d'énergie donne à celui qui en a moins

La voûte céleste , qui est a une température extrêmement basse reçois de l'énergie des bâtiments, du sol que l'entoure.

Ce phénomène se produit dans des nuits étoilées d'été...même si les journées ont été chaleureuses la nuit nous avons besoins de vêtements qui limitent notre radiation vers la voûte céleste...nous sommes des émetteurs..

Conception des espaces extérieurs

rafraîchissement par radiation

– Pour réussir des systèmes de re irradiation ou de radiation nocturne effectifs il faut disposer de conditions environnementales adéquates:

- Milieu propre pas contaminés,
 - secs,
- sans humidité excessive,
 - sans nuages

(Ses éléments absorbent et rendent à la terre l'énergie)

=

Climats désertiques

Conception des espaces extérieurs rafraîchissement par radiation :

Toitures froides

- surfaces plus adéquates pour irradier vers la voûte céleste: **toitures terrasses**
- Les surfaces **plus émissives** en ce qui concerne les infrarouges seront les plus adéquates
- Les **émissivités plus hautes**, de l'ordre du 0.90 à 0.98 peuvent s'obtenir avec presque tout genre de finitions à l'exception des surfaces argentées, des surfaces « miroir » qui peuvent être de l'ordre du 0.05, métaux polis 0.25
- La **surface extérieur de la toiture terrasse va irradier ver la voûte céleste, principalement la nuit en se refroidissant**
- Si on fait circuler de l'air à travers cette TT il pourra être employé postérieurement pour rafraîchir
- pour plus de rendement on peut faire **circuler de l'eau (système similaire à un collecteur solaire) en cumulant l'eau froide dans un réservoir...**L'eau peut passer par le sol ou le plafond radiant ou par une batterie ventilo-covecteur

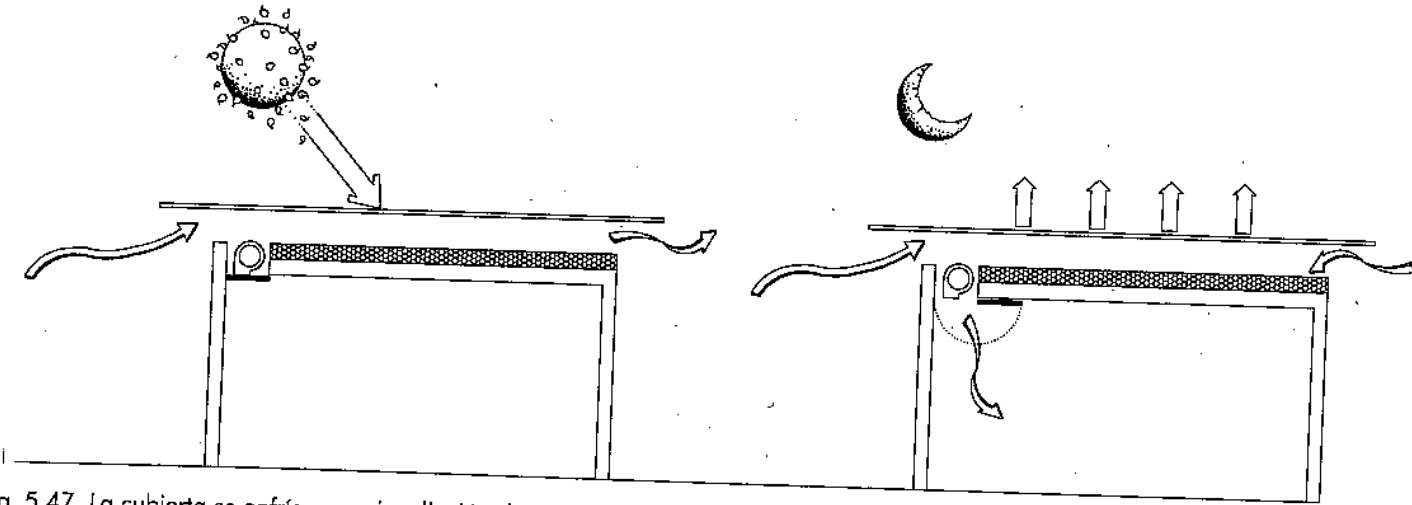
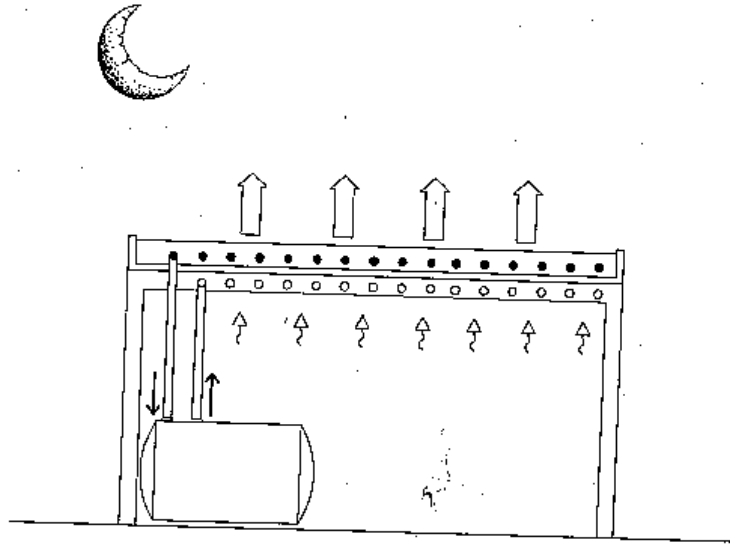


Fig. 5.47. La cubierta se enfría por reirradiación durante la noche. El aire en contacto con esta superficie fría se enfría a su vez y se emplea para el acondicionamiento del local.

**La toiture se refroidit par irradiation pendant la nuit
L'aire en contact avec cette surface froide se refroidit et
est utilisé pour climatiser la pièce**



on peut agir en faisant circuler de l'eau par la toiture, cette eau rafraichit pourra servir pour mettre en place des toitures ou des sols radiants (fraicheur!)

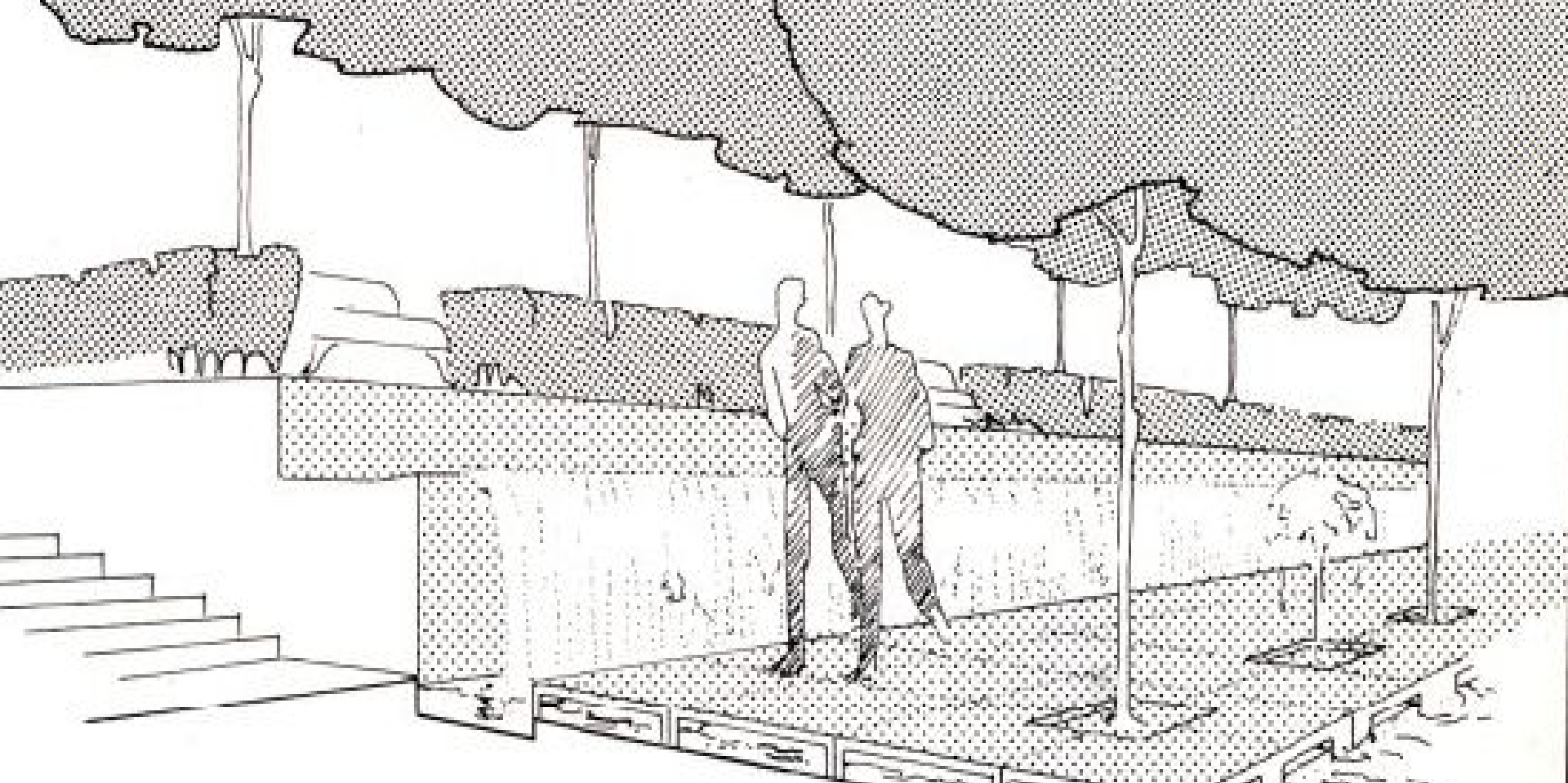
Conception des espaces extérieurs rafraîchissement par radiation : Toitures froides

Puissance de refroidissement:

puissance de re irradiation = radiation+convection - récupération

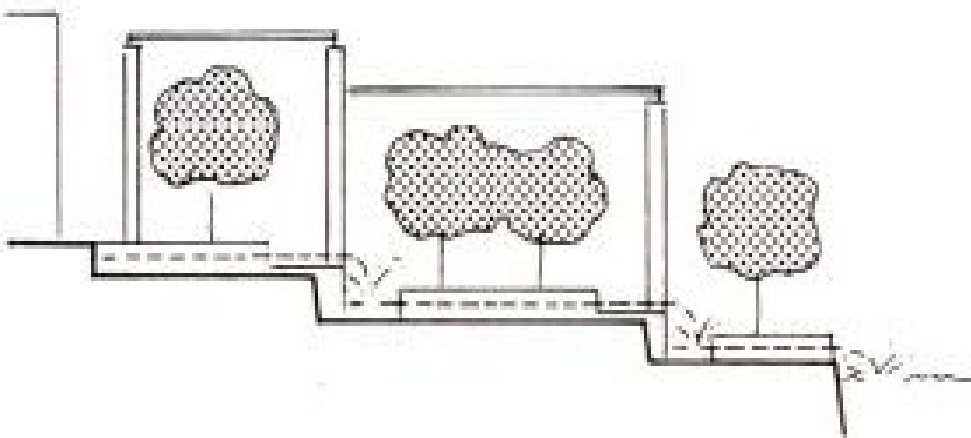
Récupération = énergie qui est absorbé par les particules de l'atmosphère qui radient vers la terre

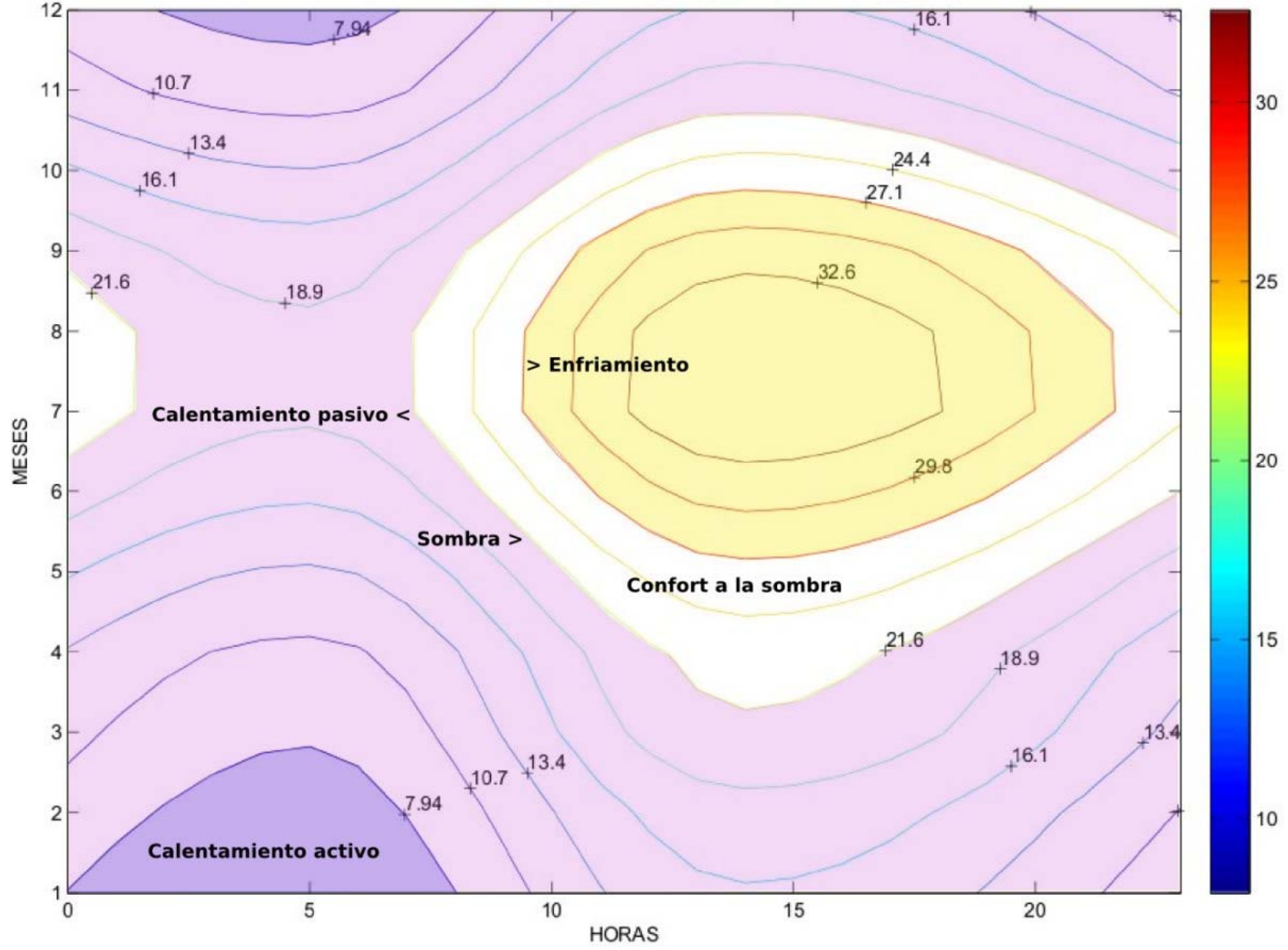
On peut évaluer 50% l'énergie émise par la surface d'origine (comme s'il s'agit d'un corps noir parfait)



Systèmes mixtes

- **Utilisent les températures plus basses en profondeur**
- **végétation**
- **ombre**
- **ventilation**
- **eau**
- **conduits enterrés**





Tours de rafraîchissement évaporatif
Avda de l' Europa
Exposition Universelle Sevilla 1992



Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement passif

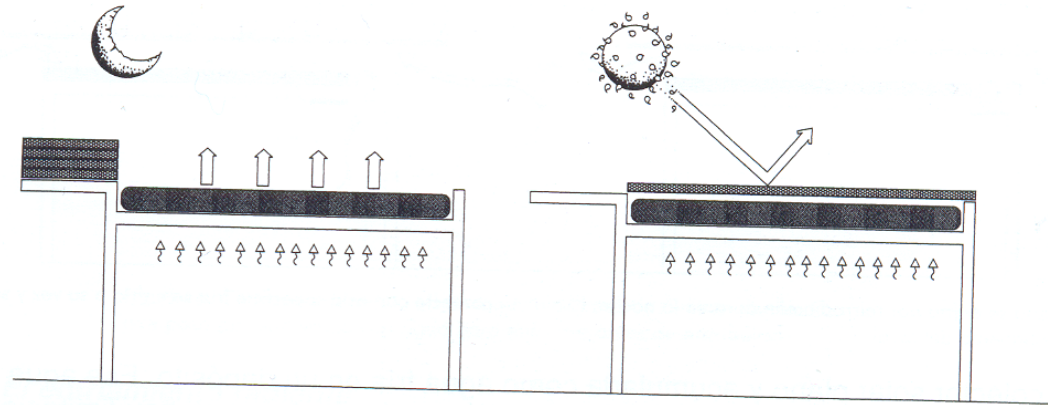


FIGURE 10-10. Passive cooling techniques.

- Par radiation tt « humides »

Pour profiter de la **radiation nocturne** pendant la journée il nous faut une matière qui puisse **cumuler le froid qu'on a obtenu**

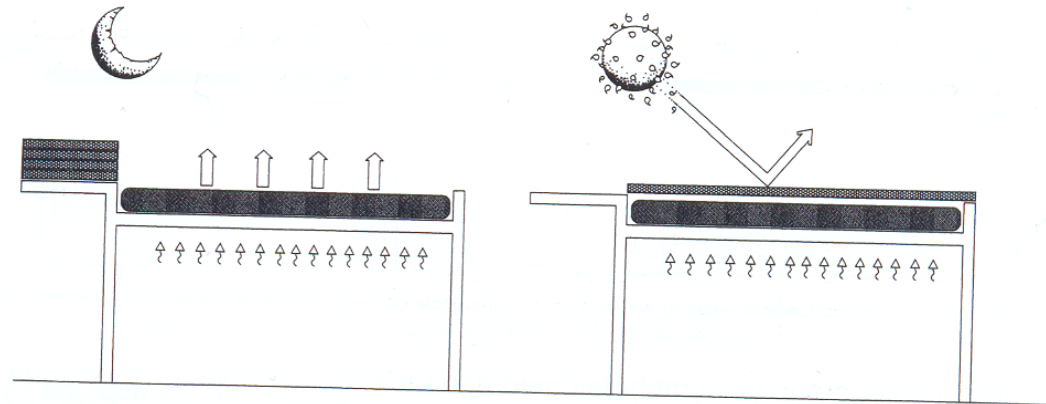
Technique simple: les sacs noir remplis d'eau sur la toiture....

puissance de rafraîchissement (conditions optimales) 85 W/m^2 utilisables pendant les 8 heures nocturnes... le jour on couvre les sacs pour qu'ils ne se réchauffent pas

En 8 heures on peut obtenir une puissance de rafraîchissement de :

$8 \times 85 = 680 \text{ Wh/m}^2$ qu'il faut utiliser pour rafraîchir légèrement un volume d'eau important

Conception des espaces intérieurs rafraîchissement passif



- Par radiation tt « humides »

Si 20 cm d'épaisseur

Inertie thermique de cette eau:

Vol.r.c

$$200l/m^2 * 1kg/l * 4180J/kg^{\circ}C = 836000J/m^2 \text{ (232,22Wh/m}^2\text{)}$$

$$\text{Différence de température} = \frac{\text{puissance de rafraîchissement}}{\text{Inertie thermique}} = \frac{680}{232.22} = 2.9^{\circ}C$$

Cela permet que les sacs se refroidissent la nuit (on peut améliorer le processus en le mouillants ... + rafraîchissement par évaporation .)

$$\frac{680 \text{ Wh/m}^2}{16} = 42.5W/m^2$$

16 heures

puissance réduite qui est intéressante si le bâtiment est bien isolé et protégé des surchauffes

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement passif

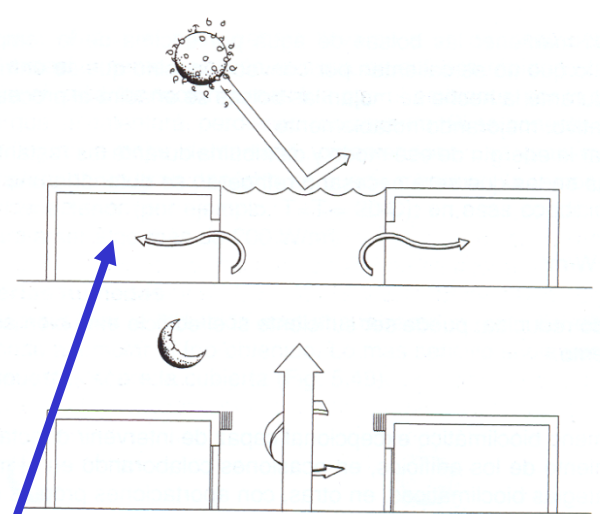
Patios

Outil bioclimatique exceptionnel
Qui est susceptible d'intervenir direct ou indirectement dans le confort des bâtiments en améliorant certaines stratégies bioclimatiques ou en créant certaines

Patio andaluz : végétation, eau et radiation nocturne + conservation de l'air frais...

L'air ne produit pas de radiation: pour qu'il se refroidisse il faut le mettre en contact avec une surface froide...

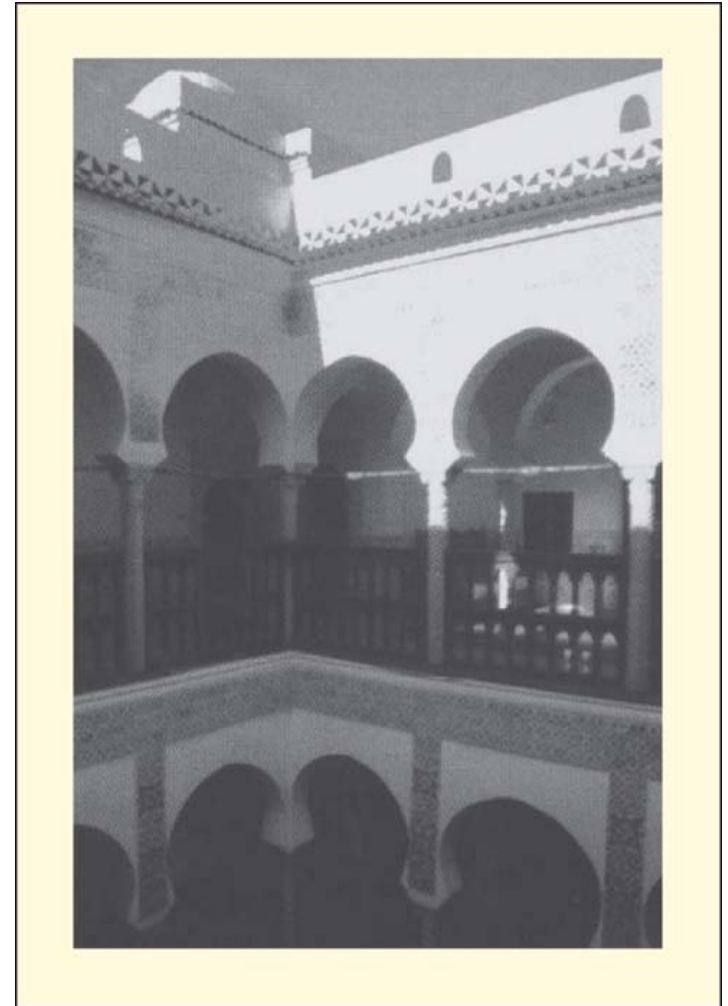
Après il faut pouvoir le conserver...ou le vent du matin ne l'emporte pas: Patio fermés qui rafraîchissent les chambres connexes



Conception des espaces intérieurs

Stratégie de la maison à patio en tant que régulateur thermique

- La maison à patio a une longue histoire : des vestiges d'espaces centraux ouverts ont été datés d'il y a environ 8 000 ans, au nord-ouest de Téhéran (Memarian et Brown, 2006).
- Aujourd'hui, du Maroc à l'Inde et à la Chine, les maisons à patio témoignent de réelles ressemblances, même si elles varient sur certains détails
- Le cas de la vallée du M'Zab a été souvent décrit (Ravéreau, 2003) : la maison type de couleur claire, a une inertie thermique considérable, avec très peu d'ouvertures sur l'extérieur ; elle est dotée d'une terrasse, utilisée la nuit en été ; un arbre au coin du patio lui donne de l'ombre et retient l'humidité, symbole de vie dans le désert.
- Avec sa configuration en forme de cuvette, le patio, autour duquel viennent s'articuler la cuisine et les chambres, est l'ultime protection d'un espace privé ouvert contre les températures extrêmes, les vents chargés de poussières et les tempêtes de sable.. Répondant au besoin oriental d'introversion, le patio est ombragé une grande partie de la journée, il se comporte comme un régulateur thermique, car la fraîcheur nocturne ne s'y estompe qu'en début d'après-midi (Raydan *et al.*, 2006). Le rôle de la cour et le rapport entre sa largeur et sa hauteur varient selon les régions et le degré d'aisance. À Fès, Alger ou Tunis, la maison à patio est toujours à l'ombre en été, car la hauteur du patio est supérieure à sa longueur Mais le patio peut aussi se situer à l'étage, la pièce inférieure n'étant alors éclairée que par une petite ouverture (*raouzna*) au plafond ; ce dispositif (*chbek*) est fréquent au M'Zab (Ravéreau, 2003).
- Les façades sont mutuellement protégées du rayonnement solaire par les habitations qui leur font face. Grâce à ces projections géométriques et à une orientation soigneusement étudiée, la maison à patio réalise un système idéal de défense contre l'environnement aride chaud.



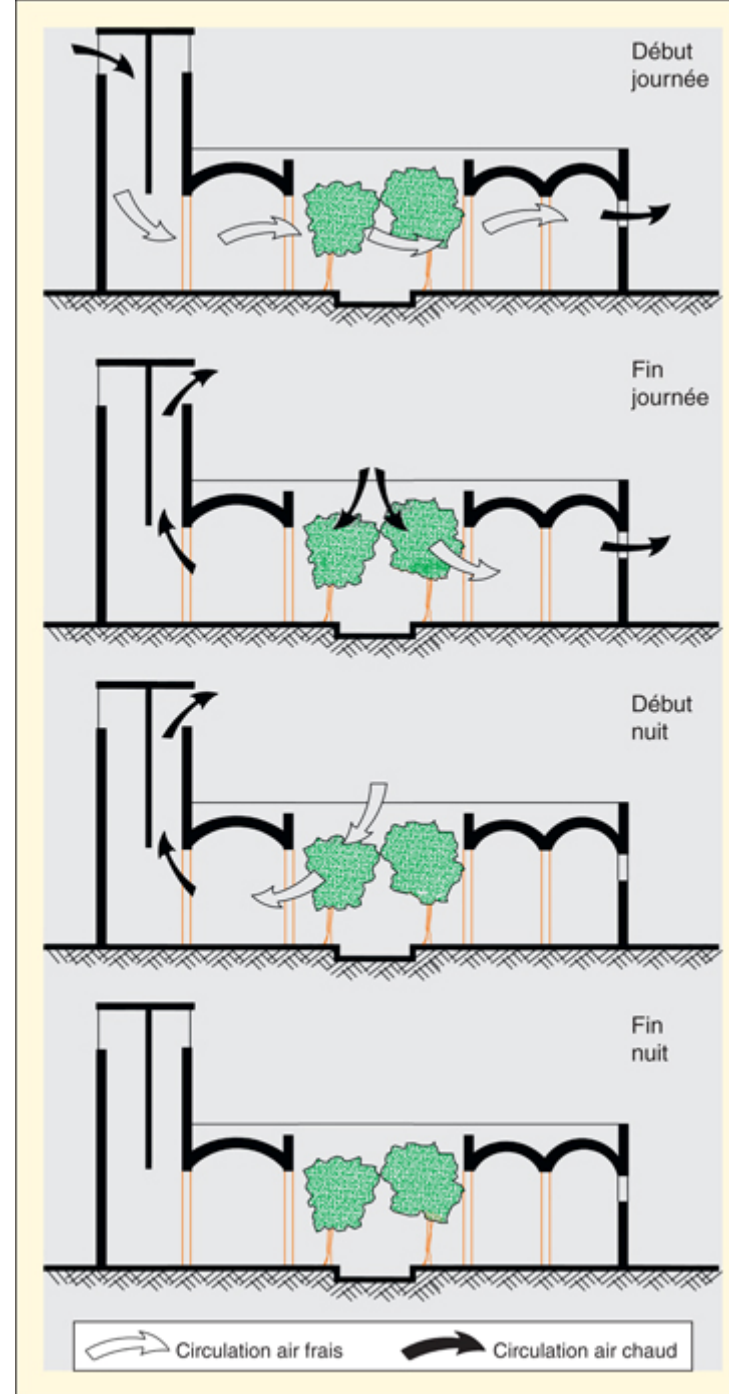
Conception des espaces intérieurs

Les patios

- Les performances climatiques des formes urbaines dans les régions arides chaudes commencent à l'échelle de la ville, pour se poursuivre à celle du bâti qui assure la protection, l'inertie et l'ombre. Parmi les éléments régulateurs figure le patio, *(omniprésent du Maroc à la Chine)*.
- Sous ses diverses formes, il constitue un modérateur du microclimat intérieur des habitations.
- Pourtant, la maison à patio a été délaissée et critiquée: **son abandon s'est fait au profit de modèles réputés plus urbains, mieux ancrés dans la tradition occidentale**

Conception des espaces intérieurs

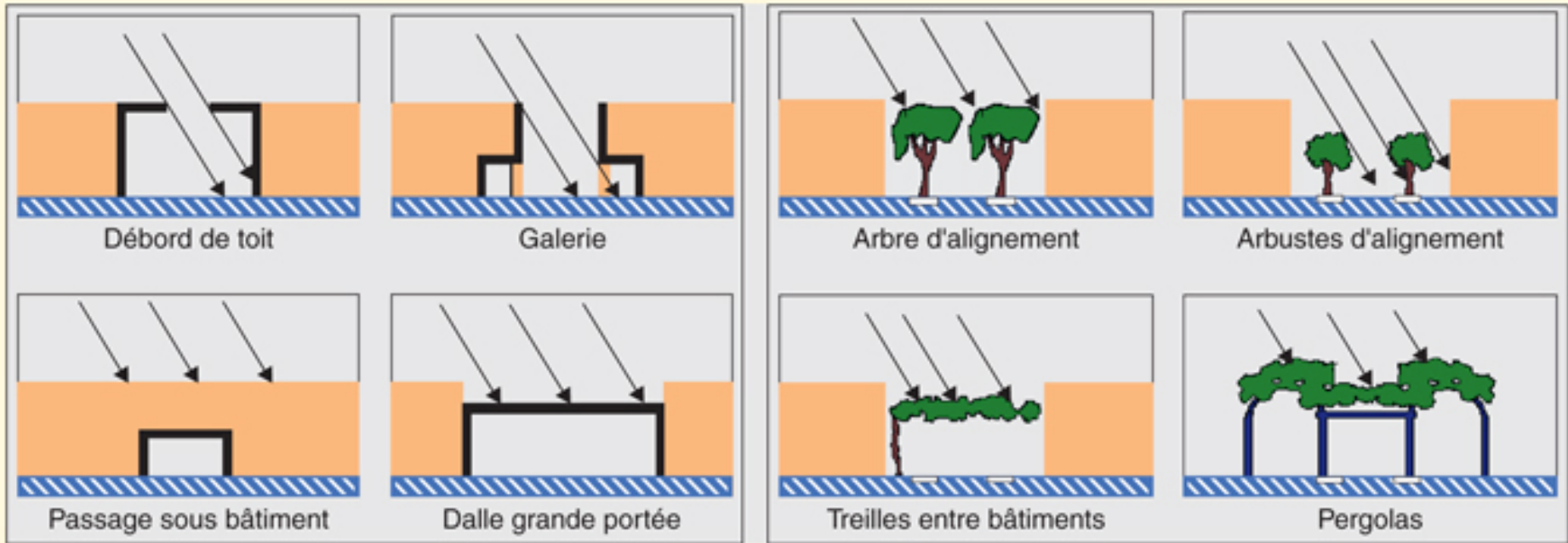
Circuits d'air à travers les maisons à patio Fardeheb, 1989



maria lopez diaz

Conception des espaces intérieurs

Contrôle des effets microclimatiques : ombrages bâtis et végétaux.
Schémas établis d'après les cours de JL Izard, 2003.



Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement passif

- **Façades radiantes**

Façades = moins efficaces en ce qui concerne le rafraîchissement par radiation du moment qu'elle ne sont pas face à la voûte céleste.

Malgré ceci elles sont utilisées découvertes la nuit

Un des premiers bâtiments avec rafraîchissement nocturne passif :
Maison de Steve Baer

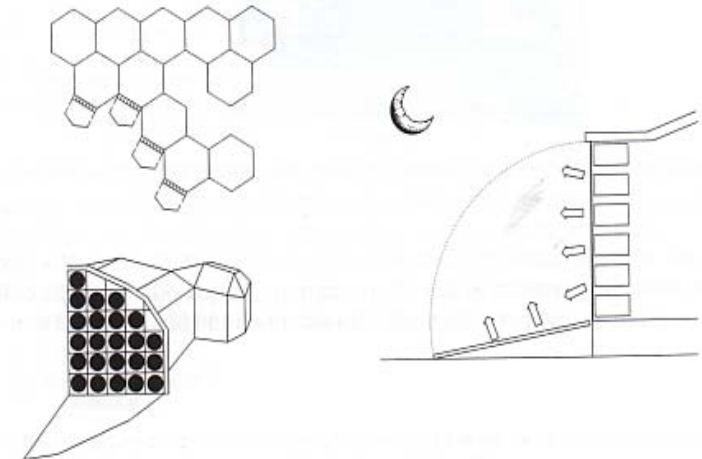
Substitution des façades conventionnelles par des grandes étagères ou on place des bidons d'huile pleins d'eau. Pour faciliter la radiation, des couvercles de ces façades, composés de surfaces réfléchissantes, s'ouvraient jusqu'au sol, pour par réflexion, envoyer la radiation des bidon au ciel

L'eau des bidons se refroidissait la nuit et le matin on levait les couvercles en les isolant et en rafraîchissant les pièces.

maria lópez di:



Maison de Steve Baer, Corrales, Nouveau Mexique, 1972
maison innovatrice visant l'atteinte de l'indépendance énergétique par rapport aux réseaux de distribution travail avant-gardiste dans la mesure où forme et fonction y étaient subordonnées à une conception inédite de la production et de l'utilisation de l'énergie



13 décembre 2013

- Rafraîchissement, techniques, exemples
continuation

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction

se produit lorsque **les corps perdent de la chaleur par conduction**.
Pour cela il faut avoir des surfaces froides autour d'un des parements

Les bâtiments enterrés sont constitués de murs froids...du moment que la température du terrain est soumise à l'influence des conditions climatiques externes dans les premiers mètres de profondeur et à la température du centre terrestre dans des niveaux plus profonds

variations journalières... variations annuelles

Madrid juillet 1 m de profondeur température entre 21.3 et 27.3°C

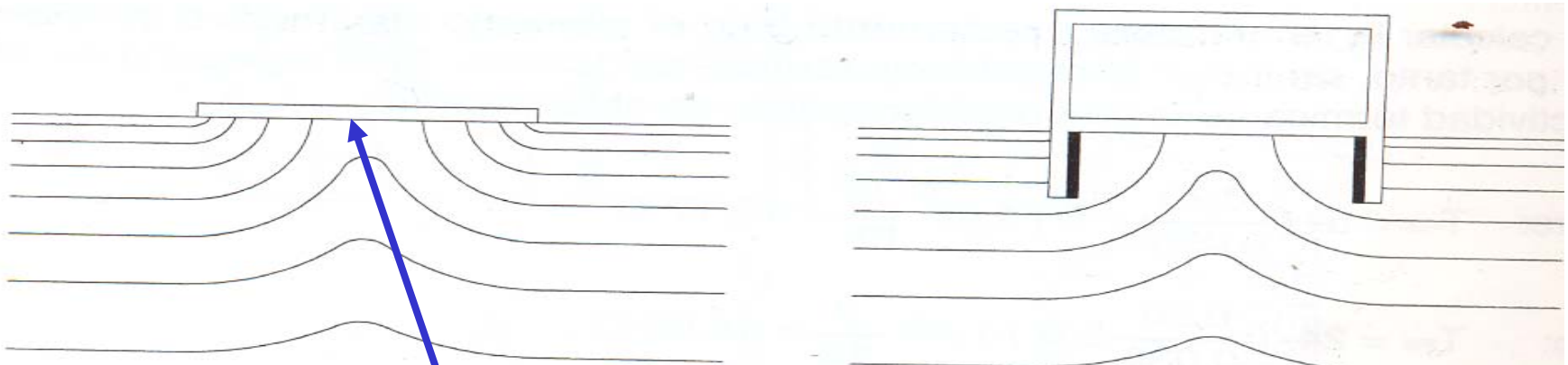
à 5 m de profondeur variation journalière de 1°C

cette même stabilité mais toute l'année: 9 mètres de profondeur: 3eme sous-sol température stable de 13.9°C

Stratégie avoir un ou plusieurs murs à une profondeur donné pour rafraîchir par conduction

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : surfaces froides



Surfaces refroidîtes par le sol. Effet des surfaces sur le « gradient terre »

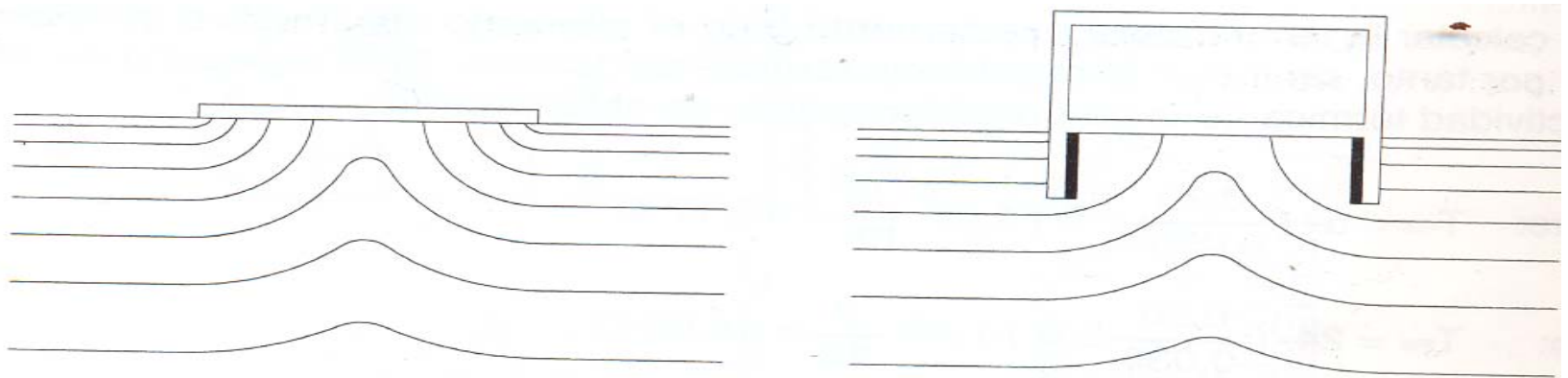
- Effet de couverture isolante horizontale qui produit une différence horizontale de température des bords jusqu'au centre
- La profondeur détermine la réduction de la température

Obtention d'un point froid semblable a celui qu'on peut obtenir avec un parement vertical enterre à grande profondeur

Pour obtenir une température presque uniforme sur toute la surface ,équivalente presque à celle du centre il faut isoler thermiquement le périmètre avec des éléments verticaux qui réduisent l'effet de bords

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : surfaces froides



Pour des éléments constructifs d'au moins 10m de diamètre on peut faire des calculs analytiques qui permettent de calculer la température du point moyens en tous les jours de l'année

$$T_{pm} = t = \Delta T$$

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : conduits enterrés

Le puits canadien (ou puits provençal)
système géothermique de surface

système qui préchauffe ou rafraîchit l'air.

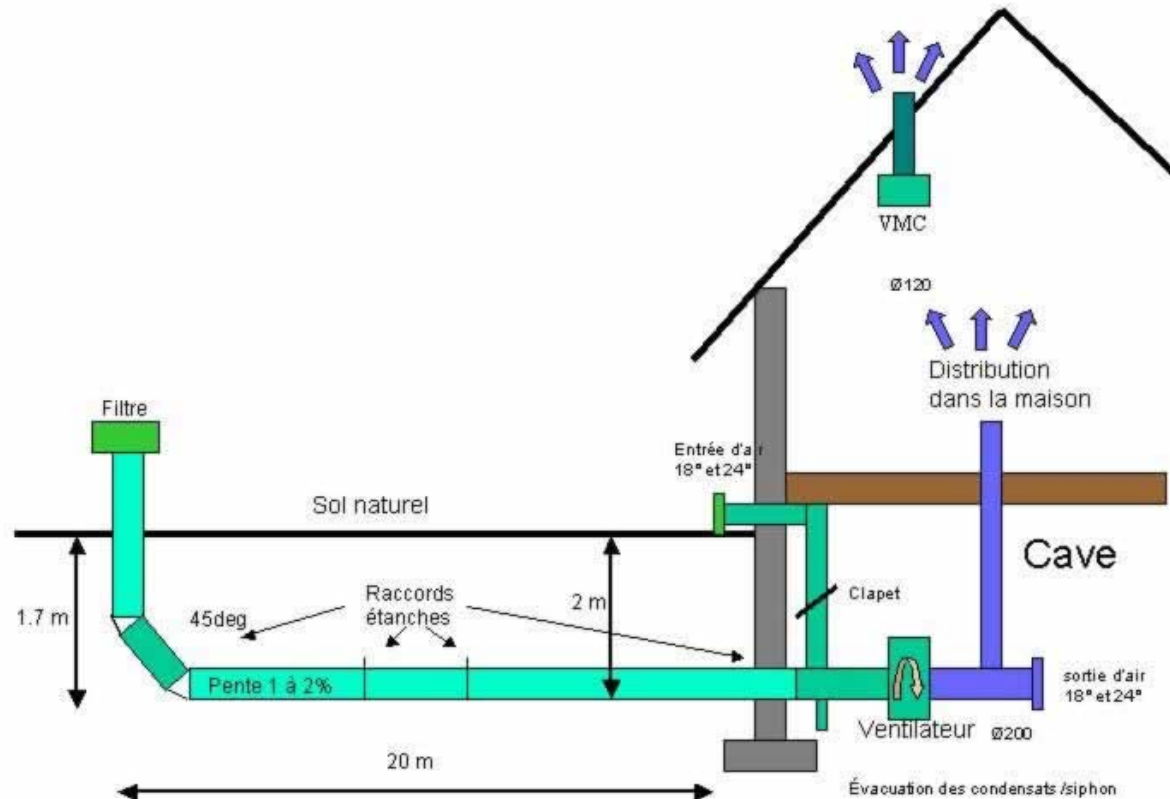
Il diminue la consommation de chauffage l'hiver ... Évite des climatiseurs en été

Principe: **utilisation de l'inertie thermique du sol**

Consommation électrique faible.

- L'être humain se sent bien entre 18 et 25°.
- Le puits canadien est un système qui se sert de l'inertie thermique du sol pour égaliser ces variations thermiques.
- La législation impose une VMC (ventilation motorisée) pour éviter l'humidité dans votre maison, qualité de l'air...
- La température du sol à 2 m de profondeur est d'environ 17° en été et 4° l'hiver

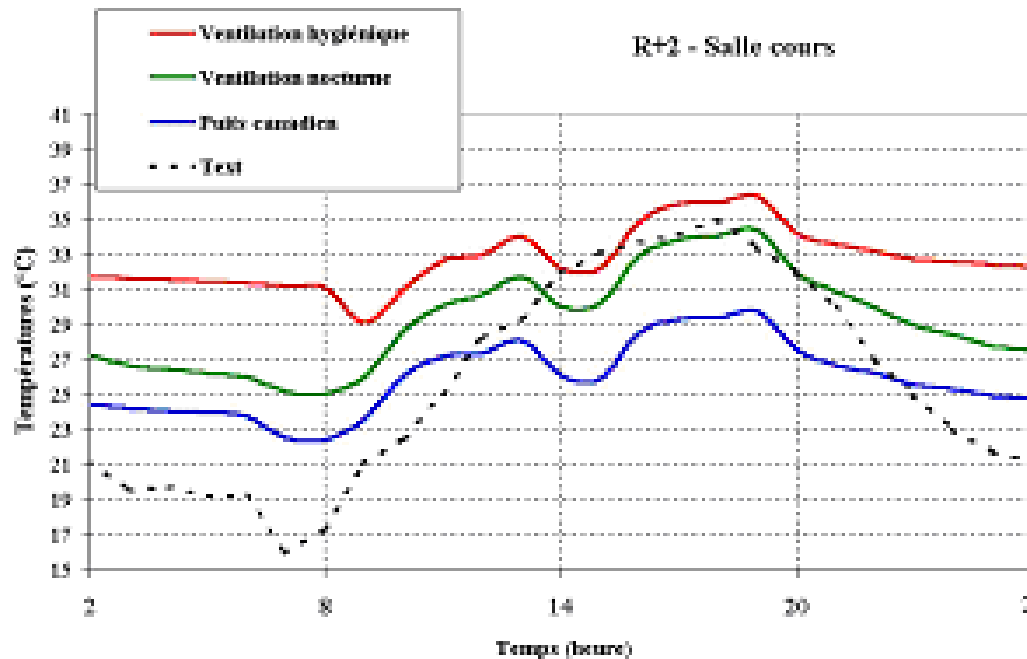
http://www.cetiat.fr/docs/newsdocs/136/doc/guide_puits_canadiens.pdf



Conception des espaces intérieurs

Aide à la décision - Simulation thermique dynamique

Les logiciels de simulation thermique dynamique (TRNSYS, COMFIE, ...) permettent d'analyser le comportement futur du bâtiment et d'apprécier la présence ou non de zones critiques. Ils permettent de réaliser des simulations détaillées du bâtiment par zones et de leur équipements (utiles pour des bâtiments climatisés ou non) la pertinence de certains choix architecturaux (protections solaires, caractéristiques des vitrages, inertie...) et la mise en place de dispositifs passifs peuvent être évaluées.



exemple où la climatisation n'a pas été retenue grâce aux dispositifs bioclimatiques mis en place:

- **protections solaires efficaces,**
- **surventilation nocturne**
- **mise en œuvre d'un puits canadien.** (ref. internet ADEME)

Évolution des températures dans une salle de classe selon la stratégie retenue (TRNSYS)

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : conduits enterrés

Le puits canadien (ou puits provençal)
système géothermique de surface

la température de l'air extérieur dans la plupart des pays européens peut varier de -20°C à $+40^{\circ}\text{C}$ tout au long de l'année alors que la **température du sol à quelques mètres de profondeur reste plus stable**, entre 5 et 15°C en moyenne suivant les saisons.

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : conduits enterrés

Le puits canadien (ou puits provençal)
système géothermique de surface

Éléments pour la conception d'un puits canadien/provençal

- ❑ **Nature du sol** : Les performances du puits sont directement liées à la capacité calorifique et à la conductivité thermique du sol.
- ❑ **Localisation géographique** le recours à un puits est particulièrement intéressant dans les régions ayant un différentiel de température important entre l'été et l'hiver (>20 °C). (Régions continentales par exemple)

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : conduits enterrés

Le puits canadien (ou puits provençal)
système géothermique de surface

Éléments pour la conception d'un puits canadien/provençal

Place disponible pour l'enfouissement du conduit et coût le coût d'installation d'un puits canadien/provençal dépend fortement du coût de terrassement.

Type de bâtiment et ventilation hygiénique le puits doit permettre au système de ventilation de l'habitation d'assurer un débit d'air respectant l'arrêté du 24 mars 1982 pour les bâtiments résidentiels et le règlement sanitaire départemental et/ou le code du travail pour les locaux tertiaires. Ce débit dépend de la configuration de chaque bâtiment.

Besoins en chauffage et refroidissement Certains logiciels de simulation tels que GAEA1 ou "PLEAIDE + COMFIE"² permettent d'intégrer cette étude thermique dans le dimensionnement global d'un puits canadien/provençal.

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : conduits enterrés

Le puits canadien (ou puits provençal)
système géothermique de surface

- **Nature du sol** : c'est un des principaux éléments à prendre en compte lors de la conception d'un puits canadien/provençal.
- **Les performances du puits sont directement liées à la capacité calorifique et à la conductivité thermique du sol.**

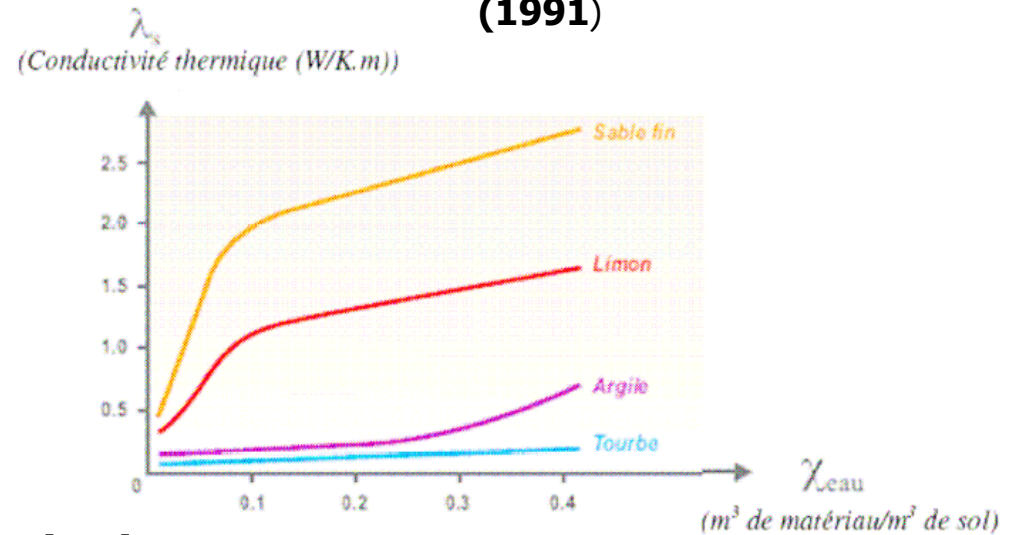
Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : conduits enterrés

Le puits canadien (ou puits provençal)
système géothermique de surface

La figure montre la conductivité thermique de différents types de sols en fonction de leur teneur en eau :

Source : Mussy et Soutter (1991)



La conductivité thermique du sol dépend:

- de sa composition
- disposition
- de la forme de ses particules constitutives,
- des liaisons entre ces particules
- sa teneur en eau.

Le sol sera d'autant plus conducteur qu'il sera humide.

La conductivité thermique d'un sol peut donc varier dans le temps, notamment en fonction des évolutions de sa teneur en eau dues aux variations climatiques et au changement de saison.

Capacité calorifique du sol

La **capacité calorifique d'un sol (Cs)** s'exprime par la moyenne pondérée des capacités calorifiques de ses constituants minéraux, matière organique, eau, air :

Où χ_i, ρ_i, C_i

$$C_s = \sum_i \chi_i \rho_i C_i$$

représentent respectivement la teneur du matériau (m³ de matériau/m³ de sol), sa masse volumique et sa capacité calorifique. Comme l'eau et la matière organique ont une capacité calorifique supérieure à celle des éléments minéraux, un sol humide et riche en matière organique stockera mieux la chaleur qu'un sol sec, riche en minéraux.

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : conduits enterrés

Le puits canadien (ou puits provençal)

système géothermique de surface

propriétés thermiques des principaux constituants d'un sol :

Matière	Masse volumique ρ (kg/m ³)	Capacité calorifique C (kJ/K.kg)	Conductivité thermique λ (W/K.m)
Minéraux (moy.)	2650	0,80	2,90
Sable et Gravier	1700 à 2200	0,91 à 1,18	2,00
Argile et Limon	1200 à 1800	1,67 à 2,50	1,50
Matière organique	1300	1,90	0,25
Eau	1000	4,20	0,585
Glace	920	2,10	2,20
Air	1250	1,00	0,023

Propriétés thermiques des principaux constituants d'un sol
(Source : Mussy et Soutter et RT2000)

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : conduits enterrés

Le puits canadien (ou puits provençal)

système géothermique de surface

La conductivité thermique du conduit doit se calculer avec des formules pour éléments cylindriques...

Nous savons que le coefficient superficiel de transmission de chaleur à l'intérieur du conduit va dépendre de la vitesse de l'air ainsi que de la forme et taille du conduit

au contraire de ce qui se produit avec un mur ou une toiture on a intérêt d'obtenir un indice de transmission élevé de ce fait une épaisseur minimal et un matériau bon conducteur dans le but de **faciliter les échanges entre la température de la terre et l'air à l'intérieur du conduit**

On calcule la surface d'échange nécessaire en fonction du vol d'air à traiter et des caractéristiques de conductivité du conduit

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : conduits enterrés

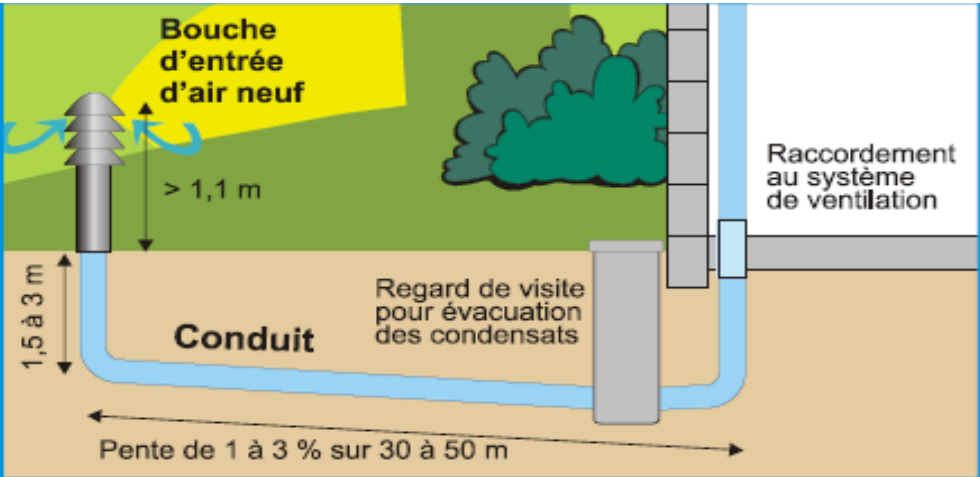
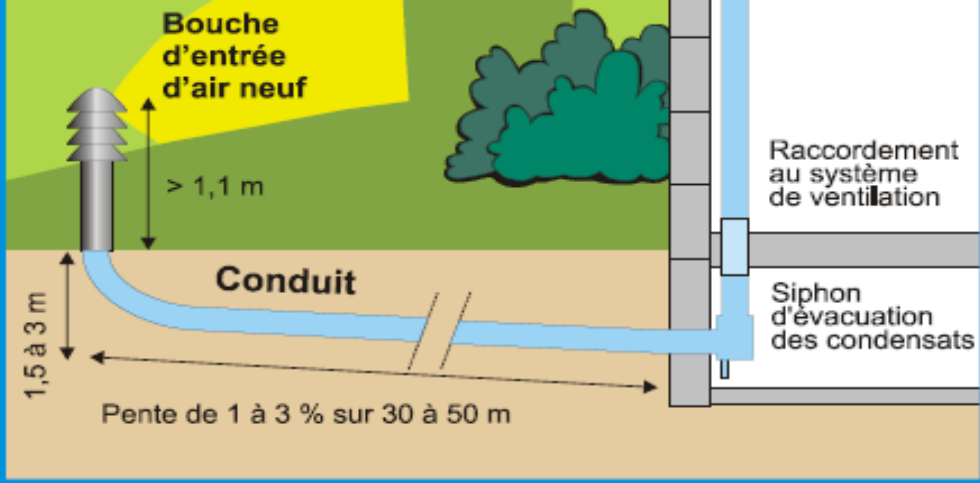
Le puits canadien (ou puits provençal)
système géothermique de surface

En **hiver**, l'air se réchauffe au cours de son parcours souterrain, les besoins de chauffage liés au renouvellement d'air des locaux sont alors réduits et le **maintien hors gel du bâtiment peut être assuré.**

Le puits est alors dit puits canadien.

En **été**, l'air extérieur profite de la fraîcheur du sol pour se refroidir et arriver dans le bâtiment durant la journée à une température inférieure à la température extérieure.

Le puits est alors dit puits provençal.

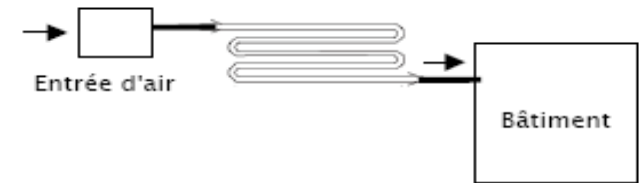


Conception des espaces intérieurs

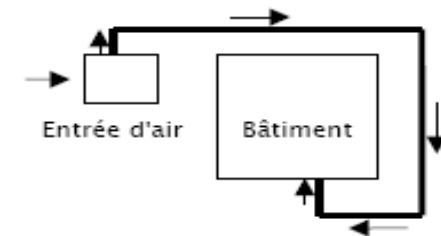
rafraîchissement par conduction : conduits enterrés

Le puits canadien (ou puits provençal)
système géothermique de surface

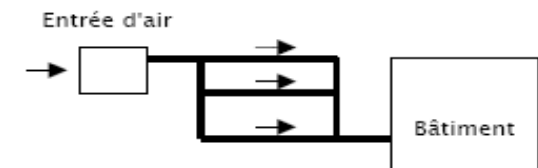
- **Nombre de tubes** : le conduit du puits peut être constitué d'un seul tube posé en méandre ou en boucle autour du bâtiment ou être organisé sous la forme d'un réseau de tubes parallèles installés entre des collecteurs afin d'augmenter le débit d'air circulant dans le puits
- **Longueur de chaque tube** : elle est habituellement de l'ordre de 30 à 50 m afin de limiter les pertes de charge. La longueur totale du conduit est calculée en fonction du débit d'air souhaité, de la nature du sol, de la zone géographique (température extérieure tout au long de l'année) et du type d'installation choisie.
- **Diamètre des tubes** : pour optimiser les transferts thermiques sol/air, la vitesse de l'air au sein du puits doit être comprise entre 1 et 3 m/s. En fonction des débits d'air requis, le diamètre du conduit du puits est alors calculé pour respecter ces conditions de vitesse d'air.
- **Disposition des tubes** : afin de minimiser les pertes de charge au sein du conduit et de faciliter son entretien, il est conseillé de limiter le nombre de coudes.



Tube en méandre



Tube en boucle



Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : conduits enterrés

Le puits canadien (ou puits provençal)

système géothermique de surface

Profondeur d'enfouissement des tubes : la profondeur préconisée est souvent comprise entre 1,5 et 3 m. A ces profondeurs, la température du sol varie bien moins que la température de l'air extérieur entre l'été et l'hiver (entre 5 et 15 °C en moyenne en France). Il est cependant possible d'enfouir les tubes plus profondément mais cela augmente les contraintes de terrassement et de pose du conduit.

Espacement entre les tubes : il est préférable qu'il soit supérieur à 3 fois le diamètre des tubes afin de garantir un bon échange thermique de chaque tube avec le sol.

Pente du conduit : elle doit être comprise entre 1 et 3% pour favoriser l'évacuation des condensats qui peuvent se former dans le conduit lorsque l'air extérieur chaud est en contact avec les parois plus froides du puits.

Matériau constitutif des tubes : le choix du matériau est important car il impacte directement sur les échanges thermiques sol/puits. L'utilisation de parois compactes à conductivité thermique élevée doit être favorisée car elle permet d'augmenter les échanges et ainsi de réduire la longueur du puits. Les matériaux utilisés doivent également avoir une bonne tenue à l'enfouissement (une classe de rigidité minimale de 8 kN/m² est conseillée). Les tubes entrant dans la composition des puits canadiens/provençaux actuellement en fonctionnement sont généralement en PVC, en polyéthylène ou en polypropylène souple ou rigide. *(Certains tubes sont constitués de matières plastiques (PVC structurés ou gaines type TPC) emprisonnant des bulles d'air, ce qui diminue l'échange thermique sol/conduit. Le recours à ce type de tube est donc déconseillé.)*

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : conduits enterrés

Le puits canadien (ou puits provençal)

système géothermique de surface

Étanchéité du réseau (tubes et raccords) : elle est indispensable pour empêcher la pénétration de racines ainsi que les phénomènes d'infiltration d'eau et de radon au sein du conduit. Une étanchéité des jonctions conforme aux exigences de la norme NF EN 1277 est recommandée.

Zone à risque radon : le radon peut être introduit dans la maison par l'intermédiaire du puits si le conduit apportant l'air extérieur n'est pas étanche. Dans les zones à risque radon, il convient donc de veiller à l'étanchéité du puits et de porter une attention particulière à l'enrobage du conduit avec de la terre afin d'éviter la formation de cavités où le radon pourrait se loger

Traitement anti-microbien : les tubes du conduit peuvent avoir subi un traitement permettant de freiner la prolifération microbienne, source de mauvaise odeur dans les bâtiments et de dégradation de la qualité de l'air intérieur. L'emploi de sel d'argent est par exemple un excellent traitement antimicrobien.

Entretien du puits : il doit être régulier (1 à 2 fois par an) et doit comporter le remplacement des filtres de la bouche d'entrée d'air neuf, l'inspection de l'intérieur du conduit pour vérifier le bon écoulement des condensats et le contrôle de l'état général du puits.

- Puits connectés à des caissons de ventilation double flux
- Un système de by-pass choisit de manière automatique entre l'air extérieur et l'air du puits en fonction de la température de l'air extérieur. En mi saison la prise d'air directe est privilégiée

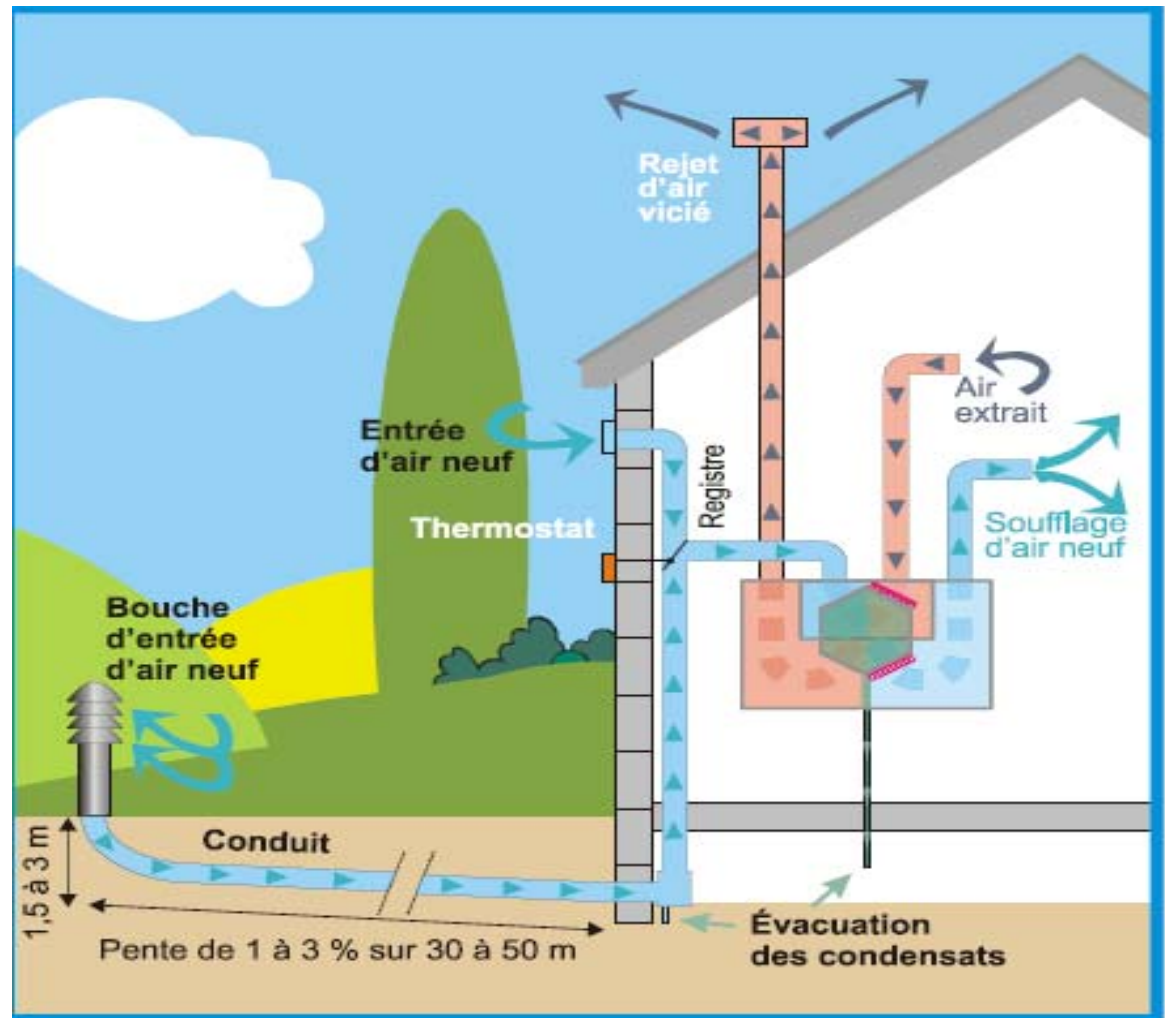
Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : conduits enterrés

Le puits canadien (ou puits provençal)

ystème géothermique de surface

- Exemple de puits raccordé à un dispositif de ventilation mécanique double-flux centralisée



Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : conduits enterrés

Le puits canadien (ou puits provençal)

système géothermique de surface

Fonctionnement

- En enfouissant une gaine d'aspiration d'air d'une longueur et d'un diamètre suffisant à cette profondeur, quelque soit la température extérieure, au bout de la gaine elle avoisinera les 12° en été et environ 6° en hiver.
- En hiver l'air froid extérieur, se réchauffant devient donc relativement plus sec. Il arrive dans la maison à 6° et vous ne dépensez de l'énergie que pour le réchauffer à 20°.
- En été, lorsqu'il fait chaud et humide à l'extérieur, l'air chaud saturé en humidité condensera dans la gaine pour venir ensuite rafraîchir la maison.
- VMC.... Elle sert à rejeter de l'air chaud (et toute l'énergie contenue) à l'extérieur.
- Tout rejet d'air vicié à l'extérieur implique le remplacement de cet air par de l'air venant de l'extérieur. A cette fin, on ménage des ouvertures artificielles (les ouies d'aspiration dans les cadres de fenêtres) qui permette l'aspiration d'air frais. Toutes ces ouvertures sont autant de ponts thermiques.
- En été on réchauffe ainsi la maison artificiellement. En hiver on chauffe inutilement le quartier, puisque l'air venant de l'extérieur doit être chauffé de -5° à 20°. Le puits canadien économise de l'énergie en hiver et rafraîchit la maison en été.

ref.<http://www.herzog.nom.fr/html/modules.php?name=News&file=article&sid=32>

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : bâtiments enterrés

France : le Loir maisons troglodytes

la lumière naturelle peut éclairer sur 5 à 6 mètres de profondeur. Autres solutions : puits de lumière qui permettent d'acheminer la lumière du soleil à travers un tube souple et ultra-réfléchissant.

les conduits de lumière permettent d'éclairer naturellement un espace obscur sur 10 à 15 mètres de profondeur, verticalement ou horizontalement

murs en pierre végétalisés

la végétation peut réduire le réchauffement d'une paroi opaque : pergola et murs végétalisés de là l'intérêt d'utiliser des plantes à feuilles caduques qui permettent réchauffer les murs l'hivers et le protègent l'été

Selon la végétation qui recouvre la roche, des fissures ponctuelles peuvent entraîner des risques d'infiltration d'eau. Il faut surveiller l'hydrométrie et évacuer l'humidité ambiante grâce à un système de ventilation adapté.

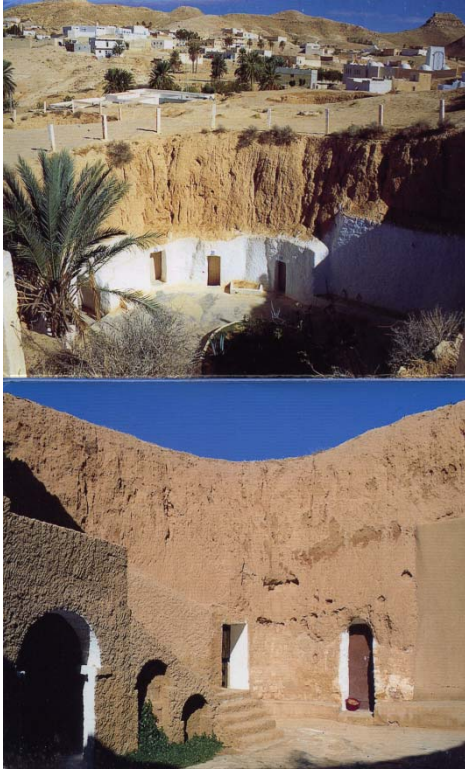
l'air doit toujours circuler

maria lopez



Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : bâtiments enterrés ou creuses



Inertie

Deux typologies

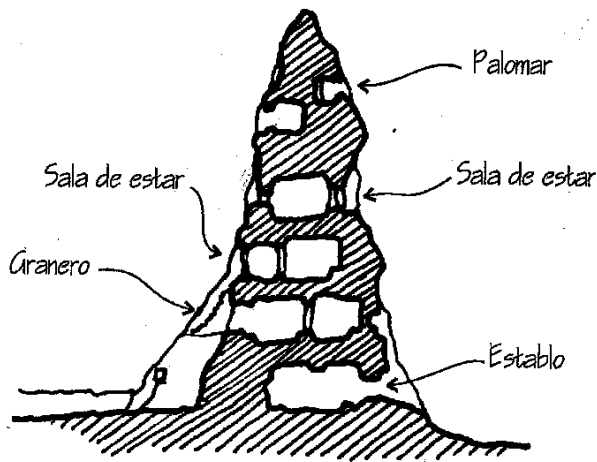
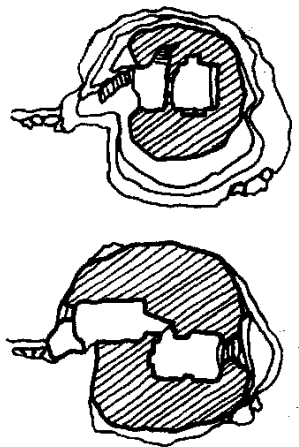
avantage thermique, ce type d'habitat offre une température constante, entre 9 et 13°C.

Peu de chauffage est nécessaire

maria lopez diaz

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : bâtiments enterrés ou creuses



OGRAFIA:

Inertie

Deux typologies

avantage thermique, ce type d'habitat offre une température constante, entre 9 et 13°C.

Peu de chauffage est nécessaire

Grande inertie

Grandes différences thermiques jour nuit: été on conserve à l'intérieur une moyenne Hivers: pierre volcanique, basse densité, grande quantités d'air .. Capacité isolante

Conception des espaces intérieurs

Inertie



maria lopez diaz

83

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : bâtiments enterrés ou creuses

- Bâtiments bioclimatiques par excellence
- Protection des éléments climatiques des variations de températures, consommation énergétique minimale
- l'inertie les entourent assure une température stable
- Parfois associées à la pauvreté...pas toujours
- Manque de visibilité...
- **Mais on peut aussi avoir intérêt d'améliorer son « fonctionnement » afin de mieux satisfaire les besoins de confort.**



Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par conduction : bâtiments enterrés ou creuses

- « améliorer son fonctionnement afin de mieux satisfaire les besoins de confort » ce qui varie en fonction des personnes du climat...
- **Ex semi-continental tempéré**
 - Dans ce climat, la moyenne annuelle de la température de l'air est d'environ 15°C.
 - La température du sol, à partir de 6 mètres de profondeur environ, est elle aussi de 15°C et relativement stable pendant toute l'année (entre 14 et 16°C)
 - Mais si 15°C c'est déjà bien mieux que 0 ou -5°C pendant l'hiver, ça reste un peu faiblard en été, et surtout globalement en deçà de notre température de confort (19°C ressentis, ce qui dans le cas d'une cave correspond effectivement à la température des parois, celle de l'air pouvant être négligée).
 - trouver un moyen d'augmenter la température moyenne dans cette cave de 4°C, pour la maintenir aux 19°C
 - utiliser deux éléments qui ne sont pas naturellement présents: le verre et l'effet de serre, et les isolants.
 - ajouter à la grotte troglodyte des baies vitrées ou une serre en partie sud, et une couverture isolante pour ralentir le déplacement des calories et les retenir pendant 6 mois. Nous cherchons à modifier le milieu pour en faire un micro-climat correspondant à l'espace que nous comptons habiter.



Conception des espaces intérieurs

inertie

maison troglodyte d'architecte construite
en **Suisse** par les architectes Müller et
Search



Certains architectes s'expérimentent au jeu de la maison troglodyte aujourd'hui: en créant des choses de toutes pièces ou en transformant des cavités existantes. En voici quelques exemples...

Par les architectes Müller et Search en Suisse



Conception des espaces intérieurs

inertie



Un maison au village de Saint-Chamas, en France

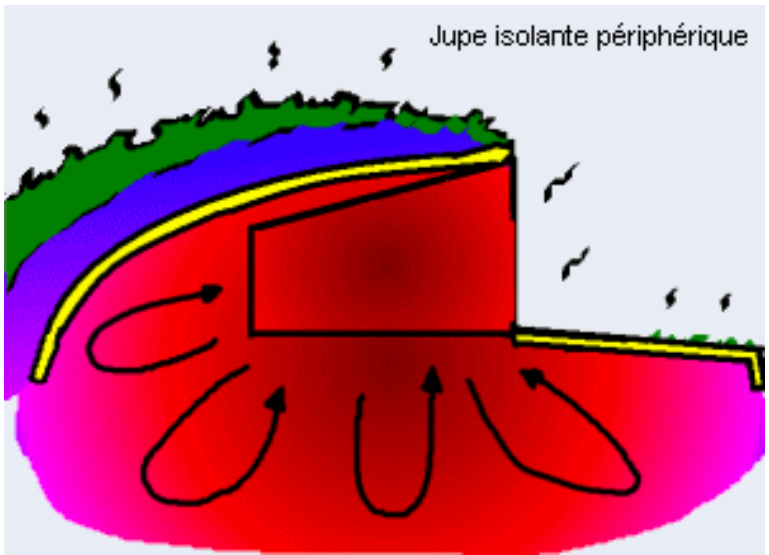
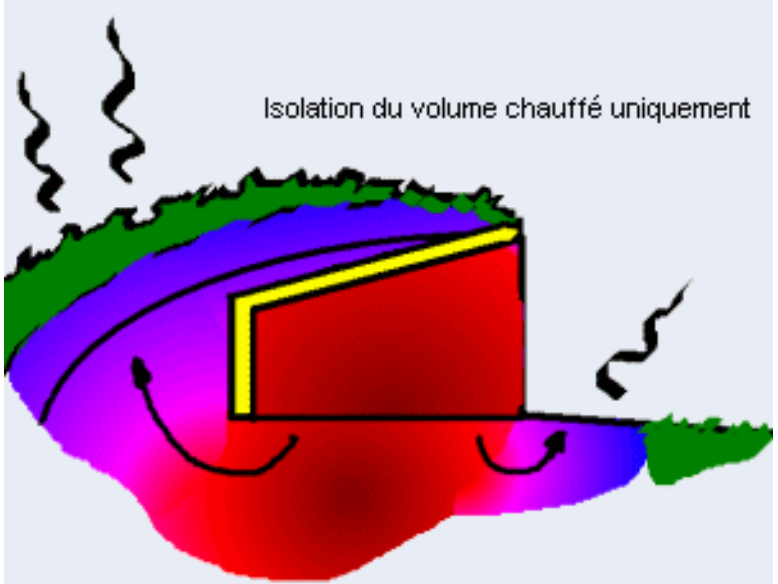
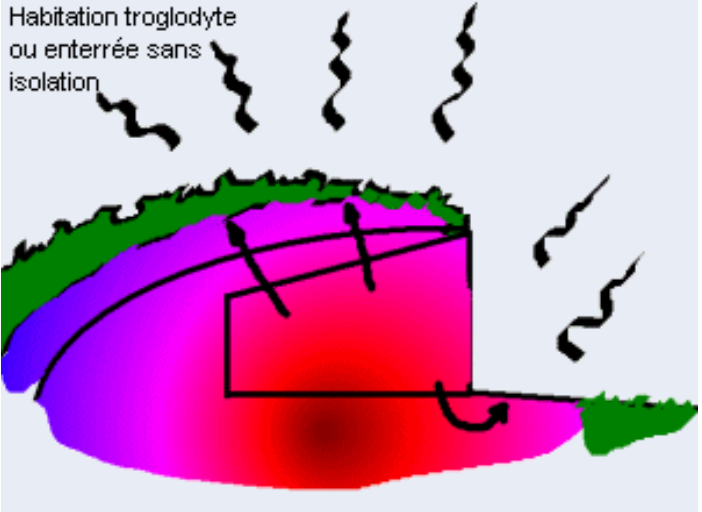




m

Conception des espaces intérieurs

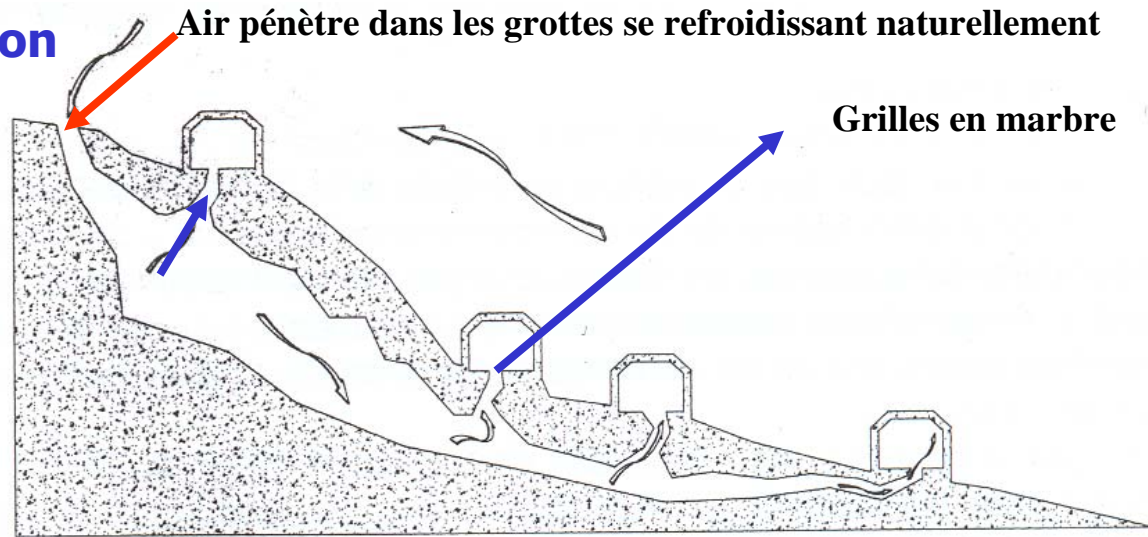
rafraîchissement par conduction : bâtiments enterrés ou creuses



Conception des espaces intérieurs rafraîchissement par convection

On peut l'obtenir en
utilisant des volumes
d'air froid

Exemple Villas
Costozza Italie
Palladio utilisa ce
système dans la villa
Rotonda (en utilisant la
cave au lieu des grottes)



La quête de fraîcheur, remède précieux à la canicule de l'été vénitien, conduisit un ingénieux abbé du XVII^e siècle à faire creuser une partie de sa résidence champêtre dans la roche d'une colline. Pour parfaire l'illusion, il la peupla de statues de divinités aériennes et en recouvrit les murs de peintures de ruines noyées dans la verdure.

" J amais je n'oublierai Costoggia, qui, sise en Orient plutôt qu'en Italie, serait à mes yeux un Paradis terrestre, Costoggia dont le souvenir demeurera pour toujours au plus profond de mon coeur."

maria lopez diaz

(Luigi Grotto, Lettere famigliari, Venise, 1616, p. 411



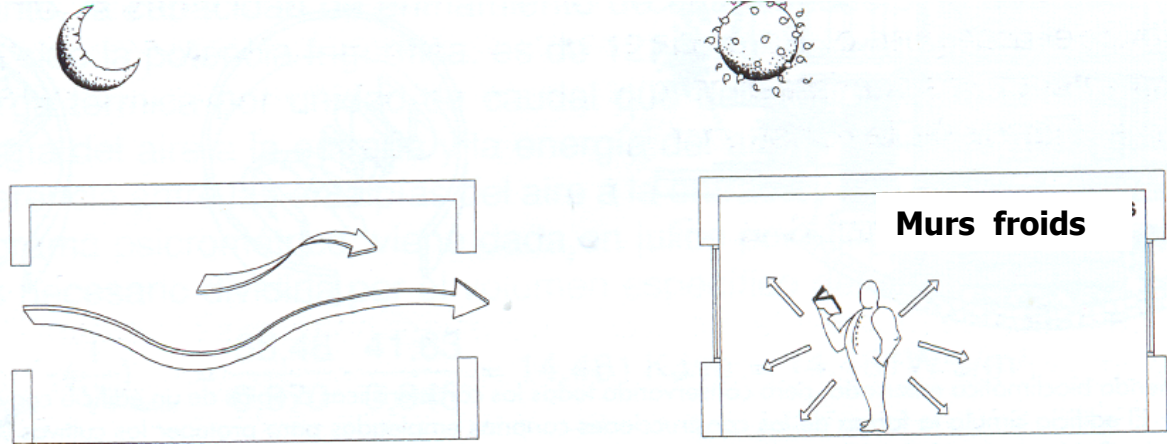
Conception des espaces intérieurs rafraîchissement par convection

*Le roi Eole impose son pouvoir aux vents en lutte et aux tempêtes sonores; chaînes, cachots refrènent leur fureur'' (Virgile, **Enéide**, v. 52-54, trad.fr. J. Perret, Paris, 1991).*

Les vers de Virgile que le visiteur peut encore lire aujourd'hui se réfèrent probablement à la fraîcheur et à la température constante de l'air amené par les conduites souterraines dans les étages supérieurs: dans la salle principale, des ouvertures dotées d'une grille sont pratiquées dans les parois, qui permettaient à l'air de circuler



Conception des espaces intérieurs rafraîchissement par ventilation nocturne



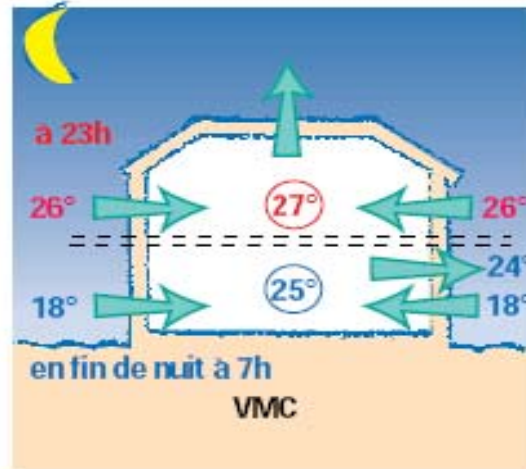
Été ... température de l'air moins chaude : la nuit (sauf canicule)

Utilisation de la ventilation nocturne

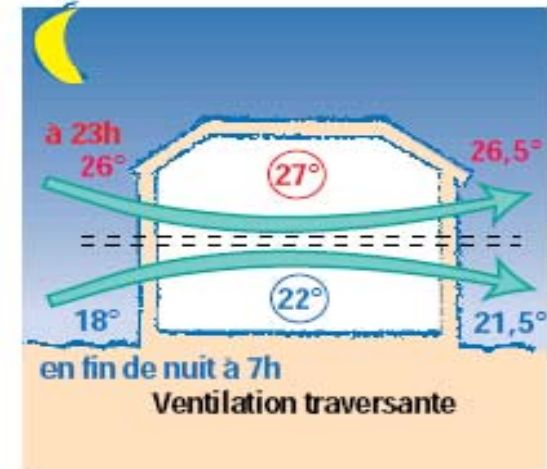
- Climat chaud sec plus intéressant : que température descends d'avantage
- Climat chaud humide différence moins importante
- Besoins d'inertie... sans ça on ne peut pas stoker la fraîcheur
- Réduction de la température et aussi de la sensation thermique: effet de paroi froide

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par ventilation nocturne



L'abaissement de la température du local est faible.



L'abaissement de la température du local est fort.

NOTA : valeurs données à titre indicatif

L'air frais de la nuit, permet d'évacuer la chaleur emmagasinée le jour, en se réchauffant au cours de la traversée du local.

Cette ventilation peut se faire par des moyens mécaniques (extracteur, VMC) ou par des procédés architecturaux (ventilation traversante, verticale ou horizontale). Elle devra être adaptée à la quantité de chaleur à évacuer.

VMC de logement

Une bouche classique de 30 m³/h évacuera environ 0,4 kWh dans la nuit, ce qui s'avère donc très insuffisant pour compenser la chaleur transmise par 1 m² (*) de vitrage non protégé, mais utile pour limiter l'échauffement d'un bâtiment bien protégé.

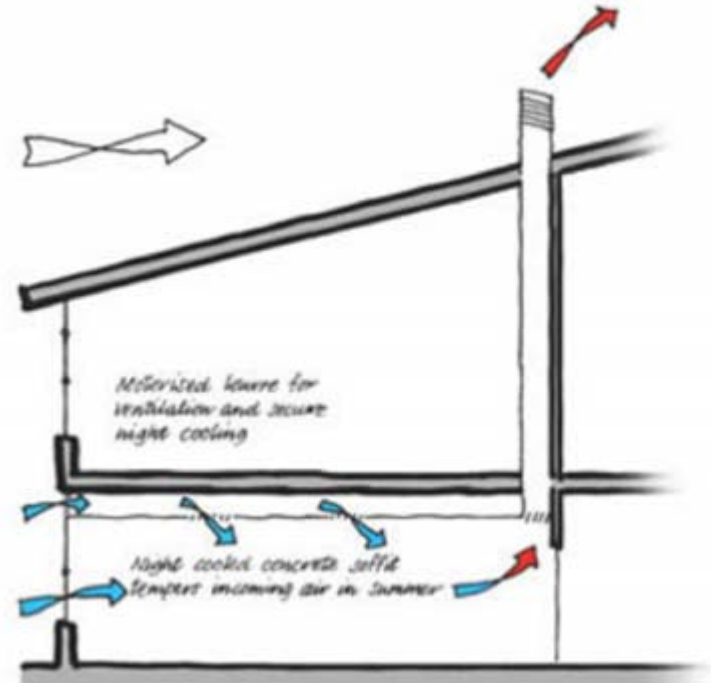
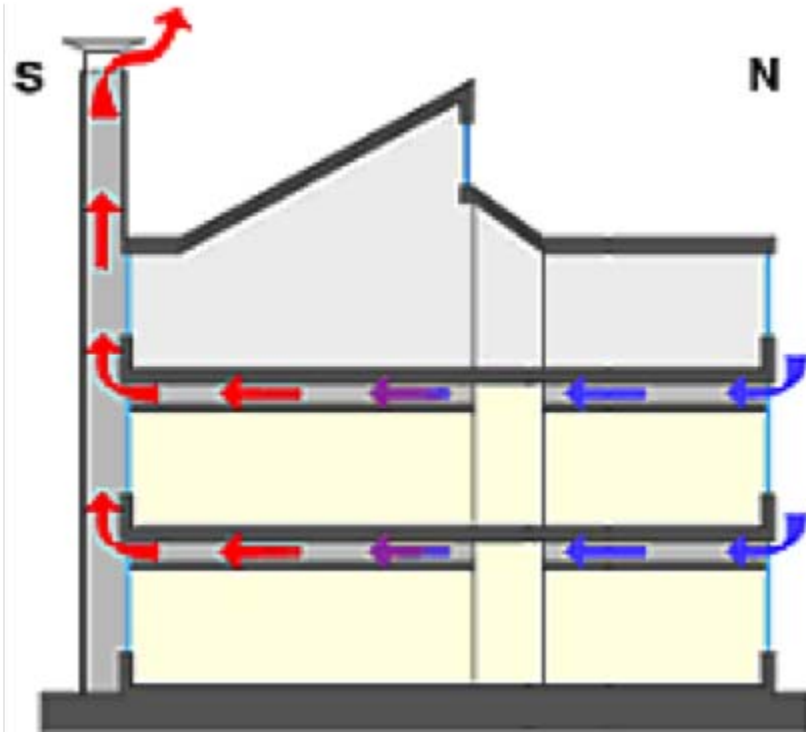
Ventilation naturelle traversante

L'ouverture des fenêtres permet un renouvellement d'air de 10 volumes ou plus par heure). Elle assure un véritable rafraîchissement.

Ainsi, un bâtiment moyennement inerte, bien protégé du soleil, gardera des températures confortables toute la journée.

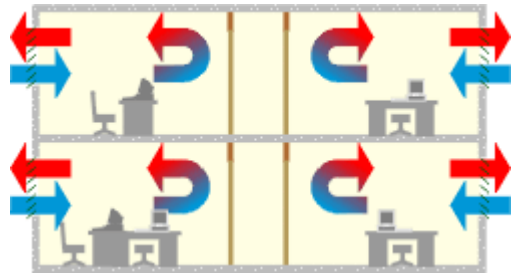
http://www.regionpaca.fr/uploads/media/fiche5_01.pdf

Conception des espaces intérieurs rafraîchissement par ventilation nocturne

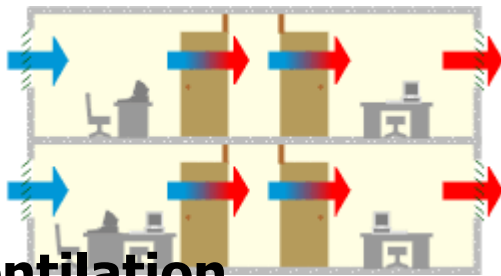


- **le rafraîchissement par freecooling**
- En été, il est parfois possible de profiter du refroidissement nocturne de l'air extérieur pour rafraîchir le bâtiment. Une ventilation forcée peut ainsi évacuer la chaleur emmagasinée durant la journée dans les matériaux (parois, mobilier , ...),. On parle de free cooling nocturne.
- D'une manière générale, dans un bâtiment existant, le free cooling doit se faire au moyen d'une ventilation naturelle, par des grandes ouvertures en façades, c'est-à-dire a priori, par les fenêtres (on imagine mal devoir percer des ouvertures dans la façade et les planchers).

Conception des espaces intérieurs rafraîchissement par ventilation nocturne



**Ventilation
naturelle
individuelle de
chaque locaux**



**Ventilation
naturelle
transversale**



maria lopez diaz

**Grille de
ventilation
nocturne
intensive.
Ces grilles,
réalisées sur
mesure, se
fixent par
l'intérieur en
été, laissant
toute liberté
de
manipulation
de la
fenêtre par
les
occupants.**

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par ventilation nocturne

- **Forcer la ventilation mécanique durant la nuit n'est, en effet, guère intéressant du point de vue énergétique puisque la consommation électrique des ventilateurs pour assurer un débit suffisant durant la nuit est pratiquement semblable à la consommation de la climatisation pour évacuer la même quantité de chaleur à la relance matinale.**
- **Il existe évidemment une série de contraintes à la réalisation et à l'efficacité d'une ventilation naturelle nocturne intensive. Citons notamment :**
 - **la collaboration nécessaire des occupants,**
 - **les risques de sous-refroidissement des locaux, le matin,**
 - **l'inertie nécessaire des parois,**
 - **...**

Conception des espaces intérieurs

rafraîchissement par ventilation nocturne

Pour garantir l'efficacité du free cooling nocturne, malgré ces contraintes, nous pensons que tout en restant basé sur la ventilation naturelle, celui-ci doit être automatisé (ouvertures automatiques, régulées en fonction de la température intérieure et extérieure) et accompagné d'une maîtrise des apports de chaleur tant internes (équipements) qu'externes (soleil), au moyen de protections solaires.

- **Il est difficile d'estimer, le gain réalisable grâce au free cooling nocturne. Cela dépend de la structure du bâtiment, de mode de ventilation, de la taille des ouvertures, de la température extérieure, ...**
- **Pour fixer un ordre de grandeur, nous avons [simulé le comportement d'un immeuble de bureaux type](#).**
- **Dans ce bâtiment de 3 000 m², la température intérieure maximum est maintenue sous 24°C par un système de climatisation. Une ventilation naturelle nocturne, de 4 renouvellement par heure, est organisée lorsque la température intérieure dépasse 23°C et la température extérieure est inférieure à 18°C. Nous avons constaté une diminution de la consommation due à la climatisation :**
- **de 44 % si le bâtiment présente une inertie thermique importante (pas de faux plafond, de faux plancher, cloisons en béton);**
- **de 21 % si le bâtiment présente peu d'inertie thermique (faux plafonds et planchers, cloisons en plaques de plâtre).**

Conception des espaces intérieurs

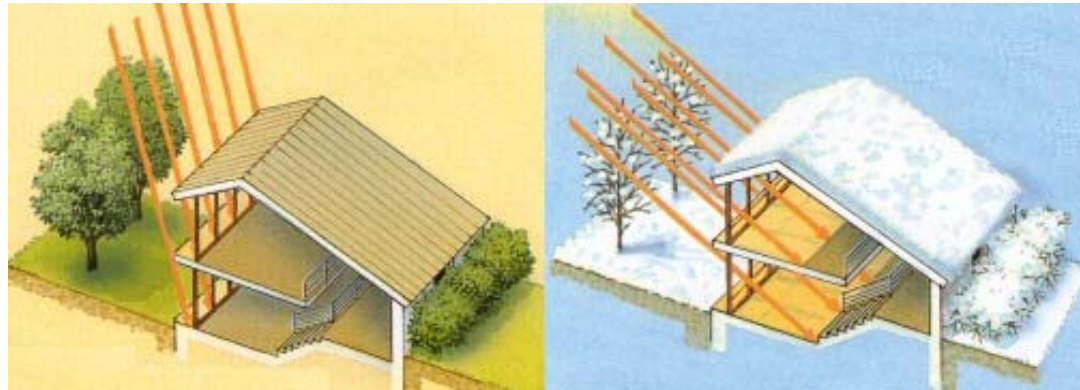
rafraîchissement par ventilation nocturne

- **Ce cas est évidemment idéal puisqu'il suppose la présence d'un système d'ouvertures automatiques régulé en fonction des températures. Ces estimations doivent être revues à la baisse dans le cas d'une gestion manuelle du free cooling.**
- **Mentionnons cependant qu'il existe des exemples de bâtiment existant dans lesquels, au moyen de grilles installées dans les châssis existants et manipulées manuellement par les occupants, on est parvenu à des résultats probants en matière de maîtrise des surchauffes d'été**

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

- Choisir les matériaux et techniques de construction qui répondent au cahier de charges établi
 - Besoins
 - Climats
 - choix stratégiques



Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

- murs, doivent permettre de **conserver la température interne** le plus longtemps possible (quelque soit la saison), tout en étant étanche à la pluie et au vent, mais pas à la vapeur d'eau.
- **volume de la maison détermine ses déperditions thermiques.** La forme la plus efficace serait un demi-sphère...
- Plus le **volume est compact** et moins il y aura de surfaces exposées aux intempéries, et donc aux déperditions.

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

- Plus la **forme est simple et moins il y aura de turbulences créées par le vent** qui génèrent elles aussi des **déperditions de chaleur importantes.**

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

- le verre

- a la particularité d'être transparent à l'énergie solaire sous forme lumière visible, mais d'être opaque à l'énergie sous forme de d'infra-rouges thermiques.
- pièce maîtresse de notre stratégie de récupération des calories solaires : on laisse passer la lumière, celle-ci finit par buter sur un matériau opaque, l'énergie lumineuse se transforme alors en énergie thermique en échauffant ce matériau, et celui-ci devient finalement un émetteur de chaleur en diffusant cette énergie sous-forme d'infrarouges.
- Ces infrarouges buttent sur la vitre qui les absorbe, s'échauffe, et les réemet, dans toutes les directions : vers l'extérieur, bien sûr, mais vers l'intérieur aussi. C'est ainsi qu'on peut capturer à l'intérieur de notre pièce une partie de la chaleur.
- Plus la pièce sera chaude et plus il y aura de chaleur qui sera dissipée vers l'extérieur, mais tant que de l'énergie lumineuse entrera, l'intérieur de la pièce continuera de s'échauffer, même si le milieu extérieur est froid: on appelle ce phénomène l'effet de serre.

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

- A part le verre, les autres matériaux se jugent les uns par rapports aux autres sur l'échelle de la
 - capacité thermique, sur leur
 - résistance mécanique, et sur leur
 - Perméabilité
- Nous avons vu que l'énergie calorique se déplace de trois manières différentes
 - la conduction,
 - la convection et
 - le rayonnement.

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

capacité thermique :

résultat de plusieurs paramètres.

- Le premier est la **quantité de chaleur** qu'il faut pour échauffer le matériau de 1°C.
- Le second c'est la **vitesse à laquelle la chaleur se déplace** dans le matériau.
- Le troisième c'est la **vitesse à laquelle la surface du matériau devient à la température de ce qu'elle touche.**

- ces paramètres définissent les propriétés thermiques d'un matériau,
- trois grandes familles :
 - les isolants,
 - les accumulateurs, et
 - les métaux.
 - Certains matériaux se trouvent à la limite entre ces catégories, mais la plupart se classent facilement.

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

- **Les isolants** absorbent peu de chaleur, leur température surfacique s'élève rapidement, la chaleur se déplace très lentement en eux.
 - De ce fait ils peuvent empêcher la chaleur de rentrer ou de sortir, dans un milieu qu'ils clôturent.
 - Ils apparaissent toujours « chauds » au toucher.
 - Par contre, ils sont incapables de stocker de l'énergie en eux-même (certains faiblement)
 - Ils sont également généralement très légers.
 -

Les accumulateurs (pierres lourdes, briques terre cuite..)

- à l'inverse des isolants, ils absorbent beaucoup de chaleur.
- Leur température de surface s'élève très lentement,
- et la chaleur se déplace moyennement vite en eux.
- En conséquence, ils ne peuvent pas empêcher la chaleur de les traverser, mais ils ralentissent son déplacement. Ils apparaissent toujours « froids » au toucher. Ils sont capables de stocker une grande quantité d'énergie.
- Ils sont en général très lourds.

- cas particulier : **Les métaux**
 - Ils absorbent beaucoup de chaleur,
 - leur température de surface s'élève rapidement
 - , mais la chaleur se déplace très vite en eux.
 - En conséquence, ils n'empêchent pas la chaleur de passer, et accélèrent son déplacement.
 - Ils apparaissent toujours « très froids » au toucher. Ils sont capables de stocker beaucoup d'énergie en eux-mêmes.
 - Leur poids est très variable.

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

seulement de l'isolant :

- ambiance intérieure condamnée à « l'instant présent ».
- soleil brillera: pièce trop chaude
- nuage : trop froide



La nuit : dépendante des apports internes instantanés, oscillants entre le trop chaud ou le trop froid dès que les conditions changent : 1 personne dans la pièce, trop froid, 2 personnes, correct mais une des deux personnes fait un effort physique... trop chaud. Etc.

En été: surchauffes . l'environnement extérieur la nuit est à la bonne température, donc la nuit tout va bien, mais dès que le jour se lève, la température extérieure devient trop élevée, la maison surchauffera donc dès que cette chaleur pourra entrer (porte ouverte par ex), et la surchauffe ne pourra que continuer jusqu'à la nuit (ou jusqu'à ce qu'un apport de froid soit produit).

Une maison d'isolant présente donc un confort très mauvais, avec un comportement moyen en hiver, et catastrophique en été.

une maison isolée par l'intérieur présente en pratique un comportement similaire à une maison entièrement constituée d'isolant (c'est tout particulièrement vrai dans ses combles s'ils sont aménagés

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

Seulement du métal

danger pour ses occupants.

Le jour car le métal serait brûlant au moindre rayon de soleil, la nuit parce que la maison **absorberait la chaleur de ses occupants**

jusqu'à la dernière goutte.

intérêt de l'abris en métal est de protéger de la pluie...



une maison de métal est inhabitable en toute saison.

une expérience simple :

plus confortable de dormir dehors en plein hiver s'il n'y a ni vent ni pluie que dans une voiture.

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

- accumulateur génère une ambiance moins frénétique
- changements de températures lents et doux.
- perpétuel déphasage entre les conditions extérieures et intérieures : lorsque le soleil brille, l'intérieur reste frais, il ne deviendra chaud qu'à la nuit tombée, et le restera pendant une bonne partie de la nuit.
- La température intérieure ne varie pas lorsque le nuage est voilé par rapport au soleil en direct.



Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort et les économies d'énergie

Hiver: la maison restera tempérée pendant le début de l'hiver, et deviendra ensuite de plus en plus froide, consommant pour maintenir une température interne convenable une quantité énorme d'énergie.

printemps, l'atmosphère interne restera froide longtemps après que les beaux jours soient revenus.



été, la maison restera fraîche tout le temps, sauf s'il se produit une canicule de plusieurs semaines, dans ce cas, c'est la catastrophe : l'intérieur de la maison devient anormalement chaud, de jour comme de nuit, pendant la même durée que la canicule mais après la fin de celle-ci...

Une maison d'accumulateur présente donc un confort mauvais, avec un bon comportement en milieu et fin d'été et automne, et un comportement mauvais en fin d'hiver et printemps.

Ce comportement se retrouve dans les maisons paysannes traditionnelles, elles présentent le meilleur compromis confort été/confort hiver.

pas de matériau idéal

Pas de « listes noires »

Pas de « matériaux miracle »

- Bonne solution : mélanger des isolants et des accumulateurs en répartissant judicieusement leur position et quantité.
- La "maison accumulateur" traditionnelle possède de nombreux défauts que l'usage des isolants et du verre doivent permettre de résoudre, contrairement à nos ancêtres qui devaient s'en passer

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

Choix multicritères

Choix des matériaux

Recyclage? réutilisation?

Quel intérêt et possibilités pour le recyclage de matériaux dans la construction (neuf et réhabilitation)

Le choix des techniques produits et matériaux fait appel à des critères

- architecturaux,
- techniques
- esthétiques
- de durabilité et de
- coût.



L'approche environnementale fait de plus intervenir des:

- **critères environnementaux**, portant sur toute la durée du cycle de vie des produits:
 - du berceau (extraction des matières premières)
 - à la tombe (recyclage et mise en décharge des déchets ultimes)

Critères de choix

Techniques classiques:

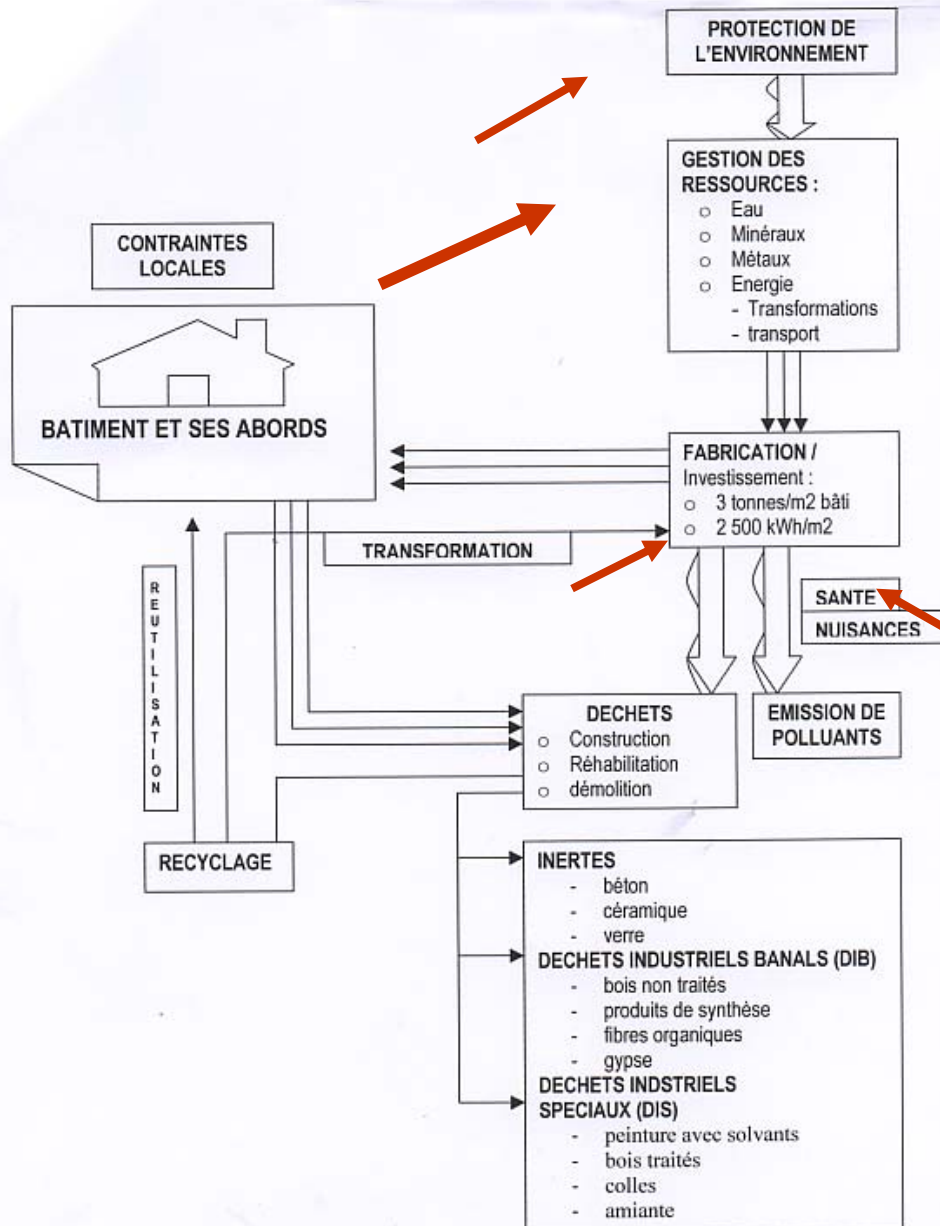
- Performances techniques
- Performances fonctionnelles
- Qualité architecturale
- Durabilité et facilité d'entretien

Critères de coût:

- Coût d'investissement
- Coût différés (d'entretien et de renouvellement)

Critères environnementaux :

- Économie de ressources
- Risques sur l'environnement
- Risques sur la santé



Démarche de choix environnemental multicritères

Démarche de choix environnemental multicritères

Économie de ressources

- Contenue énergétique
- Durée de vie
- Matériaux renouvelables?
- Ressources rares ?
- Matériaux recyclés ?
- Matériaux locaux?

Maîtrise des risques sur l'environnement

- Fabrication « propre » ?
- Effet de serre ?
- Couche d'ozone ?
- Élimination « propre » ?

Maîtrise des risques sur la santé

- Nature du risque ?
- Niveau de certitude du risque ?
- Occurrence du risque ?
- Principe de précaution ?

Économie des ressources

critères de choix: qui prennent en compte la consommation des ressources plus ou moins **rare** (*matières premières, énergie eau..*)

•**Énergie** : quantité d'énergie nécessaire pour fabriquer, transporter mettre en oeuvre entretenir et renouveler un matériau

•**Durée de vie optimisé** : pour rentabiliser les prélèvements de ressources initiaux

•**Matériaux renouvelables** : quantité de matériaux renouvelables dans le produit

•**Ressources rares** : quantité de ressources rares prélevée

•**Matériaux recyclés** : part de matériaux recyclés, utilisés pour la fabrication du produit

Maîtrise des risques sur la santé

limiter les **risques sur la santé des personnes**:

- en **fabrication**
- sur le **chantier, et parfois**
- **des utilisateurs au cours de la vie du bâtiment.**

Certains risques sont particulièrement à surveiller :

- Risque cancérogène (amiante, formaldéhyde, benzène, COV)
- Risque toxique (COV, produits toxiques)
- Risque allergène (micro-organismes, COV)
- Risques mutagènes, risques pour la reproduction(COV)

Opération permettant une réduction des consommations de solvants à la source

La société ABELIA DECORS (80) est **spécialisée dans la fabrication de papier peint vinyle**. La production annuelle se situe entre 7,5 et 10 millions de rouleaux.

Jusqu'à présent la fabrication du papier peint nécessitait l'emploi d'encre à haute teneur en solvant (85 %) responsables des émissions de COV sur le site.

ABELIA a décidé de remplacer cette gamme d'encre par des **encres à base aqueuse ne contenant que 5 % de solvants**. Cette substitution a permis de réduire les rejets de COV de 540 tonnes par an.

Machine d'impression héliogravure
ABELIA DECORS



Source :
ADEME internet

[Pour en savoir plus](#)

éviter les listes noires

- **Il s'agit d'éviter les listes noires et de faire un choix multicritères en s'appuyant sur une grille hiérarchisée de critères**
 - Ce choix ne peut se faire qu'en tenant compte de l'ensemble des critères qu'ils soient techniques, économiques ou environnementaux.

CVM

- L'analyse multicritères des matériaux doit se faire sur l'ensemble du cycle de vie du matériau, à savoir la phase de fabrication (jusqu' à la phase de démolition.)
- Les diverses phases du CVM n'ont pas la même influence sur les différents critères de choix
- Parfois il s'agit d'un choix multicritères avec des évaluations parfois contradictoires entre critères qu'il faut par conséquent pondérer

économie d'énergie et de ressources.

Rappel

Les sources d'énergie, combustibles ou non, les matières premières disponibles ne constituent malheureusement pas des ressources inépuisables.

Certaines d'entre elles sont d'ores et déjà des ressources rares ou peuvent le devenir à l'échelle d'une ou deux générations

Réserves:

Pétrole brut entre 36 et 60 fois la consommation annuelle

Uranium: 60 années?

Certains Bois tropicaux: surface réduite à la moitié (**France premier importateur de bois tropicaux: 1,3 millions de m³ par an**)

La fabrication de plastiques consomme 4% de la production pétrolière.

économie d'énergie et de ressources.

Matières les plus présentes:

- Oxygène : 46%
- Silicium: 27%
- Aluminium
- Fer
- Sodium
- Potassium
- Magnésium

Consommations

- Le béton est la deuxième matière consommé après l'eau : 900kg par an par personne
- France : 400 millions de tonnes de granulats
- Et 20 millions de tonnes de ciment

Réduction des consommations:

Allègement des composants?

- Béton
- PVC
- Épaisseur structures

Recyclage peut atteindre:

- 60% pour le cuivre
- 50% pour l'acier
- 30 à 50% pour l'aluminium, le plomb et le zinc
- En 1992, 2000 tonnes de plastique ont été recyclées dans le bâtiment(dalles, tubes, chemins de câbles)

*Ref. bibliog. Eco-conception des bâtiments batir en préservant
l'environnement Bruno Peuportier*

Consommation de matériaux dans la construction de logements

- La consommation de matériaux dans la construction de logements suppose aujourd'hui un investissement de près de **3 tonnes par m² bâti**. Même s'ils sont produits localement à moins de 400 km de distance, l'énergie nécessaire pour les fabriquer, généralement d'origine fossile, **atteint les 2.500 kWh par m² ce qui équivaut à l'utilisation du logement pendant une période de vingt ans !!**
- A eux seuls, la fabrication des matériaux en **céramique** ainsi que l'**acier** nécessaires pour produire tout ce qui compose un bâtiment représente plus du **50% de la consommation d'énergie**.

Dommages environnementaux

Les territoires et les écosystèmes subissent d'importants dommages environnementaux dus à l'extraction de matériaux majoritairement minéraux.

Dégradation des écosystèmes

- **Extraction de sables et graviers:**
 - 1950: 17 millions de tonnes
 - 1980: 230 millions de tonnes
 - 1990: 400 millions de tonnes

En Espagne, l'utilisation des graviers représente 54% du poids d'un bâtiment, ce qui, avec les autres matériaux minéraux utilisés fait un total de 85%.

- **Labels + autres critères de sélection pour aider les architectes à orienter leur choix:**
 - Favoriser l'utilisation de matériaux contenant des **matières renouvelables recyclables ou recyclées**
 - Préférer les matériaux issus de **production locales** pour réduire la part générée par les **transports**
 - Privilégier des produits de construction dont le contenu **énergétique est le plus faible possible**

- **Labels + autres critères de sélection pour aider les architectes à orienter leur choix (cont)**
 - appliquer le principe de précaution pour les produits dont on ne connaît pas encore l'impact sur la santé
 - Utiliser des matériaux qui apportent une plus-value en terme de confort d'usage et permettant de réduire les besoins énergétique
 - Vérifier que les opérations d'entretien ou de maintenance soient compatibles avec les moyens

Choix des matériaux: choix des critères



CHOIX DES MATERIAUX

Légende des caractéristique : --- très négative - négative • moyenne ou neutre + positive ++ très positive

	Matériaux	Eco bilan (construction)	Eco bilan (démolition)	Valeur isolante	Confort d'été	Prix
Laine minérale	Laine de verre	-	-	+	•	+
	Laine de roche	-	-	+	•	+
	Vermiculite	-	•	-	•	-
	Perlite	-	•	•	•	-
Synthétique	Polystyrène	-	---	+	•	•
	Polyuréthane (1)	---	---	++	•	-
	Isolant mince	---	---	---	---	---
Isolants sains	Laine de cellulose	•	•	+	+	-
	Laine de bois	+	+	+	+++	-
	Liège expansé	•	+	+	+++	-
	Laine de mouton	•	+	+	+	-
	Laine de chanvre	•	+	•	•	-
	Plume de canard	•	+	+	•	-
Isolation répartie	Brique terre cuite	-	+	+	+++	-
	Béton cellulaire	•	•	+	+++	-
	Botte de Paille (2)	+	+	+	+++	+

(1) le polyuréthane, bien que très cher ne possède qu'une appréciation négative et non pas très négative sur le prix car il offre des propriétés isolantes intéressantes avec peu d'épaisseur, ce qui peut présenter un intérêt dans certains cas, comme l'isolation du plancher par exemple.

(2) la botte de paille possède les meilleures appréciations globales, mais son approvisionnement est limité à des filières locales encore peu généralisées.

Dans la pratique...

- *Spécification d'équipements et de finitions demandant peu d'entretien.*
- *Spécification de matériaux de construction non polluants*
- *Réduction ou élimination des destructeurs d'ozone*
- *Réduire la quantité de déchets à éliminer*
- *Faciliter la réduction des déchets de construction, de rénovation et de démolition*
- *Concevoir des installations adéquates pour promouvoir les programmes de recyclage*
- *Utiliser des matériaux durables, pouvant s'entretenir et contenant des matières renouvelables et recyclées*

- ***Planification de la conception et de la construction de façon à minimiser les déchets de construction et de démolition***
- ***Conception des bâtiments qui minimise les besoins énergétiques : immeubles à meilleur rendement énergétique***
- ***Utilisation de sources d'énergie écologiques et efficaces pour chauffer, refroidir, ventiler, éclairer et alimenter en électricité les installations***
- ***Recours à des sources d'énergie renouvelables et non polluantes***
- ***Aménagement du terrain de façon à traiter les eaux d'orage***

Dans la pratique...

- ***Spécification de matériaux de construction à faible énergie intrinsèque***
- ***Stratégies paysagistes efficaces sur le plan de l'eau***
- ***Utilisation efficace de l'eau***
- ***Réduire les émissions des gaz à effet de serre***
- ***Connaissance des effets sur le site de la construction et de l'exploitation d'un immeuble***
- ***Stratégies paysagistes qui rehaussent les qualités écologiques du site***
- ***Méthodes de construction qui réduisent les effets sur l'environnement et les déchets de construction***
- ***Nous devons comprendre l'agenda environnemental qui se dessine***

Dans la pratique...

- *Développer les compétences et connaissances voulues pour réaliser l'agenda environnemental dans tous les travaux de conception*
- ***Examiner de façon critique les normes actuelles de conception et réévaluer chaque projet de conception selon ses mérites***
- *Se montrer ouvert et réceptif aux nouvelles idées en matière d'environnement et être prêts à réévaluer les meilleurs méthodes*
- *Appliquer une démarche concertée selon laquelle chaque membre de l'équipe de conception connaît à un certain niveau toutes les questions importantes d'un projet et peut faire des contributions opportunes*

Dans la pratique...

- *Envisager avec imagination de réutiliser matériaux, éléments et immeubles en les combinant avec une foule de nouveaux matériaux qui apparaissent sur le marché sous la poussée de l'industrie du bâtiment à la recherche de moyens novateurs de transformer les déchets en ressources*
- *Acquérir des compétences, des connaissances et des attitudes nouvelles au service de la rénovation et apprendre à devenir des conservateurs de l'environnement bâti*
- *Examiner le rapport coût-efficacité des stratégies d'environnement dans le contexte global des coût de rénovation et non simplement des avantages relatifs de ces stratégies*
- *combattre le cloisonnement professionnel entre architectes, les ingénieur et les autres participants à la production des immeubles*

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

- **La Perméabilité à la vapeur d'eau** dépend de la structure interne du matériau.
- Il n'y a pas vraiment de grande famille dans ce domaine.
- Certains matériaux sont très hydrophiles, et absorbent l'eau mais ne laissent pas passer la vapeur d'eau, d'autres sont imperméables à l'eau liquide mais pas à la vapeur d'eau.
- Certains encore sont imperméables à tout échange de fluide qu'il soit gazeux ou liquide.
- Il est important de connaître le comportement des matériaux à ce sujet pour ne pas les utiliser à un endroit inapproprié, c'est à dire, un endroit où ils ne répondraient pas au cahier des charge de notre ouvrage (étanchéité air et eau, mais perméabilité à la vapeur d'eau).

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

Les bois :

- Thermique > le bois est un matériau composite qui n'est ni un isolant, ni un accumulateur.
- Les bois les plus légers sont presque des isolants,
- les bois les plus lourds sont presque des accumulateurs.
- Toutefois, ils ne peuvent être utilisés pour ces rôles qu'avec circonspection puisque **les propriétés du matériau changent en fonction du sens dans lequel il est posé.**
- Résistance mécanique > généralement très résistant et élastique perpendiculairement à la fibre, faible et cassant dans l'autre sens.
- Perméabilité > variable suivant les essences, le fil du bois et sa section, la perméabilité reste souvent idéale.
Étanche à l'air et à l'eau, mais perméable à la vapeur.



- Le bois est un matériau tout indiqué pour la construction, mais il ne convient pas si l'on n'utilise que lui.
- Il faut le marier avec de vrais isolants et de vrais accumulateurs (cette conclusion n'est valable que pour la région centre). C'est un matériau qui se marie presque à la perfection avec le fonctionnement de notre organisme, juste après l'argile

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

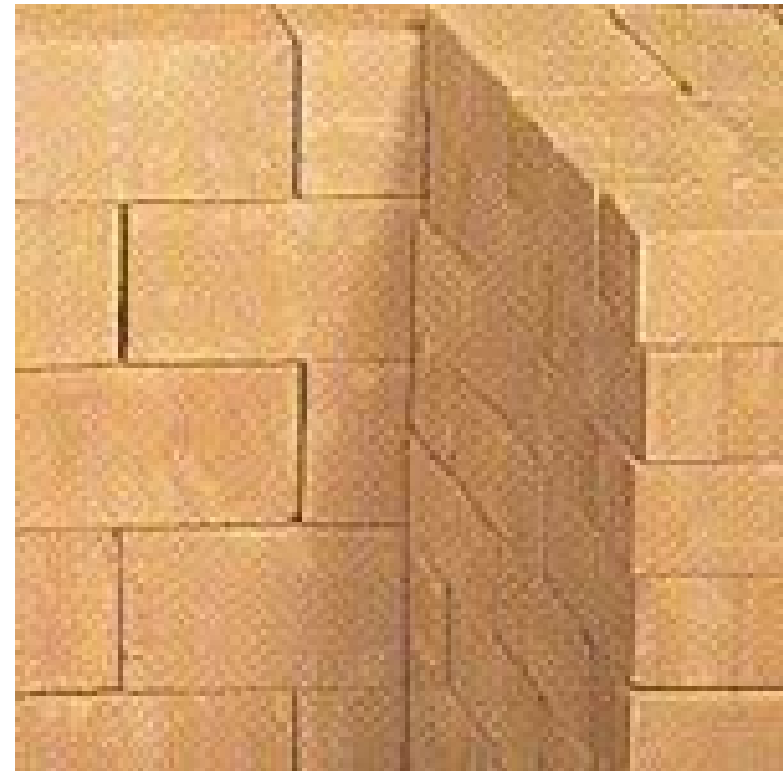
- **Les pierres :**
 - Thermique > généralement accumulateur. Quelques pierres volcaniques sont isolantes.
 - Résistance mécanique > résistant et cassant. Présente parfois des résistances différentes selon le sens du matériaux.
 - Perméabilité > toujours étanche à l'air, pas forcément étanche à l'eau, de faiblement perméable à la vapeur à imperméable à la vapeur d'eau.
- La pierre est un bon choix d'accumulateur. Généralement on peut également lui confier une fonction porteuse, par contre, il est toujours nécessaire de lier les différents blocs de pierres ce qui mélange les propriétés de la pierre elle-même avec celle du matériau qui lie les blocs. Cela peut grandement modifier le résultat final, notamment au niveau de la perméabilité.



Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

La terre crue (l'argile) :

- Thermique > **accumulateur**. Il est possible de le rendre isolant en le mélangeant avec des fibres végétales.
- Résistance mécanique > faible et plastique ou dur et cassant en fonction du taux d'humidité.
- Perméabilité > Étanche à l'eau et à l'air, perméable à la vapeur d'eau.
- L'argile **est l'accumulateur idéal**. Sa mise en oeuvre permet de l'utiliser en fonction porteuse ou en combinaison avec du bois. C'est le matériau le plus adapté à notre organisme. Il est possible de construire une habitation idéale pour l'être humain juste avec de la terre crue, c'est le seul matériau qui le permette.



Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

- **La terre cuite :**

- Thermique > accumulateur. Il est possible de le rendre isolant en le mélangeant avec de l'air pendant ou après la cuisson (alvéoles).
- Résistance mécanique > résistant et cassant.
- Perméabilité > étanche à l'air et à l'eau (sauf défaut de cuisson), peu perméable à la vapeur d'eau. La perméabilité de la terre cuite (à tout) augmente au fil du temps jusqu'à ce que le matériau devienne complètement poreux.
- La terre cuite pleine est un bon accumulateur, mais peut également être un isolant correct en grande épaisseur (et avec beaucoup d'air). Ce matériau est très semblable à la pierre, mais est plus facile à utiliser du fait qu'on peut lui donner avant de le cuire la forme désirée.



École *Spéciale* d'Architecture

la Terre un matériau contemporain

Développement durable et architecture
l'Argentine

26 septembre 2008

Maria López Díaz

Architecte

purylopezdiaz@hotmail.com

Architecture^s en terres^s

=

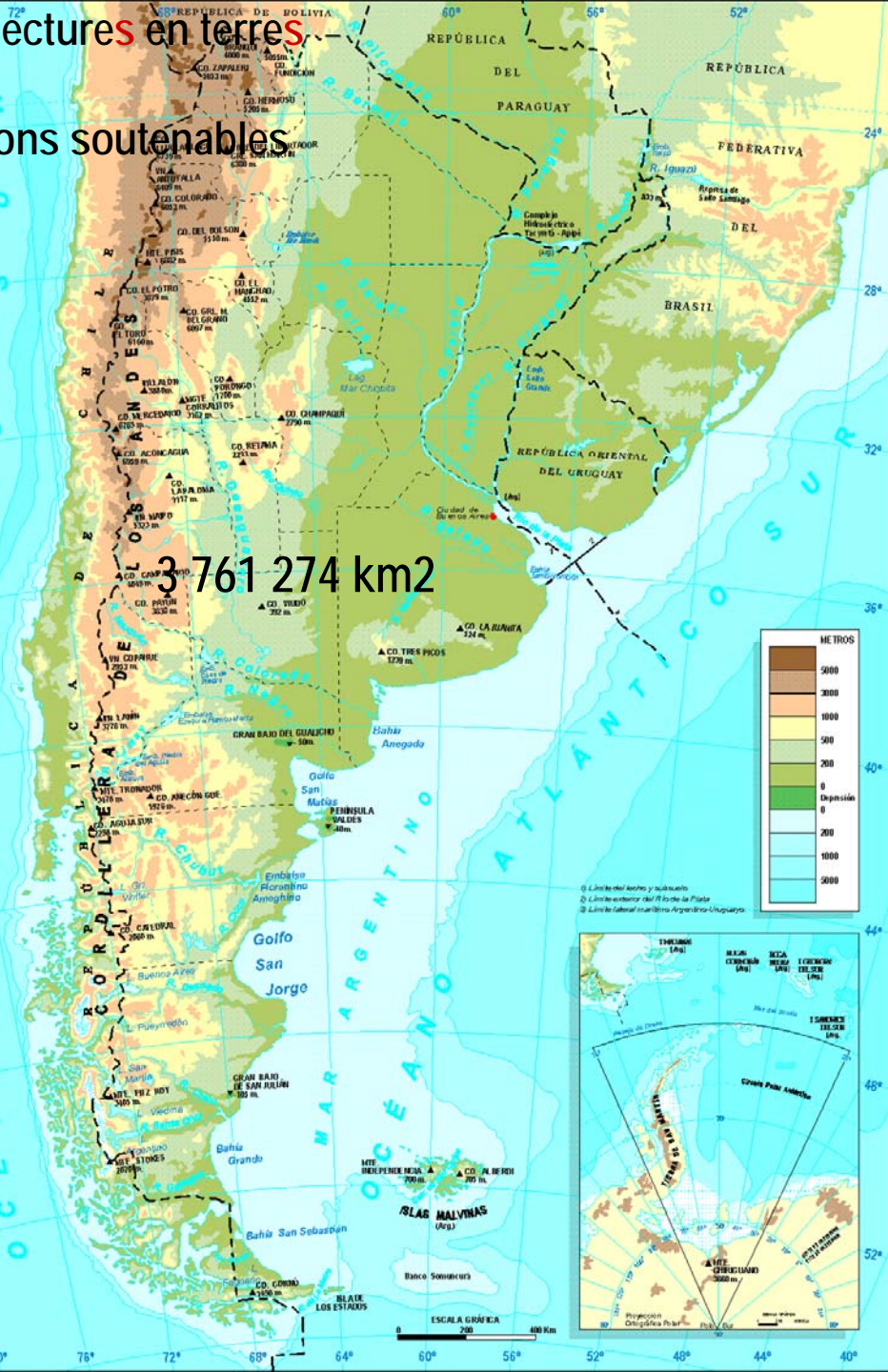
solutions soutenables

Hier - aujourd'hui - demain

Architectures en terres
=
solutions soutenables



Pucara de quitor



=

solutions soutenables

plan

- Matériau : terre matériau d'avenir
- La terre et les principes du développement durable
- La **modernité** laquelle?
- L'histoire et la recherche sur **les techniques constructives** et « **les matériaux terres...** » en Argentine

Architectures en terres

=

solutions soutenables

- Penser, concevoir, réhabiliter en tenant compte du DD: Qualité...besoins...
- *Quels matériaux, combien de matériaux pour un urbanisme durable?*

architectures durables

aspects :

**Ecologiques,
environnementaux**
Ex : épuisement des
ressources, dégradation
des écosystèmes et des
paysages

matériaux

Sociaux

Ex : santé

matériaux

Culturels :

Ex : protection du patrimoine
Identité d'une ville, d'une typologie de
batiments....

matériaux

Economiques

Ex : durabilité
Energie
charges

matériaux

Architectures en terres

=

solutions soutenables

à l'heure d'une:

- **Conscience et acceptation d' une urgence pour mettre en place:**
 - des actions concretes pour un développement soutenable, qui feraient face aux:
 - » défis environnementaux,
 - » urgences sociales
 - » **Protection du patrimoine** “culturel”, “rural”, “agricole”, “forestier”, “urbain” ... “ressources”,
 - » ...
- **Naissance de:**
 - Quartiers écologiques
 - Villes durables
 - Grattes-ciels écologiques

Architectures en terres

=
solutions soutenables



**VESTERBRO -
COPENHAGUE**



**HAMMARBY
SJÖSTAD -
STOCKHOLM**



BO01 - MALMÖ

BEDZED -BEDDINGTON



**NSBERG -
OVRE**

CITÉ MANIFESTE MULHOUSE



**VAUBAN -
FRIBOURG**



Dongtan

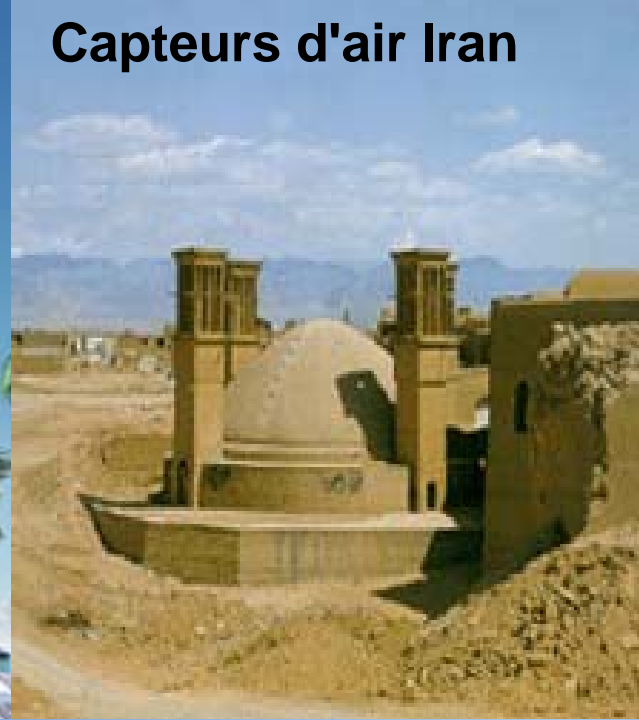
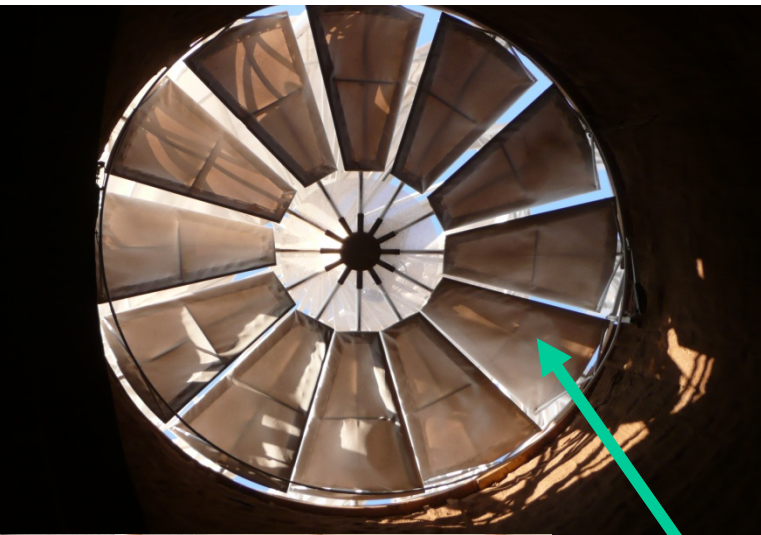
Architectures en terres

=

solutions soutenables

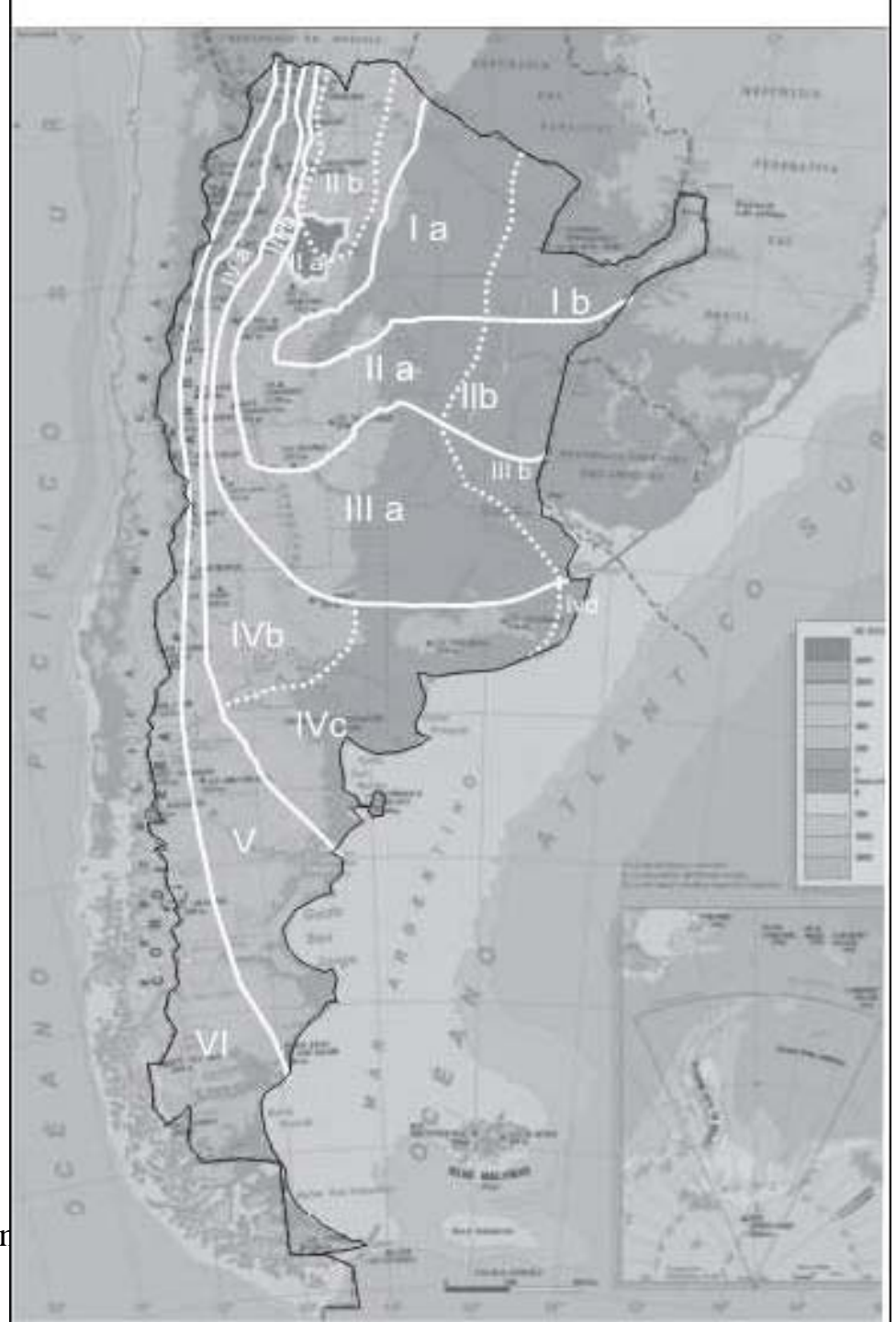
Burj al-Taqa

Capteurs d'air Iran



EXPOSITION ZARAGOZA L'EAU ET LE DD

Architectures en terres
=
solutions soutenables



Architectures en terres
=
solutions soutenables

Industrie du
tourisme



Capilla de la Gracitud
Salentein-Bórmida&Yanzón

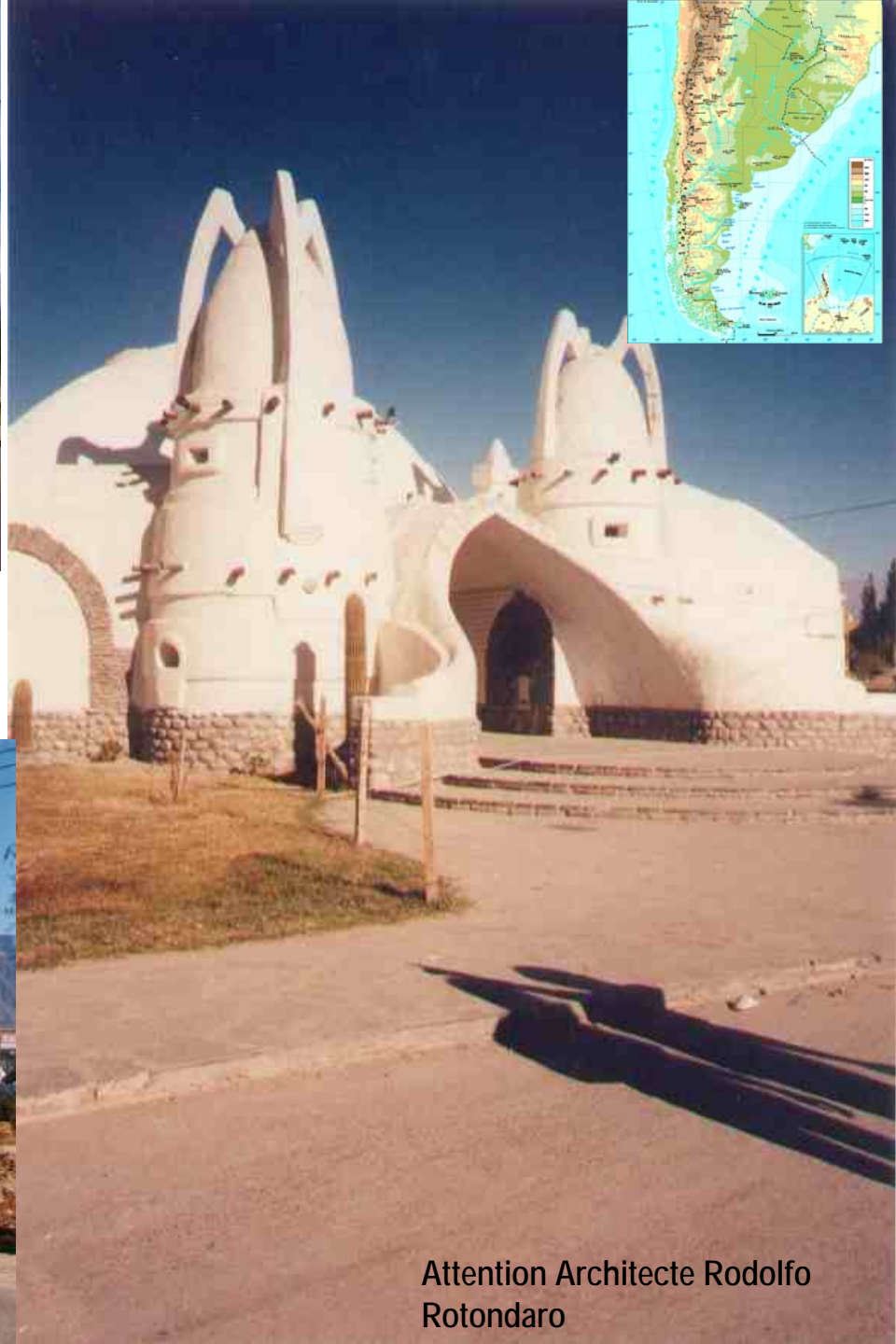
Architectures en terres

=

solutions soutenables



Centre touristique y culturel K-Sama (Catamarca)



Attention Architecte Rodolfo
Rotondaro

Architectures en terres

=

solutions soutenables

Attention Architecte Rodolfo
Rotondaro



Hotel Susques,
Jujuy



Architectures en terres
=
solutions soutenables

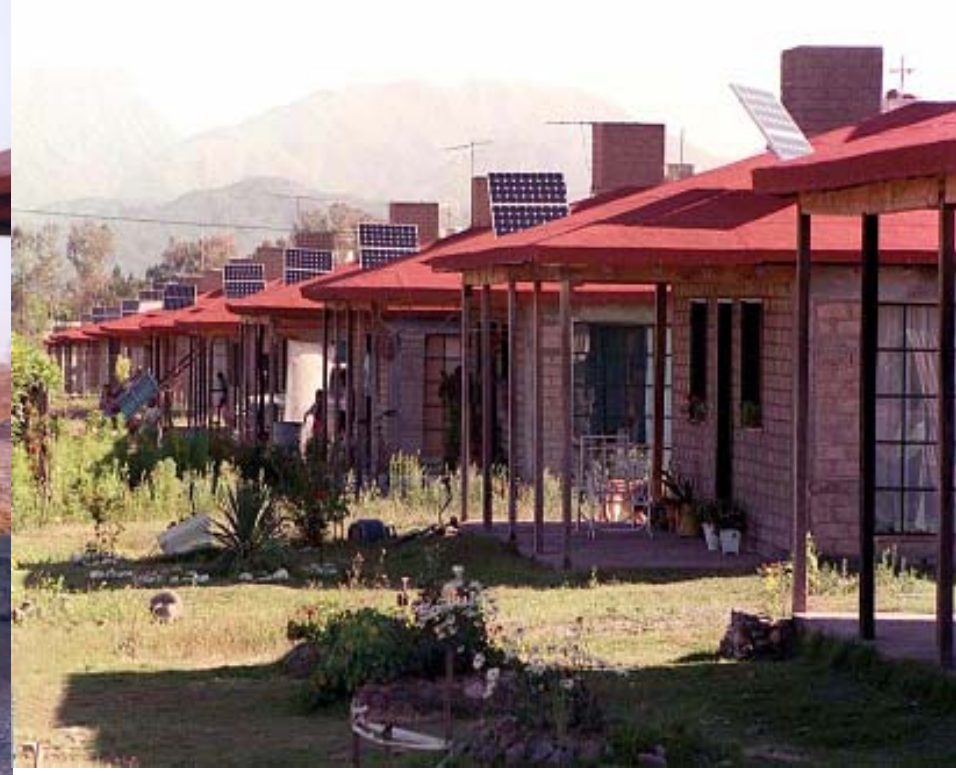


Viviendas y cabañas
en
Purmamarca, Jujuy

Attention Architecte Rodolfo
Rotondaro

Architectures en terres
=
solutions soutenables

Barrio ECOSOL, Salta



maria lopez diaz

Attention Architecte Rodolfo
Rotondaro

Architectures en terres
=
solutions soutenables

Vivienda del Estado,
Jujuy



18/02/2005

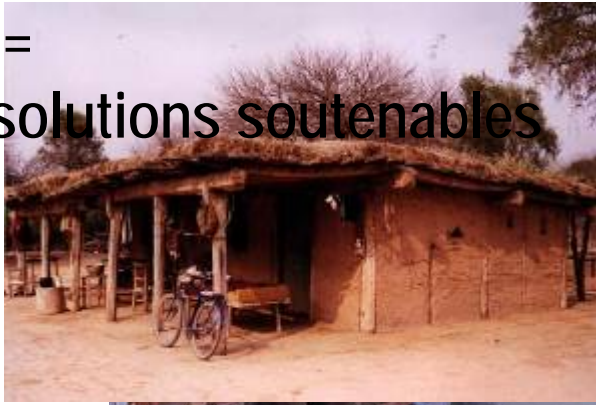
maria lopez diaz

Attention Architecte Rodolfo
Rotondaro

Architectures en terres

= solutions soutenables

Mejoramientos para la Vivienda de zonas con el Mal de Chagas, Sgo del Estero



Attention Architecte Rodolfo Rotondaro

Architectures en terres

=
solutions soutenables



Attention Architecte Rodolfo
Rotondaro

maria lopez diaz

Alternativas tecnológicas en
Zonas urbanas pobres,
Gran Buenos Aires

Architectures en terres = solutions soutenables



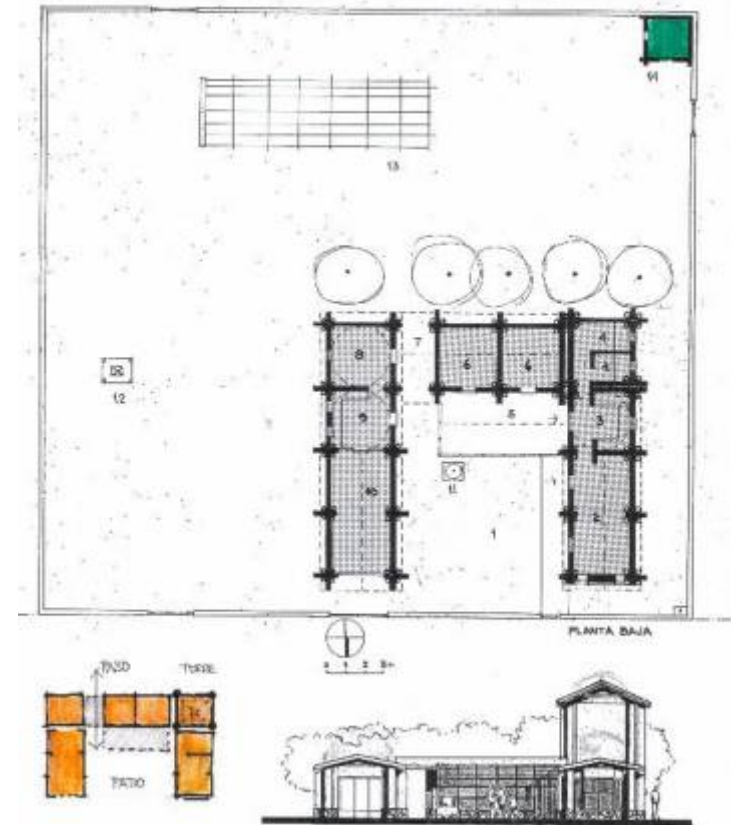
CRIATIC, Centro Regional de Investigación en Arquitectura de Tierra Cruda, Univesidad Nacional de Tucumán



Attention Architecte Rodolfo
Rotondaro

Architectures en terres

= solutions soutenables



Attention Architecte Rodolfo Rotondaro

Estación Científica Pozuelos, Jujuy

Architectures en terres = solutions soutenables

capacitación



maria_lopez_diaz
Attention Architecte Rodolfo
Rotondaro

Cursos y transferencia
De tecnología constructiva
(terrabaires)

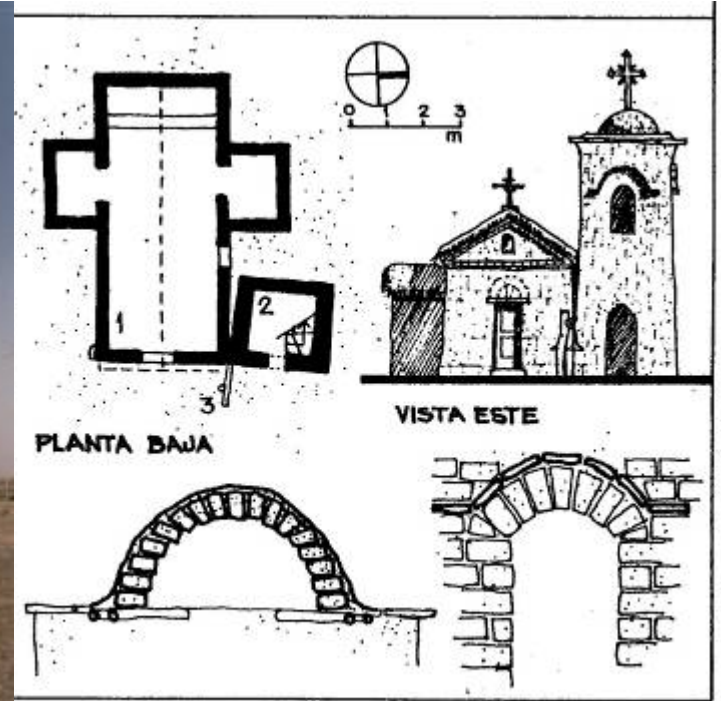
Architectures en terres

=
solutions soutenables

Fabricación de adobes tradicionales (altiplano)
Ritual de la Pachamama (altiplano)
Horno de barro para cocer pan (altiplano)



Architectures en terres
=
solutions soutenables



Capilla de adobe en área rural de Jujuy

Templo guaraní en Misiones

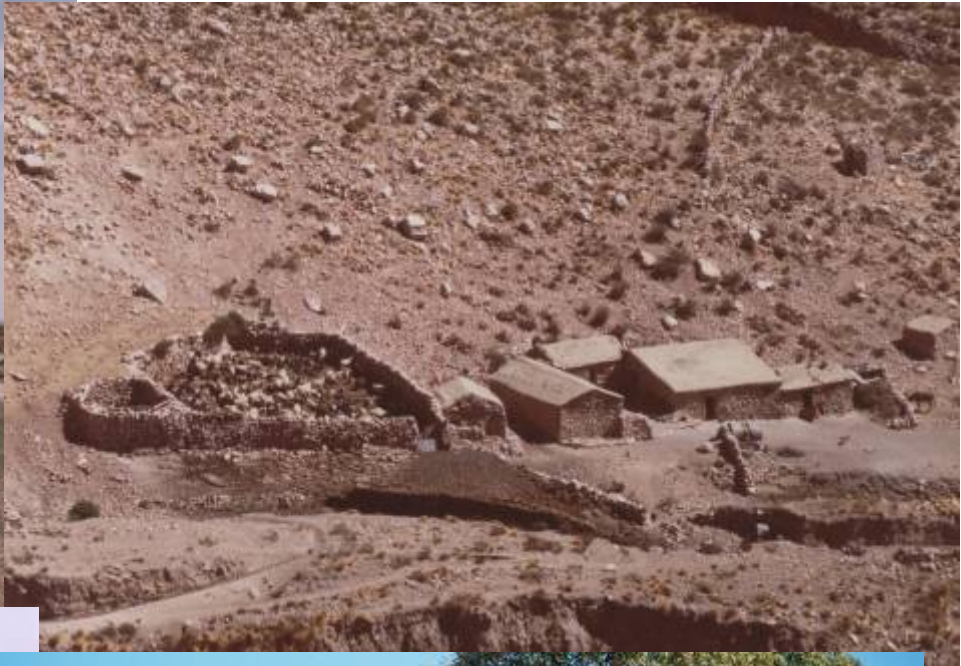


maria

Attention Architecte Rodolfo
Rotondaro

Architectures en terres

solutions soutenables



Vivienda rural vernácula (Jujuy, Sgo. del Estero y San Juan)

Attention Architecte Rodolfo Rotondaro

Architectures en terres

=

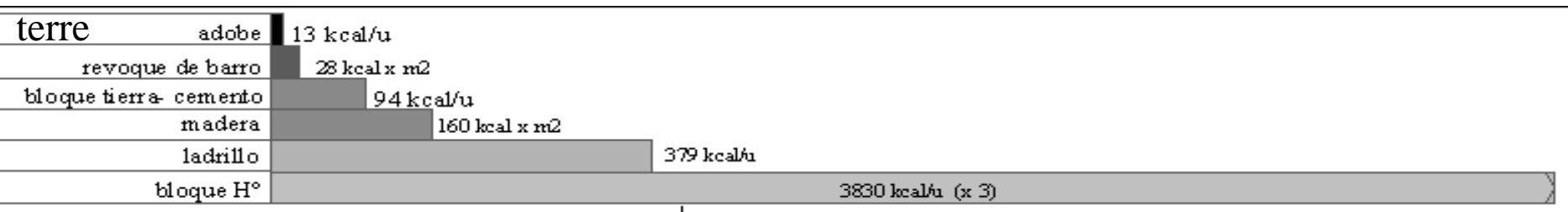
solutions soutenables

3. *Análisis de Consumos Energéticos*

Por otro lado, se considera el gasto energético para la producción de los materiales comúnmente empleados en la producción de las viviendas rurales de la zona en consideración. (Figura 15). Los usuarios-constructores de este caso de vivienda analizado, utilizaron en primer lugar el ladrillo cerámico macizo para la materialización del volumen principal de la misma. En la figura, se advierte que la energía insumida para la generación este material es importante. Por lo tanto, para evitar impactos nocivos al ambiente, es conveniente utilizar otros materiales con menor gasto energético o incorporar innovaciones al proceso de fabricación del ladrillo para que la leña usada como combustible en su cocción sea empleada en forma racional.

Figura 15: *Energía necesaria para la producción de materiales*

Énergie nécessaire pour la fabrication des matériaux



Architectures en terres

=

solutions soutenables

BESOIN D'UNE DEFINITION DE PATRIMOINE

- NON PAS « INDIVIDUELLE » DES PARENTS AUX ENFANTS SINON
- PLUS UNIVERSELLE : DE L'HUMANITE A L'HUMANITE

- VISION QUI SE CORRESPOND MIEUX AUX CONCEPTS QUI STRUCTURENT UNE DEMARCHE INSCRITE DANS LE DEVELOPPEMENT DURABLE
 - GAZ EFFET DE SERRE ENDOMMAGENT LA PLANETE
- APPROPRIATION DU CONCEPT DE PROTECTION DU PATRIMOINE A L'ECHELLE MONDIALE:
 - L'HISTOIRE?
 - L'ESTHETIQUE?
 - ETC
- OUI
 - BESOIN DE TEMPS

=

solutions soutenables

- **CHOIX PAR PRIX = DEVALORISATION**
 - INTERVENTIONS POUR RENDRE HABITABLE ET POUR UNE LEGITIME « APPROPRIATION »
 - CONCEPTS DE VALORISATION QUI SE CORRESPONDENT A UNE MODERNISATION
 - MODERNISATION A L' IMAGE DES VILLES, DES QUARTIERS MODERNES CONNUS
- **DESTRUCTION MATERIELLE ET CONCEPTUELLE**
- **LOIS DE PROTECTION . CONTRAINTES**
- **MODERNITE?**

Architectures en terres

=
solutions soutenables



- Efficacité énergétique: diminutions des besoins d'énergie
 - exemple **Bed ZED**
 - Objectifs : écologiques + sociaux
 - adéquation au climat
 - compacité des bâtiments
 - densité
 - Utilisation de matériaux de construction locaux : – de 60 km
- aria lopez diaz
- Confort au moindre prix pour l'environnement

Architectures en terres = solutions soutenables



La vénération à la Pachamama constitue une des plus anciennes manifestations religieuses de l'Amérique du Sud.

Croyance: la terre es considéré comme un être divin à l'origine de tout ce qui existe.

Architectures en terres

=

solutions soutenables

Je vous remercie de votre attention

maria lopez diaz

Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

- **Les fibres végétales ou animales :**

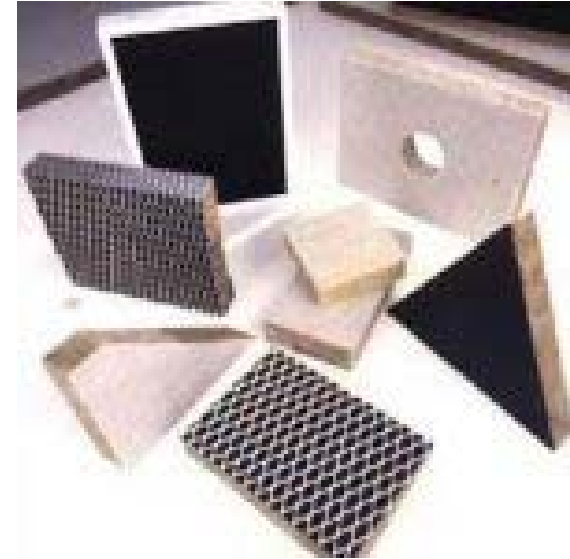
- Thermique > isolant.
- Résistance mécanique > faible à résistant et élastique.
- Perméabilité > perméable à la vapeur d'eau. Généralement perméable à l'eau, sauf si les fibres sont très serrées et/ou enduite d'une matière hydrofuge. Généralement perméable à l'air, sauf si les fibres sont très serrées.
- Il existe de très nombreuses fibres dont on peu tirer des produits isolants de toutes natures. S'ils sont naturels, ces produits sont biodégradables et peuvent être détruits par des créatures qui les consomment, ou détruits par des champignons si le taux d'humidité est élevé et constant. Ces fibres ont toutes la capacité de ne pas perdre leur pouvoir isolant même si le taux d'humidité est élevé.



Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

- **Les fibres synthétiques :**
 - Thermique > isolant
 - Résistance mécanique > faible à résistant et élastique.
 - Perméabilité > Généralement perméable à l'air et à l'eau, sauf tissage spécifique. Perméable ou imperméable à la vapeur d'eau, dépend du processus de fabrication.
- Les isolants à base de fibres synthétiques, pour ceux qui ne sont pas d'office complètement étanches à la vapeur d'eau, présentent l'inconvénient de perdre leur pouvoir isolant en présence d'eau (ils prennent alors les propriétés accumulatrices/conductrices de l'eau). La mise en oeuvre les rend alors imperméable à la vapeur d'eau en les protégeant avec un pare-vapeur étanche, ce qui les rend de fait impropres à l'utilisation en tant qu'isolant dans une habitation.

maria lopez diaz



- Confort des villes ? la minéralisation croissante synonyme d'augmentation de l'inertie thermique les villes subissent « **l'effet d'ilôt de chaleur** »



- On recherche recréer des espaces verts sur les toits : les toitures végétalisées ont un rôle important dans le confort des villes : évaporation d'eau, rétentions des poussières, confort thermique, acoustique qualité de l'air

