



**E**COLE  
NATIONALE  
SUPERIEURE  
D'**A**RGHITECTURE  
DE  
**P**ARIS **L**A **V**ILLETTE

SCIENCES ET TECHNIQUES POUR L'ARCHITECTURE

licence

3eme année Unité d'enseignement UEL5 14

**MAITRISE DES AMBIANCES 3  
THERMIQUES**

**COURS**

**20 dec 2013 10 janvier 2014**

MARIA LOPEZ DIAZ

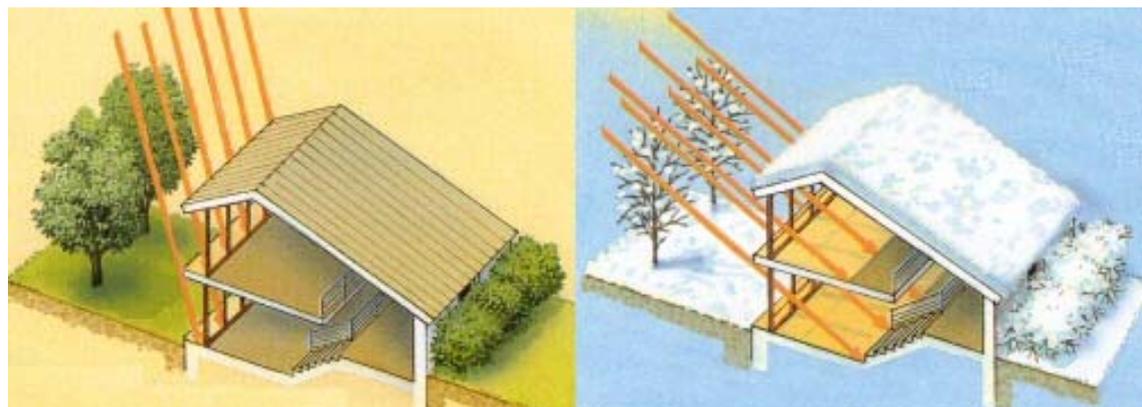
Sommaire :

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

Condensation

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

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



### Sujets « CLES »

développement durable?

Quels choix??? Quels critères

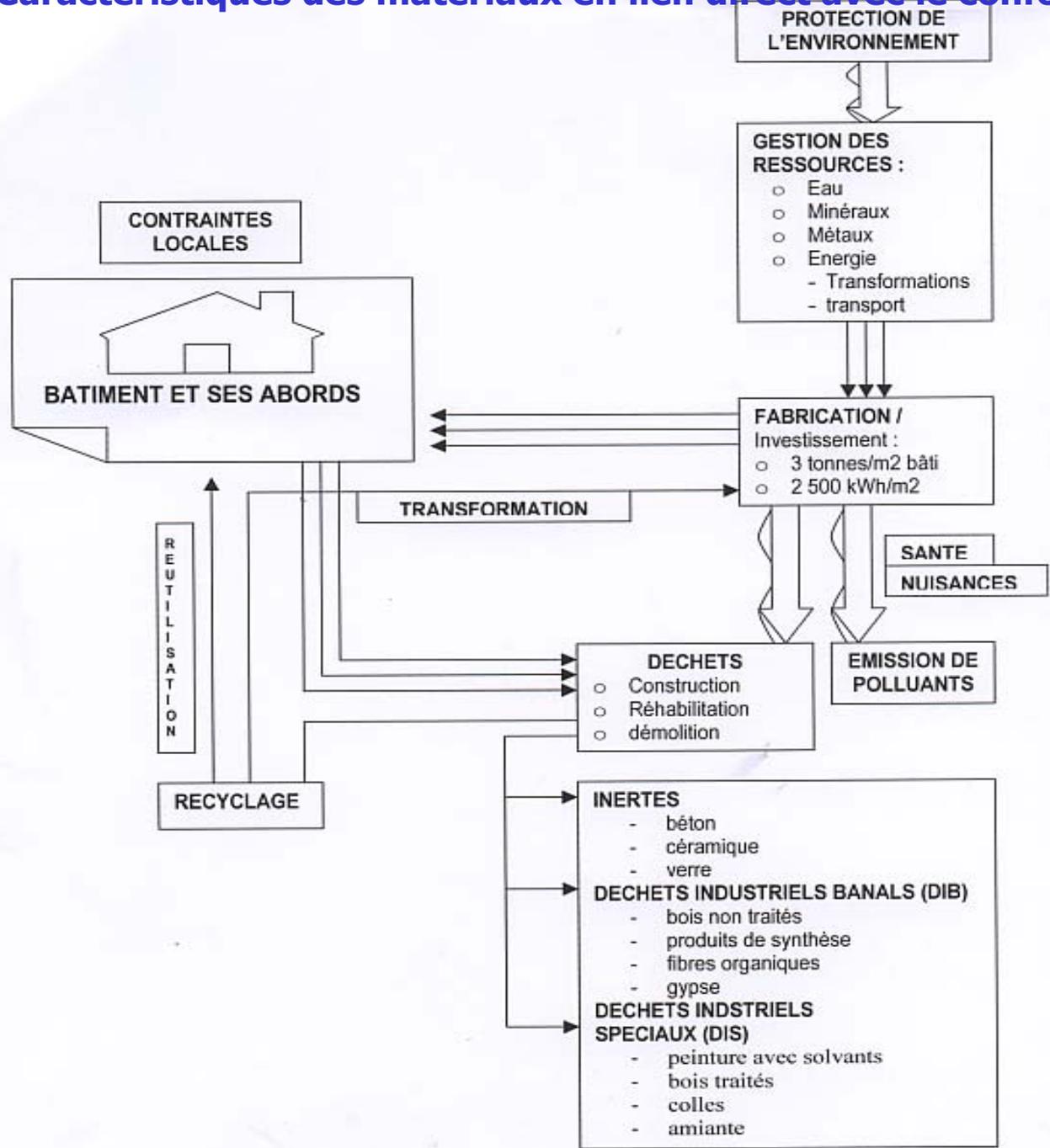
- Économiques, techniques, esthétiques
- Santé... Confort
- Protection de l'environnement: épuisement des ressources, économies d'énergies
- Protection du patrimoine
- Atteintes à la biodiversité
- Dégradation des écosystèmes et des paysages, matériaux avec un fort impact environnemental
- analyse du cycle de vie
- traitement des déchets
- Choix des matériaux Recyclage? Réutilisation?
- Quelles intérêt et possibilités pour le recyclage de matériaux dans la construction (neuf et réhabilitation)
- Énergie grise
- Production des déchets issus de la construction
- substitution de matériaux
- Normes démarches labels



**Mais il n'y a pas que le confort et les économies d'énergies!!!**

**Deux mots sur les « Choix multicritères »**

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



**Choix des systèmes et matériaux de construction**

**Réutilisation**

**Recyclage**

**Protection de l'environnement**

**Santé- Confort**

# 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 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> 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**.

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

### Ressources non renouvelables

Connaître les limites biologiques et la capacité productive de la biosphère.

La dégradation continue de celle ci par:

- la surexploitation et
- les mauvais traitements

diminue sa capacité de produire des ressources essentielles et aussi sa capacité de se rétablir.

**maintien de l'intégrité fonctionnelle de l'écosphère pour:**

- **qu'elle résiste au stress imposé par les humains et**
  - **qu'elle conserve sa productivité biologique,**
- et une condition préalable au développement durable.**

**Celui ci exige que la production des déchets et des pollutions résultant de l'activité humaine y compris de la construction et de l'exploitation de bâtiments, respecte la **capacité d'assimilation des systèmes naturels.****

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

## Ressources non renouvelables

comme leur **quantité est limité** les ressources non renouvelables doivent être utilisées ou transformées de façon qu'elles demeurent utiles et accessibles aux générations à venir.

Par conséquent en plus de **réduire la quantité de ressources qu'on investi il faut faire des bâtiments des bien utiles pour les générations futures.**

- cette exigence a des profondes répercussions sur
  - la qualité,
  - la longévité
  - et la capacité de réutilisation des bâtiments
  - ainsi que sur les possibilités de**
    - Récupérer
    - de réutiliser et
    - de recycler leurs matériaux et éléments constituants.

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

### erreurs du passé récent?

- Sa légitimité réside en partie, dans les erreurs du passé. On conçoit un bâtiment dans un site sans s'occuper des effets que la construction aura, pour le temps qu'elle restera debout, sur son environnement immédiat:
  - paysage,
  - écosystèmes naturels préétablis,
  - nappes phréatiques,
  - qualité de vie des riverains... etc

### On s'est trop passionnément attaché à des modes architecturales qu'on gère par la technique

- **chauffage,**
- **climatisation,**
- **Sans se préoccuper du gaspillage d'énergie qu'elles induisent.**

# erreurs du passé récent?

- Chacun de nous prend sa part de responsabilité dans la qualité du patrimoine bâti que nous léguons aux générations futures.

## Nous pouvons choisir à l'occasion du projet :

- De protéger l'environnement, à l'échelle du site comme à celle de la planète
  - Limiter les prélèvements des ressources épuisables
  - De nous intéresser aux conditions économiques et sociales de production du bâtiment et des matériaux qui le constituent...
  - etc
- 
- Une préoccupation qui est contenue dans la démarche environnementale est celle de la santé : **matériaux et santé.... Et le confort ...**
  - Cet intérêt pour les questions de santé est à rapprocher de la prise de conscience sur cette question dans d'autres domaines tel que le **recyclage...la gestion des déchets.**

# Qualité environnementale : quels enjeux ?

- ❖ Un bâtiment conçu, réalisé et géré selon une **démarche de qualité environnementale** est un bâtiment qui possède toutes les qualités habituelles d'un bâtiment (d'architecture: performance technique, fonctionnalité, usage, ...) mais dans des conditions telles que ses impacts sur l'environnement sont durablement minimisés à toutes les échelles:
  - ❖ depuis l'ambiance des espaces intérieurs jusqu'à l'échelle de la planète
  - ❖ en passant par ses abords immédiats,
  - ❖ à toutes les époques
  - ❖ depuis l'extraction des **matières premières qui ont servi à sa fabrication et jusqu'à sa démolition**

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

### Qualité environnementale = qualité

La qualité environnementale est un des aspects de la qualité globale des bâtiments.

- Et la recherche de la qualité environnementale est une étape dans le long processus d'amélioration de la qualité des bâtiments.
- Cette amélioration fut initié avec la revendication des hygiénistes **pour plus de lumière et d'aération**
- Malheureusement, cette revendication fut prolongée par le développement des équipements techniques de confort, -éclairage, chauffage, eau chaude- sans avoir recours aux énergies renouvelables, ni à une réelle intégration du bâti vis-à-vis de son climat, sa géographie, et sa culture.

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

### Développement des équipements techniques de confort,

Plus récemment, le domaine de la qualité s'est étendu de la réalisation du minimum vital à la facilitation des conditions de vie :

- amélioration des conditions de confort thermique, acoustique
- etc

Dans une démarche de qualité environnementale on se préoccupe de la façon dont on réalise cette recherche de qualité.

On se donne les moyens pour que cela ne se fasse pas dans n'importe quelles conditions.

Ceci était déjà amorcé depuis quelques années, avec la préoccupation de la maîtrise des consommations énergétiques et des charges.

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

### Nouvelles exigences?

La démarche de qualité environnementale **n'introduit pas** forcément des exigences nouvelles

- **elle peut modifier profondément**
  - la façon de concevoir,
  - de mettre en œuvre et de
  - faire fonctionner les ouvrages et les
  - équipements

permettant d'atteindre les **niveaux de qualité** souhaités

## 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:

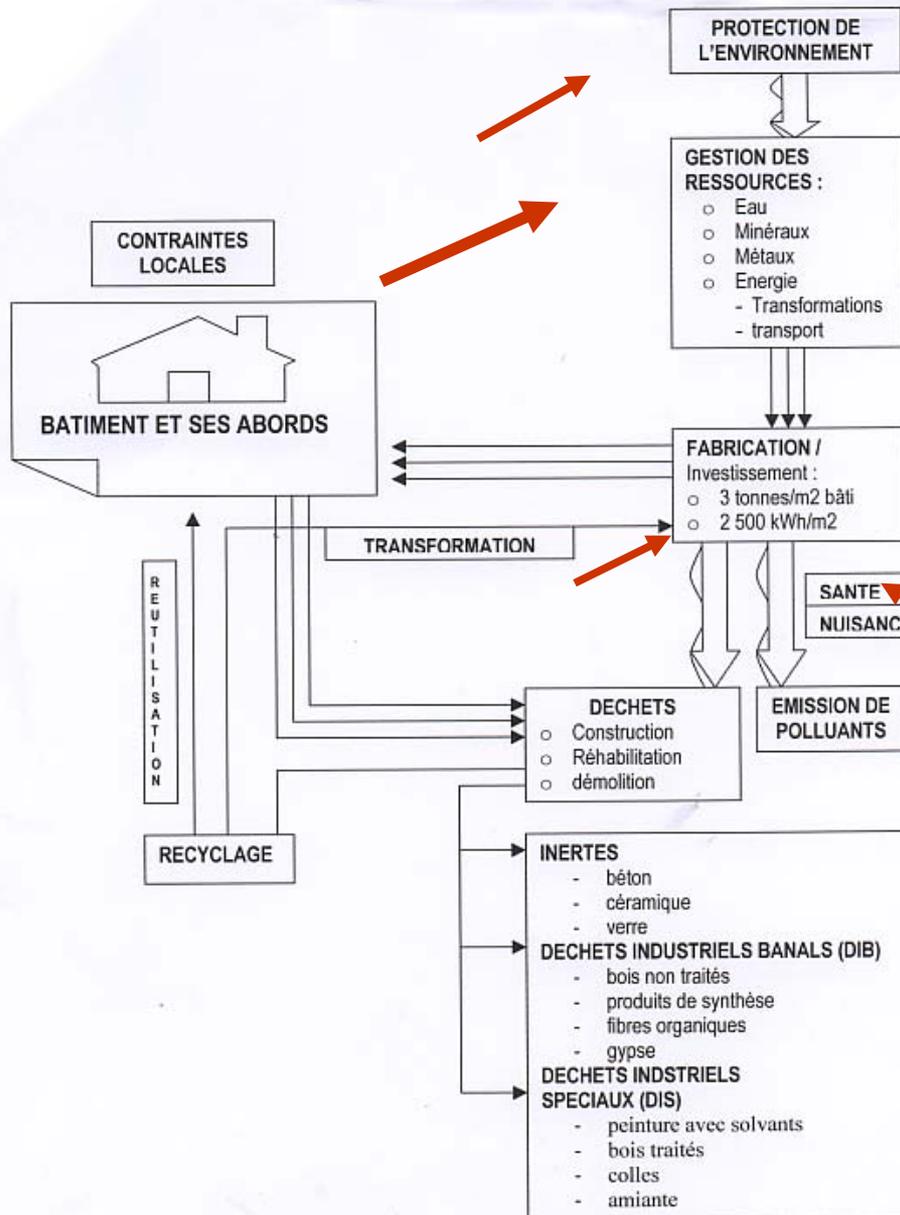
- Performances techniques
- Performances fonctionnelles
- Qualité architecturale
- Durabilité et facilité d'entretien

## 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

# 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.

# 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)

### Introduction... rappels

- murs, doivent permettre de **conserver une température interne** stable le plus longtemps possible (quelque soit la saison), tout en étant étanche à la pluie et au vent, mais pas toujours 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.

## Introduction... rappels

- 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 et les économies d'énergie

- Comment choisir...attention avec les arguments des fabricants
- Prendre en compte les caractéristiques: mesurées? mesurables ? Par la théorie?
- Le matériau dans le système! quel comportement en fonction d'un système constructif

## Exemple : 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'infrarouges 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 chauffant 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 réémet, dans toutes les directions : vers l'extérieur, bien sûr, mais vers l'intérieur aussi. C'est ainsi qu'on peut capturer et stoker (si nous avons de l'inertie!) 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 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 et les économies d'énergie

- 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
  - etc
  - Nous avons vu que l'énergie calorique se déplace de trois manières différentes
    - la conduction,
    - la convection et
    - le rayonnement

## **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.

- **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. (attention dans un thermos le café se refroidira en quelques heures...)
  - 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..certains bétons)

- 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. Certains sont capables de stocker une grande quantité d'énergie.
- Ils sont en général très lourds.
- Inertie!

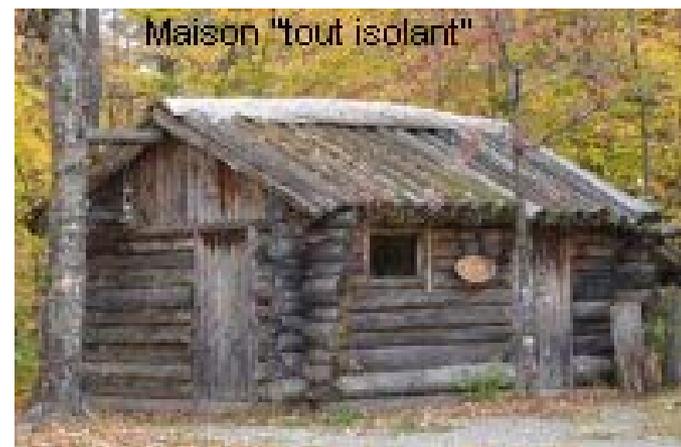
- cas particulier : **Les métaux**
  - Ils absorbent beaucoup de chaleur,
  - leur température de surface s'élève rapidement mais la chaleur se déplace très vite en eux!
  - En conséquence, ils n'empêchent pas la chaleur de passer, et accélèrent son déplacement.
  - Ils apparaissent froids au toucher. 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 et les économies d'énergie

seulement de l'isolant :

si nous voulons la marié avec le climat:

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



Hivers : 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 faisant un effort physique... trop chaud. Etc.

Été: surchauffes si la température de l'air extérieur est trop élevée! Elle ne peut pas se rafraîchir la nuit par ventilation nocturne... la nuit ( si 'il n'y a pas de canicule) elle 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 aura presque la température de l'air extérieur la 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 qui 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 )

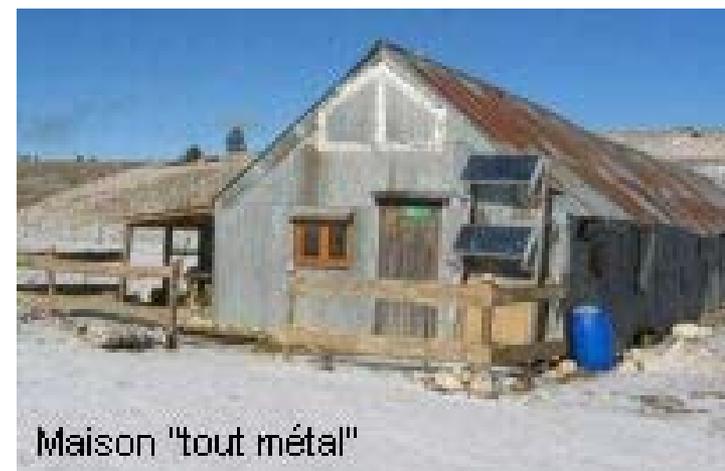
## Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort et les économies d'énergie

### 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...



Maison "tout métal"

***une maison de métal est inhabitable en toute saison: besoin d'isolation thermique et d'inertie en complément***

***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 et les économies d'énergie

Une maison 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

### Comportement saisonnier

**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 trop importante d'énergie.

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

**automne** l'atmosphère interne restera chaude longtemps après que les jours froids soient revenus.

**été,** la maison restera fraîche tout le temps, sauf s'il se produit une canicule très exceptionnelle 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 « accumulateur »

Ce comportement se retrouve dans la maisons paysannes traditionnelles

## **maison accumulateur Hier ? Aujourd'hui**



## Inertie thermique

- elle s'oppose aux variations de températures (paramètre fondamentale du confort)

Elle amortie les variations de températures qui constituent une source d'inconfort très importante

- En période d'été elle permet un déphasage des températures et un amortissement
- En hiver: elle permet le stockage d'énergie

## Inertie thermique

### **Ou?**

- Toutes les parois !
- Sols, murs extérieurs, intérieures...
- Elle dépends de la surface de ses parois.. Plus de surface plus d'échanges...des matériaux constitutifs: de leurs capacité à accumuler de la chaleur et de la fraîcheur..
- De la quantité de matière.. Épaisseur des parois
- Capacité des stockage des différents matériaux constitutifs

## Inertie thermique

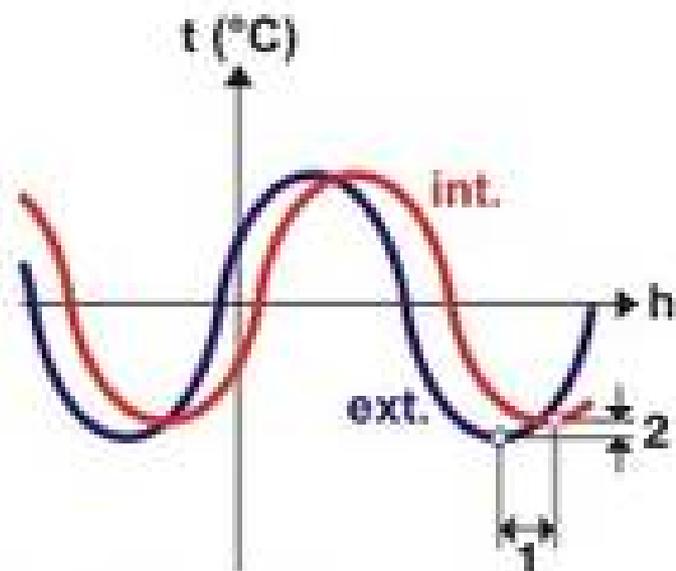
favorable au confort... peut être défavorable aux économies d'énergie et peut diffuser la programmation journalière de chauffage ...pour réduire la consommation en période de non occupation...

Mise en température peut nécessiter beaucoup d'énergie et de temps!

## Différents types d'Inerties

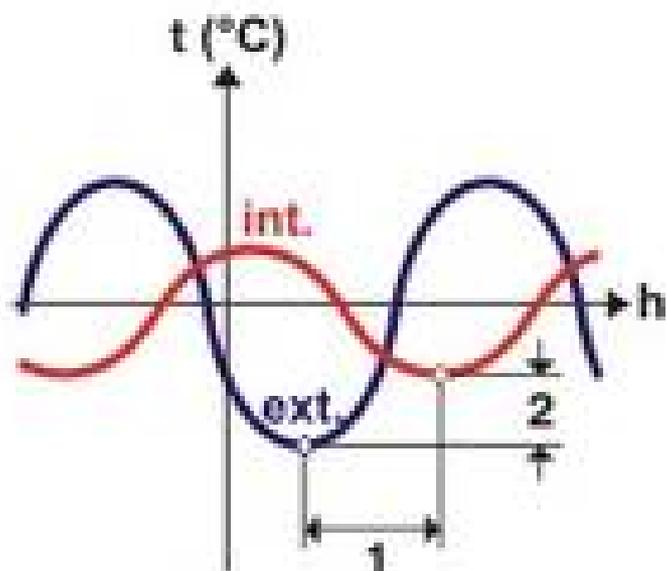
- 1. Inertie horaire:** caractérise le comportement thermique du local en terme d'heures
- 2. Inertie quotidienne** caractérise le comportement thermique du local d'une période de 24 heures: elle est utilisée pour caractériser l'amortissement de l'onde quotidienne de température et d'ensoleillement en période chaude pour l'évaluation du confort d'été et pour caractériser le taux de récupération des apports de chaleur gratuite... solaire
- 3. Inertie séquentielle:** est utilisée l'amortissement de l'onde séquentielle de température en saison chaude sur des périodes de 12 jours(RT règles Th-E)

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



1: déphasage  
2: amortissement

Faible inertie thermique



Forte inertie thermique

## Inerties

- Il faut savoir que les différentes couches des parois qui participent à l'inertie du local ne sont pas soumises à la même sollicitation thermique
- RT propose des méthodes d'évaluation de l'inertie thermique quotidienne: 5 classes d'inertie:
  - Très légère : aucun élément lourd!
  - Légère:
  - Moyenne: 1 élément lourd
  - Lourde : 2 éléments lourds
  - Très lourde: plancher bas , plancher haut et parois verticales lourdes
- Ex de plancher lourd: plancher intermédiaire avec un revêtement sans effet thermique compose d'une dalle de béton de 15 ou plus cm d'épaisseur, mais s'il s'agit d'une plancher bas isolé en sous face il peut avoir 10 cm d'épaisseur

La classe d'inertie (quotidienne) peut être déterminée par l'une ou l'autre des approches suivantes :

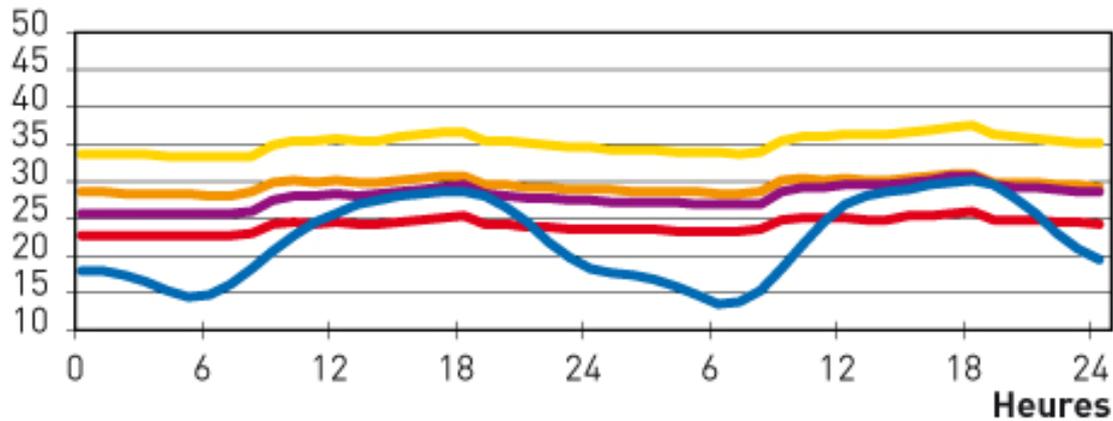
- détermination forfaitaire
- détermination par « points d'inertie »
- détermination par le calcul

L'inertie d'un bâtiment, ou d'une zone thermique, est déterminée à partir de l'inertie de chacun des niveaux du bâtiment ou de la zone considérée. Pour chaque niveau, les ouvrages pris en compte sont les éléments intérieurs aux parties chauffées au sens des Th-C.

- **Parois verticales** (façades murs intérieurs) sont considérés lourds si leur surface est au moins égale à 0.9 fois la surface de plancher et que l'enveloppe est isolée par l'extérieur et à l'intérieur on trouve des matériaux tels que béton plein de 7cm ou plus, briques pleines, etc...
- Absence de faux plafond..
- On peut ajouter l'inertie du mobilier!!
- Méthode par points

BUREAUX en été - inertie très lourde  
Températures Intérieures :  
influence de la surventilation et des protections solaires

T (°C)



- Ti inertie très lourde
- Ti inertie très lourde + protection
- Ti inertie très lourde + surventilation
- Ti inertie très lourde + protection + surventilation
- T extérieure

# **COURS n°10**

**10 janvier 2014**

## **pas de matériau idéal**

Pas de « listes noires »

Pas de « matériaux miracle »

- Bonne solution : concevoir des isolants + des accumulateurs en répartissant judicieusement leur position et quantité en fonction du climat et de l'usage des espaces et des systèmes constructifs
- La "maison accumulateur" traditionnelle possède de nombreux avantages et aussi des défauts (dépenses énergétiques, ..) que l'usage des isolants entre autres , ou des aménagements tels que transformer un mur en un mur trombe.. doivent permettre de résoudre ou d'optimiser



## 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***

# Dans la pratique...

- *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 et en adéquation avec les différents systèmes constructifs

## **La Perméabilité à la vapeur d'eau dépend de la structure interne du matériau.**

- Il n'y a pas vraiment de grandes familles 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, avec l'isolation thermique avec l'inertie

## 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 : **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 à la vapeur d'eau : 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.

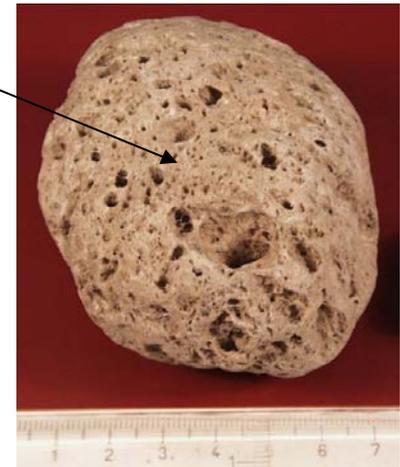


# Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort, avec l'isolation thermique avec l'inertie

## Les pierres :

- **Thermique** : généralement **accumulateur**. Mais attention , quelques **pierres volcaniques sont isolantes!**
- Résistance mécanique - résistant ou cassant. Présente parfois des résistances différentes selon le sens du matériaux.
- Perméabilité : étanche à l'air, pas forcément étanche à l'eau, de faiblement perméable à la vapeur à imperméable à la vapeur d'eau. Mais attention aux propriétés des autres matériaux qui constituent le mur..le lien

- La pierre peut être un bon choix d'accumulateur (pas toutes, ni de la même façon!) (idem analyse du béton!)
- Généralement on peut également lui confier une fonction porteuse, par contre, il est presque 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 a la vapeur d'eau.

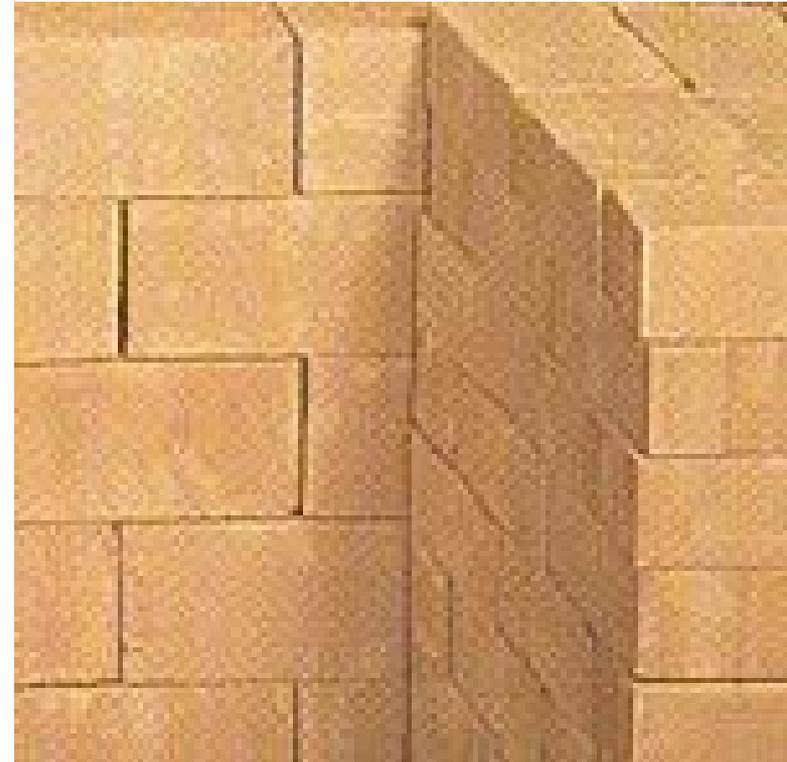


# Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort, avec le bâti

## La terre crue (l'argile) :

- **Thermique : accumulateur.**
- Il est possible de lui conférer des caractéristiques isolantes (correcteur thermique) 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 un accumulateur.** Sa mise en oeuvre permet de l'utiliser en fonction porteuse ou en combinaison avec du bois.



## Caractéristiques des matériaux en lien direct avec le confort

- **La terre cuite :**
  - **Thermique :** accumulateur. Il est possible de le rendre plus isolant en le mélangeant avec de l'air pendant ou après la cuisson (alvéoles).
  - **Résistance mécanique :** résistant et cassant.
  - **Perméabilité :** étanche à l'air peu perméable à la vapeur d'eau.



# 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](mailto:purylopezdiaz@hotmail.com)*

Architecture<sup>s</sup> en terres<sup>s</sup>

=

solutions soutenables

Hier - aujourd'hui - demain

Architectures en terres  
=  
solutions soutenables



Pucara de quitor



Architectures en terres

=

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**

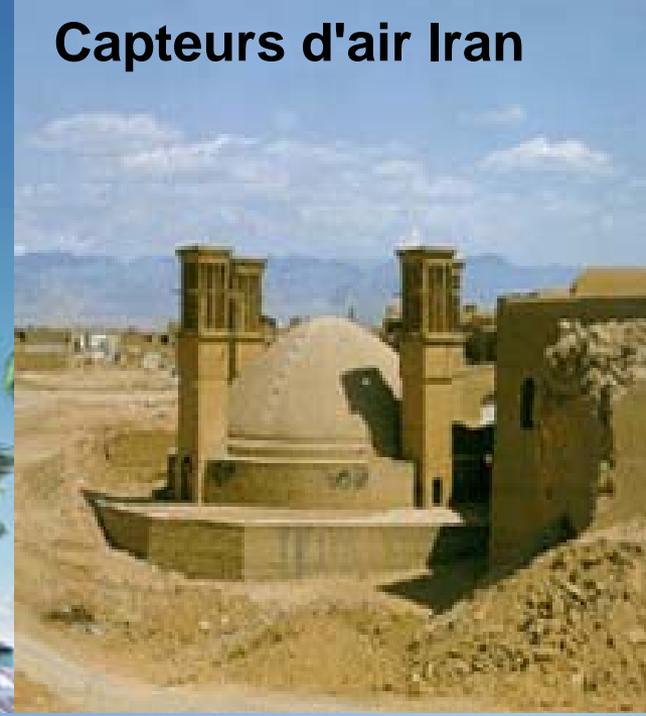
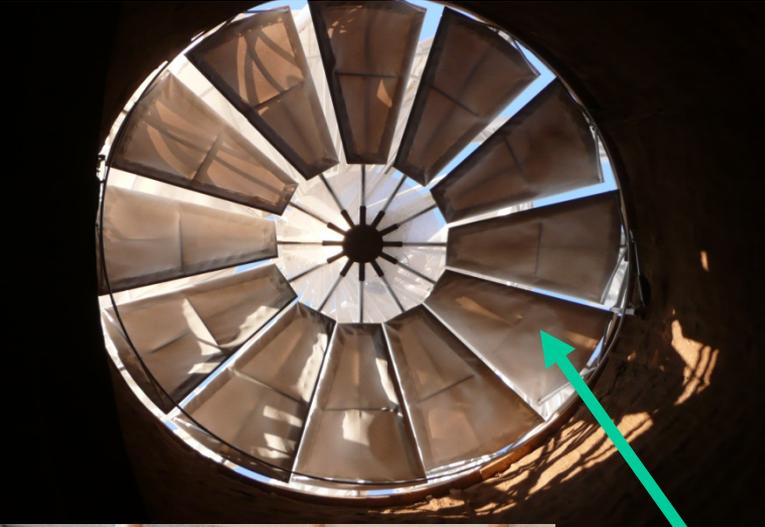
Architectures en terres

=

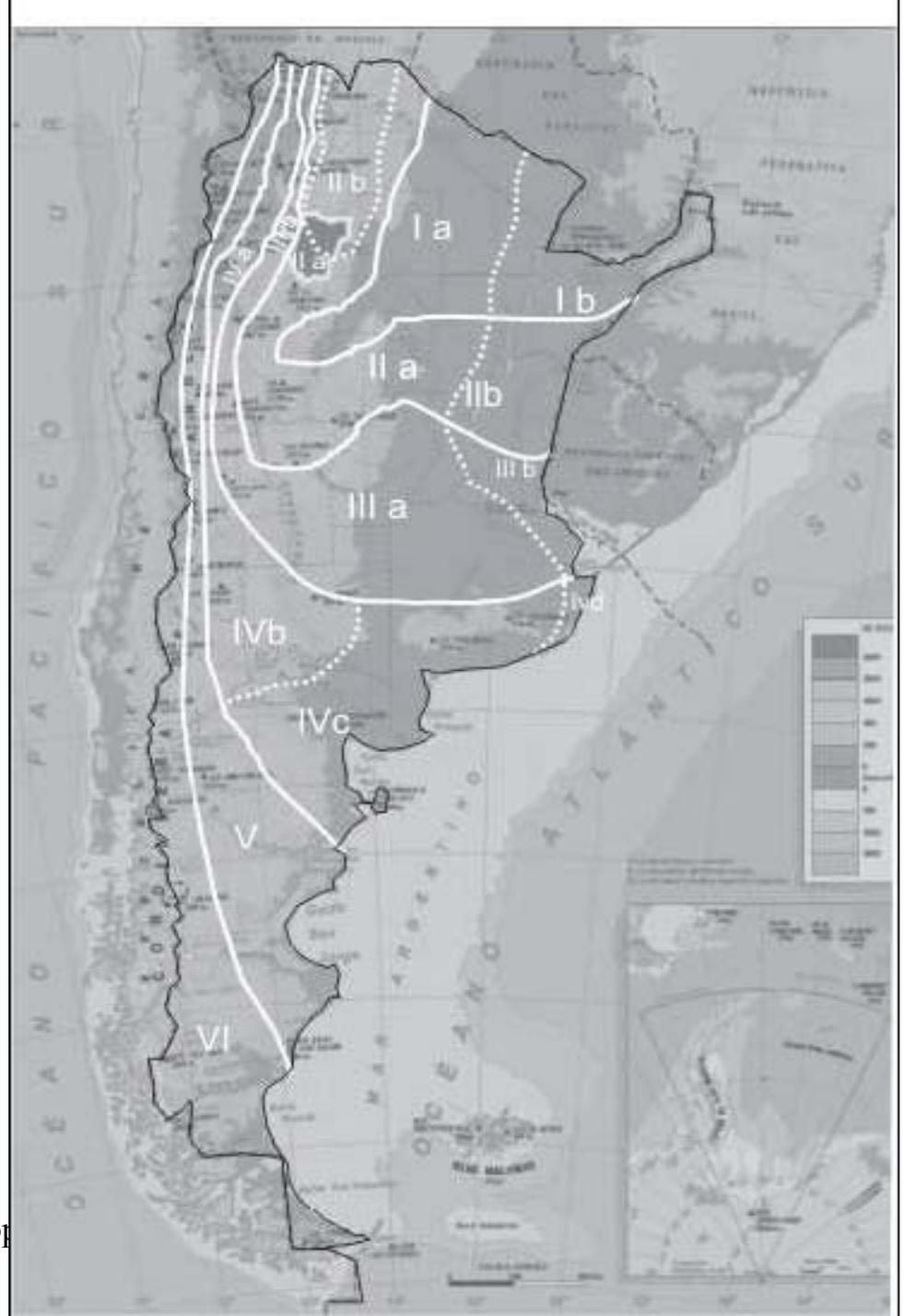
solutions soutenables

Burj al-Taqa

Capteurs d'air Iran



Architectures en terres  
=  
solutions soutenables



Architectures en terres  
=  
solutions soutenables

Industrie du  
tourisme



Capilla de la Gracitud  
Salentein-Bórmida&Yanzón

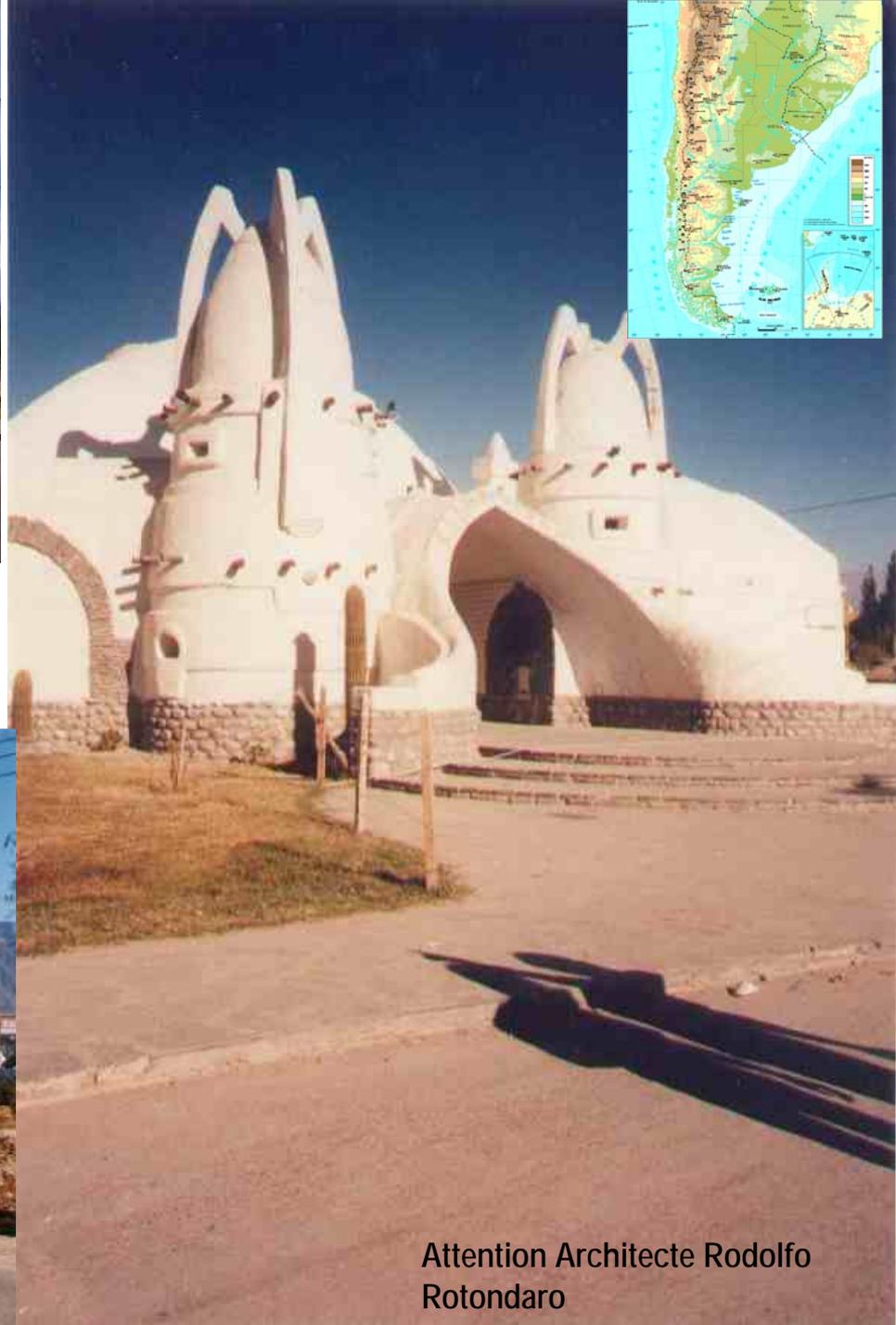
Architectures en terres

=

solutions soutenables



**Centre touristique y culturel  
K-Sama (Catamarca)**



Attention Architecte Rodolfo  
Rotondaro

Architectures en terres

=

solutions soutenables

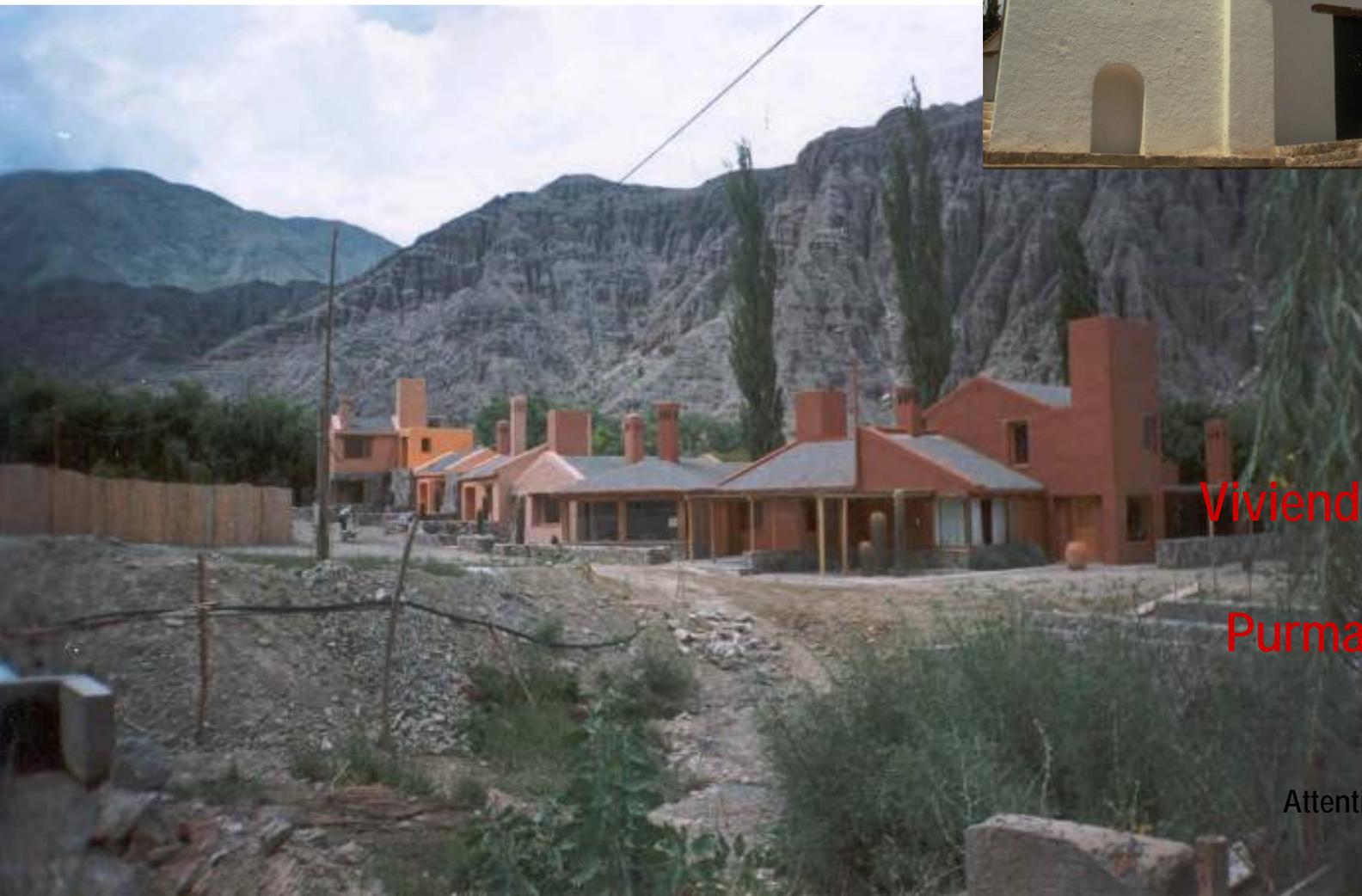
Attention Architecte Rodolfo  
Rotondaro



Hotel Susques,  
Jujuy



Architectures en terres  
=  
solutions soutenables

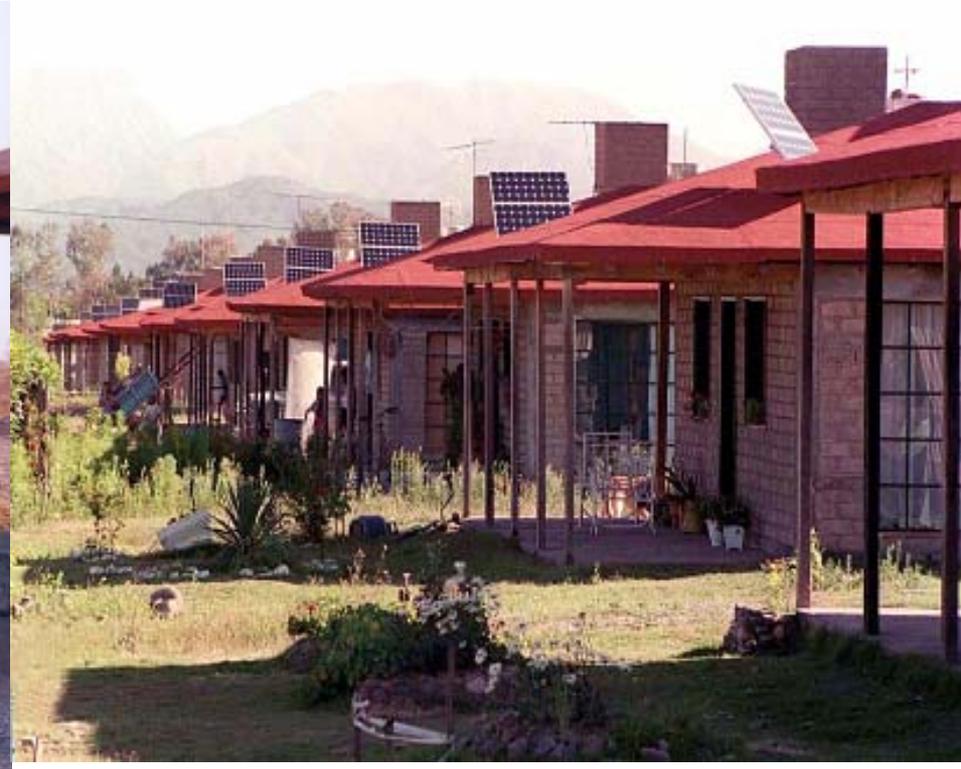


Viviendas y cabañas  
en  
Purmamarca, Jujuy

Attention Architecte Rodolfo  
Rotondaro

Architectures en terres  
=  
solutions soutenables

# Barrio ECOSOL, Salta



[purylopezdiaz@hotmail.com](mailto:purylopezdiaz@hotmail.com)

Attention Architecte Rodolfo  
7 Rotondaro

Architectures en terres  
=  
solutions soutenables

Vivienda del Estado,  
Jujuy



18/02/2005

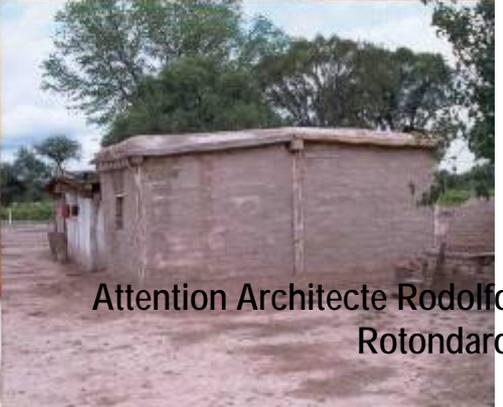
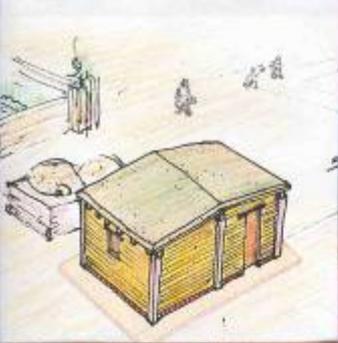
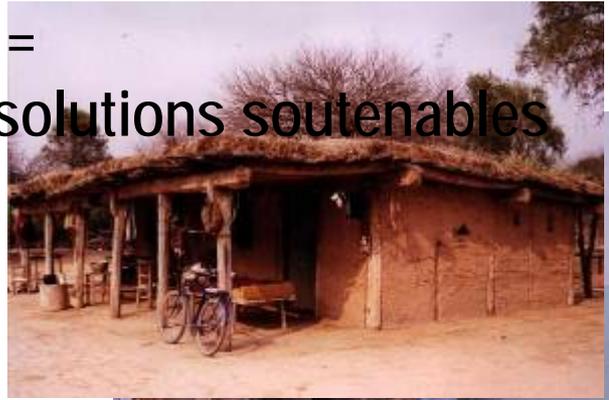
[purylopezdiaz@hotmail.com](mailto:purylopezdiaz@hotmail.com)

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

[purylopezdiaz@hotmail.com](mailto:purylopezdiaz@hotmail.com)

**Alternativas tecnológicas en  
Zonas urbanas pobres,  
Gran Buenos Aires**

# Architectures en terres = solutions soutenables



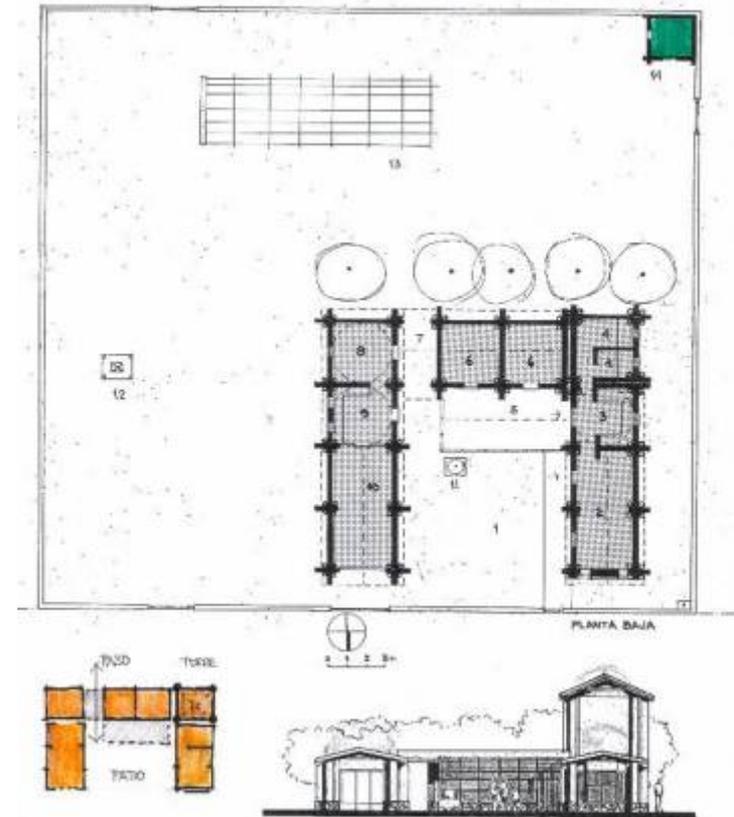
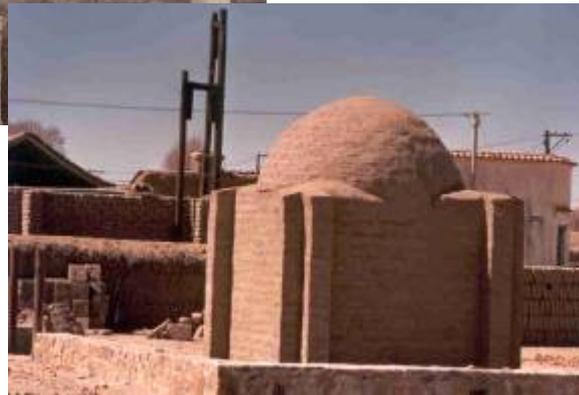
**CRIATIC, Centro Regional de Investigación en Arquitectura de Tierra Cruda, Univesidad Nacional de Tucumán**



Attention Architecte Rodolfo  
Rotondaro

# Architectures en terres

=  
solutions soutenables



Attention Architecte Rodolfo  
Rotondaro

mail.com

Estación Científica Pozuelos,  
76 Jujuy

# Architectures en terres = solutions soutenables

# capacitación



[puryropezdiaz@hotmail.com](mailto:puryropezdiaz@hotmail.com)  
Attention Architecte Rodolfo  
Rotondaro

Cursos y transferencia  
De tecnología constructiva  
(terrabaires)

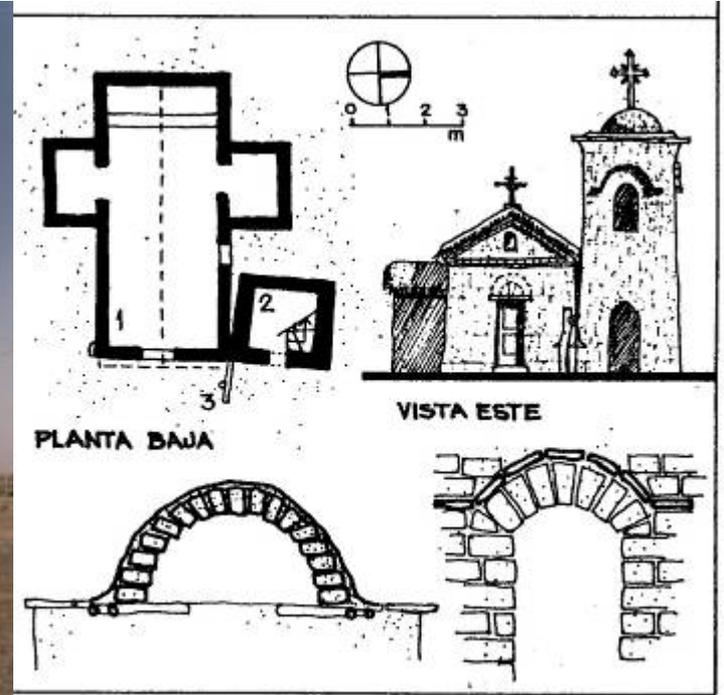
# Architectures en terres

=  
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

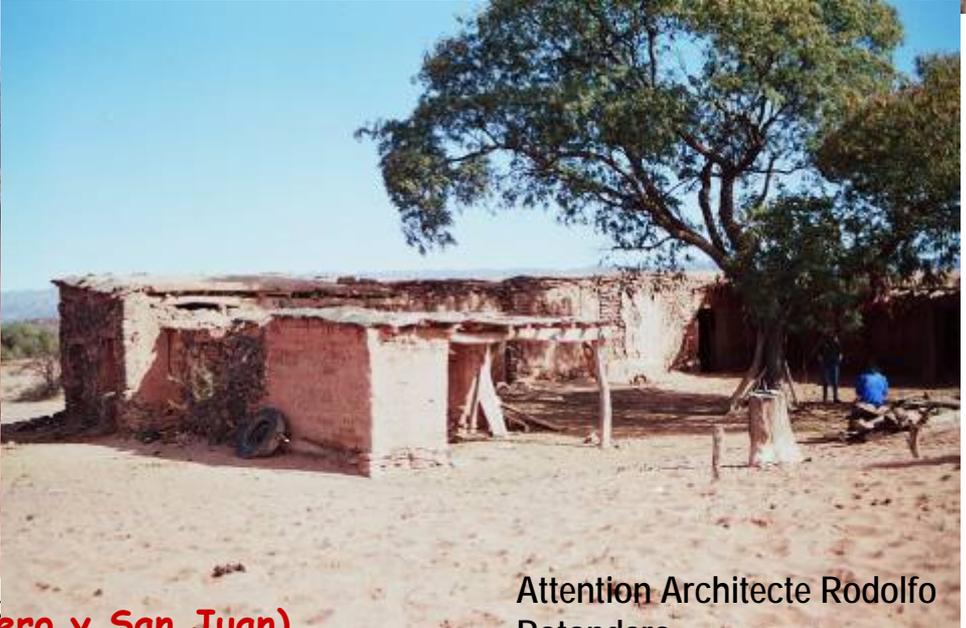
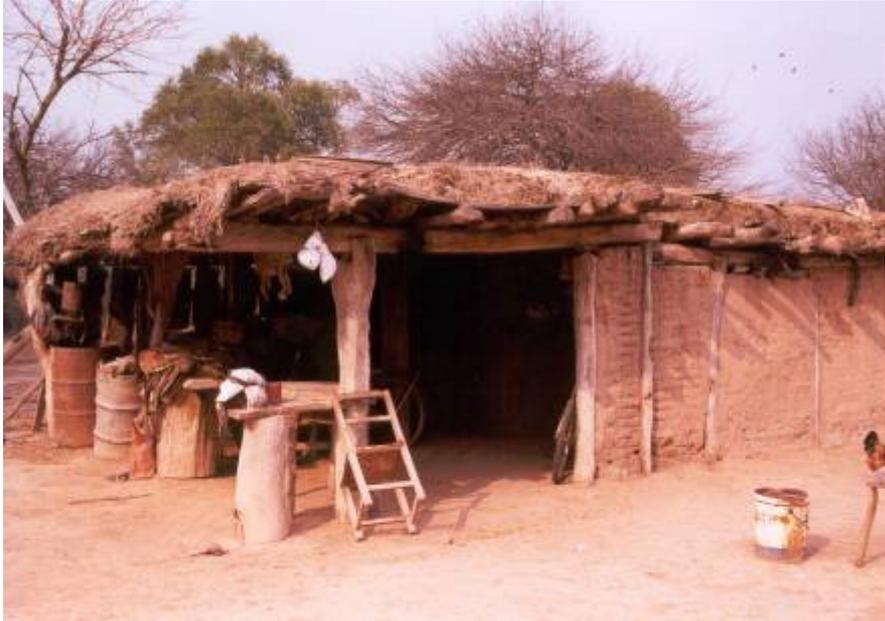


purylopezdia

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

=

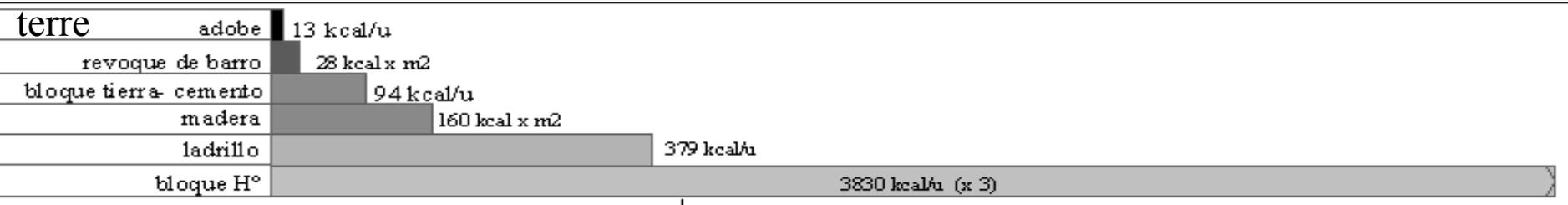
## solutions soutenables

### 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

# Architectures en terres

=

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

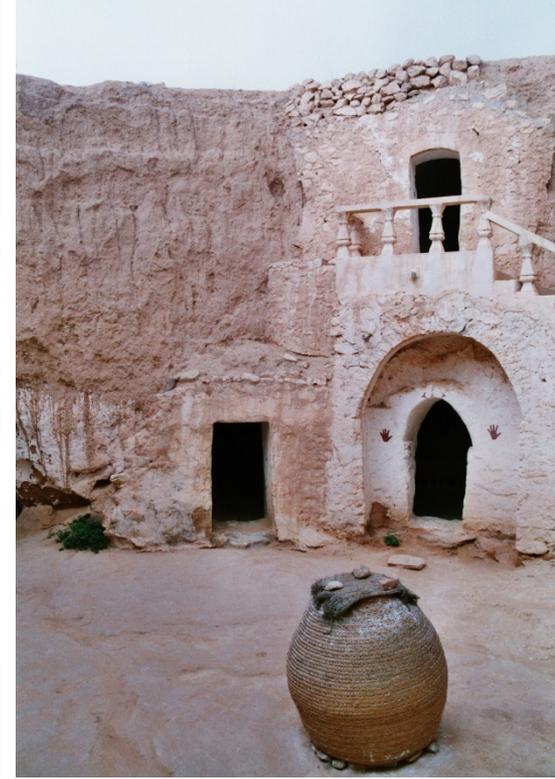
- **DESTRUCTION MATERIELLE ET CONCEPTUELLE**

- **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
- 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

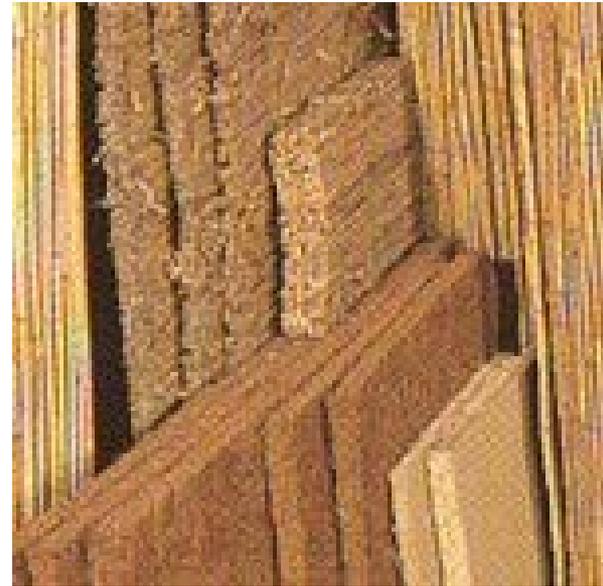
*Je vous remercie de votre attention*

*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.

## 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.



# Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances :  
consommation d' énergie

## Énergie grise L'énergie grise et le bâtiment

- Une étude menée par le CSIRO (organisme de recherche australien) a mis en évidence que **le logement moyen contient 1.000GJ** (Giga joule) d'énergie grise dans les matériaux utilisés pour sa construction. Pour une maison dont la durée de vie est de 100 ans, ceci représente environ 10% de l'énergie d'usage utilisée dans sa vie (chauffage, ECS, éclairage...).
- Le choix des matériaux et les principes de conception ont une action significative, même si elle n'était préalablement pas évidente, sur l'énergie requise pour construire un bâtiment. Ainsi on peut dire que l'énergie grise est une mesure de l'impact environnemental de la construction et de l'efficacité des filières de recyclage.

Matériau	Énergie(MJ)	Eau(L)
Brique	3	1.47
Béton cellulaire	2.48	1.68
Parpaing	0.92	0.70
Mortier Ciment	1.87	1.33
Acier construction	43	25
Béton b25	1	0.68
Bois Agglo plaque	42	8.4
Bois lamellé collé	53	14
Paille	0.02	0.008
Bois poutre	27.5	2.8

## Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances :  
consommation d'énergie

## Énergie grise

C'est l'énergie qu'il a fallu consommer pour produire le matériau.

- un panneau de laine de chanvre et un panneau de laine de verre ont à peu près le même pouvoir isolant, mais la laine de verre nécessite plus d'énergie pour être fabriquée (fonte du verre etc) : elle aura une énergie grise plus élevée

Acier construction	43	25
Béton b25	1	0.68
Bois Agglo plaque	42	8.4
Bois lamellé collé	53	14
Paille	0.02	0.008
Bois poutre	27.5	2.8
Bois Planche	73	13.2
Laine de verre	26.44	29.44
Polystyrène	105	35
Placoplâtre	1.23	0.56
Enduit chaux	2.35	901.73

Tableau comparatif de l'énergie nécessaire à la fabrication de quelques matériaux de construction

(pour 1 kg).

[purylopezdiaz@hotmail.com](mailto:purylopezdiaz@hotmail.com)

# Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

## Quels critères de choix:

Thermique (conduction, isolation, hygrométrie, inertie,...)

Construction (statique, résistance des matériaux,...)

Aspect (couleur, surface, etc.)

Acoustique

Transparence ou l'opacité

Facilité de pose

Facilité de transport

Disponibilité

Résistance aux feu

Critères écologiques (recyclable, écobilans de fabrication...)

Toxicité

Sécurité

Prix

# Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

## Matériaux, critères de choix:

### Propriétés des matériaux:

1. Coefficient à la diffusion de vapeur ( $\mu$   $\mu$ )
2. Conductivité thermique ( $\lambda$   $\lambda$ )
3. Résistance thermique (R)
4. Coefficient de transmission calorifique (U)
5. Inertie thermique
6. Capacité thermique
7. Diffusivité thermique (d)
8. Diffusivité et onde de chaleur ( $m^2/h$ )
9. Effusivité thermique (Ef) ( $W/m^2^\circ C$ )
10. Déphasage
11. Admittance

# Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

## Matériaux, critères de choix:

Propriétés des matériaux:

### Coefficient à la diffusion de vapeur ( $\mu$ mu)

- Il détermine la perméabilité d'un matériau à la vapeur d'eau
- Plus  $\mu$  est élevé , plus la résistance à la diffusion de vapeur est importante;
- Des valeurs inférieurs à 10 correspondent à une bonne diffusion de la vapeur d'eau
- Matériaux plus perméants: bois, laine de bois, laine végétale, terre cuite, chaux, plâtre

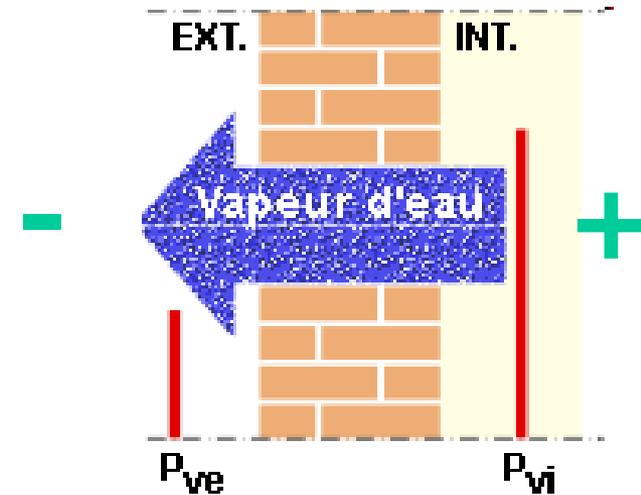
Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

**Matériaux, critères de choix**

**Propriétés des matériaux:**

**La diffusion de vapeur**



la vapeur d'eau se déplace des **zones à forte concentration en vapeur vers les zones à faible concentration en vapeur.**

- il existe toujours une **différence de pression de vapeur entre l'intérieur et l'extérieur** : à l'intérieur, on exerce des activités diverses produisant de l'humidité (production de vapeur par les occupants, plantes, lessive, cuisson, nettoyage) augmentant ainsi la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air.

**La pression partielle de vapeur intérieur est presque toujours supérieure à celle correspondant au climat extérieur.**

- La diffusion crée un flux de vapeur à travers la paroi, de l'intérieur vers l'extérieur.

Fucus sur les ambiances : thermique

Matériaux, critères de choix

Propriétés des matériaux:

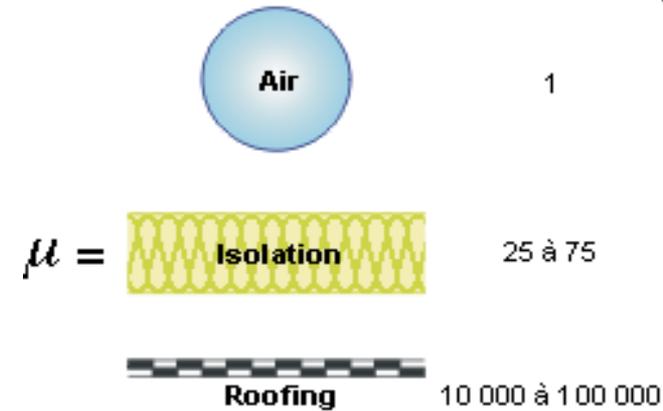
La diffusion de vapeur

Coefficient de résistance à la diffusion de vapeur" d'un matériau

- Le mouvement de diffusion de vapeur sera d'autant plus important que le matériau constituant la paroi sera plus perméable à la vapeur càd que son coefficient de résistance à la diffusion de vapeur est faible.

Le **coefficient de résistance à la diffusion de vapeur** d'un matériau indique dans quelle mesure, la vapeur d'eau traverse plus difficilement ce matériau que l'air.

purylopezdiaz@hotmail.com



La valeur d'un matériau est toujours supérieure à 1.

Fucus sur les ambiances : thermique

## Matériaux, critères de choix

### Propriétés des matériaux:

#### La diffusion de vapeur

### Coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'un matériau

- La quantité de vapeur d'eau diffusant à travers une couche d'un matériau déterminé ne dépend pas uniquement de la valeur  $\mu$  du matériau mais aussi de l'épaisseur de cette couche.
- **L'épaisseur équivalente de diffusion  $d$**  indique la résistance qu'offre une couche de matériau à la diffusion de vapeur d'eau.  $\mu d$  est le produit du coefficient de résistance à la diffusion de vapeur ( $\mu$ ) par l'épaisseur du matériau ( $d$ ) et s'exprime en mètres.
- Le  $\mu d$  d'une couche de matériau correspond à l'épaisseur en m de la couche d'air stationnaire qui exercerait la même résistance à la diffusion de vapeur que la couche de matériau.

## Matériaux, critères de choix

### Propriétés des matériaux:

#### La diffusion de vapeur

« Exemple.

*Lorsque le  $\mu$  d'un matériau vaut 5, cela signifie :*

- *que l'air traverse 5 fois plus difficilement ce matériau que l'air, ou, en d'autres mots,*
- *que 20 cm de ce matériau exerce la même résistance à la diffusion de la vapeur que 100 cm d'air stationnaire.*

***Le coefficient de résistance à la diffusion de vapeur de certains matériaux dépend de leur état : sec ou humide »***

[http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page\\_10436.htm](http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page_10436.htm)

Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

**Matériaux, critères de choix**

**Propriétés des matériaux:**

**Conductivité thermique ( $\lambda$ )**

Pour un matériau c'est le flux de chaleur qui traverse sa paroi sur 1 mètre d'épaisseur pour 1 m<sup>2</sup> de surface avec une différence de température de 1 degré entre les 2 faces de cette paroi.

***Dans la pratique : propriété qui traduit la capacité d'un matériau à transmettre de la chaleur par **conduction*****

*Forme de propagation de la chaleur: la chaleur se propage à l'intérieur du matériau de particule à particule. C'est une donnée intrinsèque à chaque matériau qui caractérise ses performances isolantes.*

Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

**Matériaux, critères de choix**

**Propriétés des matériaux:**

**Conductivité thermique (lambda  $\lambda$ )**

***Forme de propagation de la chaleur:***

*la chaleur se propage à l'intérieur du matériau de particule à particule.*

***C'est une donnée intrinsèque à chaque matériau qui caractérise ses performances isolantes.***

***Plus le lambda est faible plus le matériau est résistant au transfert par conduction. Il est exprimé en watts par mètre et par degré Celsius  $W/m\ ^\circ C$  ou degré kelvin  $W/m\ ^\circ K$***

## Matériaux, critères de choix

### Propriétés des matériaux:

#### Résistance thermique (R)

- La résistance thermique fait intervenir **l'épaisseur de la paroi (ou du matériau)** pour caractériser le passage du flux de chaleur.
- La résistance de chaque matériaux composant une paroi s'additionne afin de déterminer la R total.

**Plus la R est grande plus  
le matériaux est isolant**

- Elle exprime le rapport entre l'épaisseur et la conductivité thermique en mètre carre degré Celsius par watt  $m^2\text{°C/W}$

Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

**Matériaux, critères de choix**

**Propriétés des matériaux:**

**Coefficient de transmission calorifique (U)**

Réglementation:

Le U coefficient de transmission surfacique caractérise les déperditions thermiques d'un matériau ou d'une paroi.

C'est l'inverse de la résistance thermique

Plus le U est faible plus la paroi est isolante

Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

**Matériaux, critères de choix**

**Propriétés des matériaux:**

exemple d'utilisation

**Travaux d'amélioration de la performance  
énergétique éligibles à l'éco-prêt à taux zéro**

**Réalisation d'un bouquet de travaux**

**« Formulaire type - Devis »**

**CADRE A – Données relatives au logement et aux  
travaux      À remplir par le demandeur**

## Pages



1



2

**CADRE B - Éligibilité des travaux d'économie d'énergie au prêt  
Devis**
**À faire remplir aux e  
par le d**

En signant le présent document, le professionnel certifie sur l'honneur que les équipements, appareils visés par la présente attestation respectent les critères d'éligibilité prévus par l'arrêté du XXXX.

**À remplir par le porteur du projet (architecte, maître d'œuvre, ...) le cas échéant**

Je soussigné(e)

certifie sur l'honneur que les travaux prévus respectent les critères d'éligibilité prévus par l'arrêté du XXXX.

Fait à \_\_\_\_\_ le \_\_\_\_\_ Signature \_\_\_\_\_ Tampon \_\_\_\_\_

Nom de l'entreprise :

N° RM, RCS ou SIREN :

Mention de l'assurance :

**À remplir par les entreprises réalisant les travaux**
**Isolation thermique performante des toitures**
Isolation de combles perdus  $R_{additionnée} = \dots$  (m<sup>2</sup> K/W)  Isolation de combles aménagés  $R_{additionnée} = \dots$  (m<sup>2</sup> K/W)  Isolation de toiture terrasse  $R_{additionnée} = \dots$  (m<sup>2</sup> K/W)  

Coût total en € TTC =

Nom du signataire :

Nom de l'entreprise :

N° RM, RCS ou SIREN :

Mention de l'assurance :

Numéro de devis (facultatif) :

Fait à \_\_\_\_\_ le \_\_\_\_\_

Signature \_\_\_\_\_

Tampon \_\_\_\_\_

**Systèmes de chauffage (associés le cas échéant à d  
de ventilation économiques performants) ou de pr  
d'eau chaude sanitaire performants**

Pose d'une chaudière à condensation et d'un programme de chauffage

Ou bien pose d'une chaudière basse température et d'un programme de chauffage (uniquement dans les cas p par l'arrêté)

Ou bien pose d'une pompe à chaleur et d'un programme de chauffage

Coût total en € TTC =

Nom du signataire :

Nom de l'entreprise :

N° RM, RCS ou SIREN :

Mention de l'assurance :

Numéro de devis (facultatif) :

Fait à \_\_\_\_\_ le \_\_\_\_\_

Signature \_\_\_\_\_

Tampon \_\_\_\_\_

**Isolation thermique performante des murs  
donnant sur l'extérieur**
Isolation des murs  $R_{additionnée} = \dots$  (m<sup>2</sup> K/W)  

Coût total en € TTC =

Nom du signataire :

Nom de l'entreprise :

N° RM, RCS ou SIREN :

Mention de l'assurance :

Numéro de devis (facultatif) :

Fait à \_\_\_\_\_ le \_\_\_\_\_

Signature \_\_\_\_\_

Tampon \_\_\_\_\_

**Équipements de chauffage  
utilisant une source d'énergie renouvelable**

Pose d'une chaudière bois

Ou bien pose d'un système de chauffage par poêles bois, foyers fermés ou inserts

Coût total en € TTC =

Nom du signataire :

Nom de l'entreprise :

N° RM, RCS ou SIREN :

Mention de l'assurance :

Numéro de devis (facultatif) :

Fait à \_\_\_\_\_ le \_\_\_\_\_

Signature \_\_\_\_\_

Tampon \_\_\_\_\_

**Isolation thermique performante des parois vitrées et portes  
donnant sur l'extérieur**
Pose de fenêtres  $U_{w} = \dots$  W/(m<sup>2</sup> K)  Pose de fenêtres + volets  $U_{jn} = \dots$  W/(m<sup>2</sup> K)  Pose d'une seconde fenêtre devant une fenêtre existante (doubles fenêtres)  $U_{w} = \dots$  W/(m<sup>2</sup> K)  

Coût total en € TTC =

**Équipements de production d'eau chaude  
utilisant une source d'énergie renouvelable**

Installation d'un système de production d'eau chaude sanitaire solaire avec capteurs certifiés CSTB et Solar Keymark ou équivalent

Coût total en € TTC =

Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

**Matériaux, critères de choix**

**Propriétés des matériaux:**

**Inertie thermique**

**L'inertie thermique** d'un bâtiment, c'est sa capacité à stocker et à déstocker de l'énergie, quelle que soit la saison.

L'inertie est caractérisée par la **capacité thermique: quantité de chaleur que peut emmagasiner un matériau par rapport à son volume**

L'inertie définit la vitesse à laquelle le bâtiment se refroidit ou se réchauffe.

Elle permet d'amortir les variations de température intérieure

Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

**Matériaux, critères de choix**

**Propriétés des matériaux:**

**Inertie thermique**

**L'objectif de l'inertie thermique d'une paroi opaque est**  
**de restituer la chaleur ou la fraîcheur stockée en**  
**décalage avec les variation thermiques en dehors et**  
**dans le bâtiment**

La vitesse de stockage ou déstockage de la chaleur est déterminée par deux autres grandeurs que sont la

**diffusivité et l'effusivité**

## **Matériaux, critères de choix**

### **Propriétés des matériaux:**

#### **Inertie thermique**

- notion complexe.
- plusieurs types d'inertie.
- L'inertie est différente selon la nature de l'action thermique.
- Il n'existe pas une inertie, mais plusieurs modes de réaction selon le type d'action.

Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

**Matériaux, critères de choix**

**Propriétés des matériaux:**

**Inertie thermique**



**Inertie  
thermique  
face aux  
apports  
extérieurs ou  
intérieurs**

Les apports (gains) vont dépendre des profils des ondes thermiques auxquelles elles sont soumises. Comme l'onde thermique est en grande partie constituée par la puissance du rayonnement solaire reçu, une autre caractéristique importante des parois sera leur orientation et leur inclinaison.

Une paroi horizontale (une dalle de terrasse par exemple) sera soumise à une puissance maximale en été et sa « réponse » sera beaucoup plus marquée à cette saison qu'en hiver (où au contraire elle sera soumise à un régime de déperdition quasi permanent).

Il faut également tenir compte de la couleur des enduits qui rendra la paroi plus ou moins absorbante ou réfléchissante du rayonnement solaire et qui augmentera ou diminuera l'importance de la « réponse ».

Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

**Matériaux, critères de choix**

**Propriétés des matériaux: Capacité thermique**

**capacité thermique:** quantité de chaleur que peut emmagasiner un matériau par rapport à son volume

Elle est définie par la quantité de chaleur nécessaire pour élever de  $1^{\circ}\text{C}$  la température de 1 mètre cube du matériau!

Plus la capacité thermique est élevée , plus la quantité de chaleur que peut stocker le matériau est grande

Généralement se sont les matériaux les plus lourds que possèdent la plus grande capacité thermique

Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

**Matériaux, critères de choix**

**Propriétés des matériaux:** Diffusivité thermique ( $d$ )

- **Vitesse** à laquelle la chaleur se propage par conduction dans un corps
- Elle fait intervenir la conductivité thermique et la capacité thermique d'un matériau
- *s'exprime en  $m^2/heure$*
- Plus la diffusivité thermique est faible plus le front de chaleur mettra du temps à traverser l'épaisseur d'un matériau, et donc, plus le temps entre le moment où la chaleur est arrivée sur une face d'un mur et le moment où elle atteindra l'autre face est importante. C'est une grandeur de l'inertie thermique

Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

**Matériaux, critères de choix**

**Propriétés des matériaux: Diffusivité et onde de chaleur ( $m^2/h$ )**

- Un autre facteur étroitement lié à la diffusivité : **la vitesse de l'onde de chaleur ou déphasage**
- Il s'agit de la distance parcourue en un temps par le rayonnement solaire pour traverser une paroi opaque
- Plus la diffusivité est faible , plus la vitesse de l'onde de chaleur est faible

Capacité des matériaux à absorber ( ou restituer) plus ou moins rapidement un apport de chaleur

Elle caractérise la **sensation de « chaud » ou de « froid » que donne un matériau.**

Si la valeur d'effusivité est élevée, le matériau absorbe rapidement beaucoup d'énergie sans se réchauffer notablement en surface (métal, pierre, faïence...)

A l'inverse une valeur d'effusivité faible indique que le matériau se réchauffe rapidement en surface en absorbant peu de chaleur (isolant, bois)

Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

**Matériaux, critères de choix**

**Propriétés des matériaux : effusivité thermique ( $E_f$ ) ( $W/m^2\text{°C}$ )**

La valeur  $E_f$  exprime combien de kilojoules ( $Kj/m^2.S\text{°C}$ ) ont pénétré sur  $1\text{ m}^2$  de surface de matériau, 1 seconde après qu'elle à été mise en contact avec une autre surface de  $1\text{m}^2$  plus chaude qu'elle de  $1\text{°C}$

Tout comme la diffusivité , elle utilise la capacité thermique du matériau pour son calcul

Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

**Matériaux, critères de choix**

**Propriétés des matériaux Déphasage**

- Délai (notion de temps) entre:
  - l'impact de la variation diurne de la température et du rayonnement solaire sur la surface externe et
  - la variation de température résultante sur la surface interne
  - Estimation difficile du moment que l'écoulement de la chaleur à travers une paroi ne dépend pas seulement des propriétés thermophysiques des matériaux mais aussi des caractéristiques de la surface de la paroi!

Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

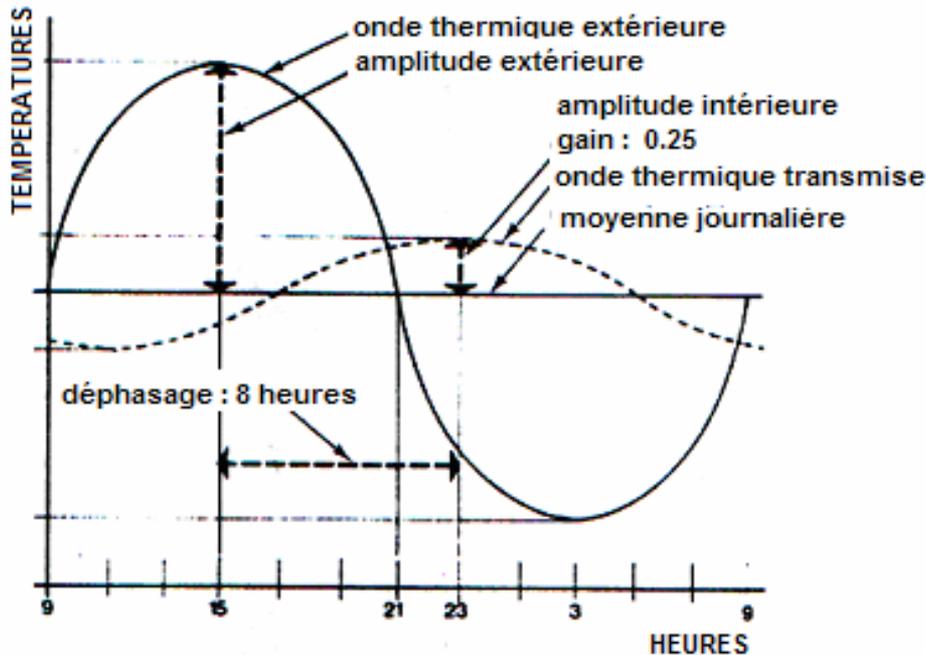
## Matériaux, critères de choix

### Propriétés des matériaux Déphasage

Inertie thermique / déphasage et amplitude de l'onde incidente

*Déphasage et amplitude de l'onde incidente par une paroi homogène.*

(Source : IZARD. J.L & GUYOT.A, 1979).



Variations de température journalières ou saisonnières selon un régime périodique

L'inertie peut être caractérisée en fonction de la période par :

- le déphasage et
- l'amortissement.

Choix multicritères des matériaux généralités

Fucus sur les ambiances : thermique

**Matériaux, critères de choix**

**Propriétés des matériaux Admittance**

- Vitesse à laquelle la surface peut absorber ou émettre de la chaleur quand la température de l'air est différente de la température de la surface...
- Permet d'évaluer les températures intérieures en fonction des gains de chaleur à travers les parois opaques ou transparentes, les gains internes, caractéristiques des matériaux et des conditions climatiques externes

# Propriétés des matériaux

Coefficient de réflexion pour différentes textures

- Sable.....0.25 à 0.40
- Neige..... 0.60 à 0.90
- Terre gravier... 0.10 à 0.30

# Calcul des déperditions

- Le mode de calcul est détaillé dans les règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction (règles Th - K 77 et de ses nombreux additifs)

# Calcul des déperditions

J:\Calculs thermiques et deperditions, Calcul  
coefficient de transmission thermique, vitrages,  
bilan, bilans.mht

# Calcul du coefficient de transmission

## K

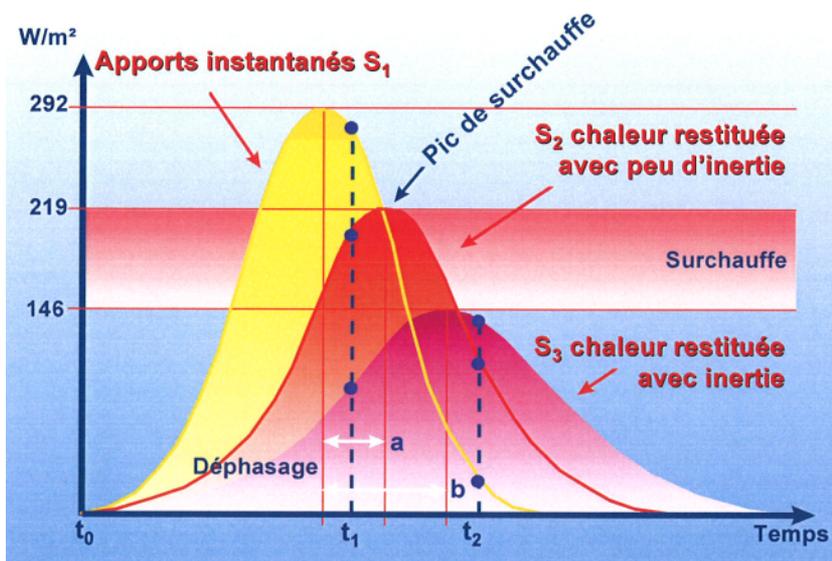
### exemple

Calcul du coefficient de transmission K pour la paroi « A »

Composants du mur externe	Epaisseur e (m)	Conductivité thermique $\lambda$ (W/m°C)	Résistance thermique $r$ (m <sup>2</sup> °C/W)
Enduit plâtre	0.015	0.35	0.04
Brique creuse	0.1	0.48	0.2
Lame d'air	0.02		0.16
Brique creuse	0.1	0.48	0.2
Enduit ciment	0.015	1.4	0.011
	1/hi + 1/he		0.17
	<b>R<sub>total</sub> = r<sub>t</sub>+1/hi+1/he (m<sup>2</sup>°C/W)</b>		<b>0.78</b>
	<b>K = 1/R (W/m<sup>2</sup> °C)</b>		<b>1.28</b>

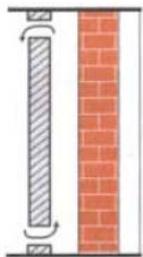
Calcul du coefficient de transmission K pour la paroi « B » et « C »

Composants du mur	Epaisseur	Conductivité	Résistance
-------------------	-----------	--------------	------------



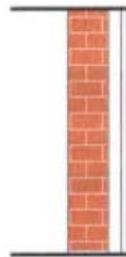
**Stocker, prendre en compte l'inertie des matériaux.**

Avec un simple vitrage et thermocirculation de l'air dans une contre-cloison intérieure



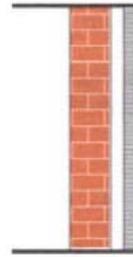
51 kWh/m²/an

Avec double vitrage anti-émissif

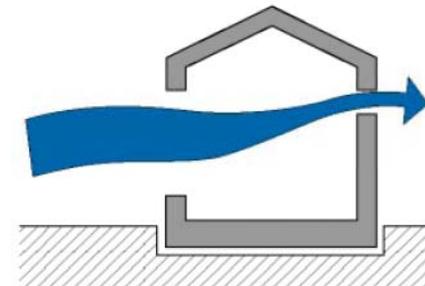
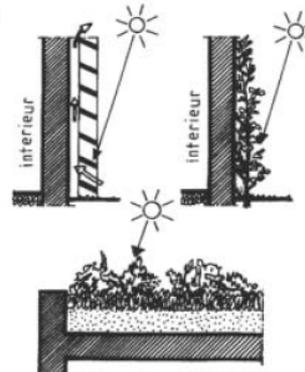


76 kWh/m²/an

Avec un isolant transparent de 5 cm



118 kWh/m²/an



Comparatif des gains apportés par différents murs capteurs<sup>(R)</sup> sur un lotissement dans les Ardennes.

**Se protéger, dissiper...**

Source: O. SIDLER / P.LAVIGNES

purylopezdiaz@hotmail.com

# Propriétés des matériaux:

- Coefficient de réflexion pour différentes textures
- Calcul du coefficient de transmission  $K$

# Phénomènes en lien avec la maîtrise des ambiances

## condensations

- **nom donné au phénomène physique de changement d'état de la matière qui passe d'un état dilué gaz à un état condensé (solide ou liquide)**



# condensations

- Surtout au niveau de l'enveloppe
- Généralement dans les locaux à forte hygrométrie
- En période hivernal lorsque il y a des différences de température importantes entre l'air intérieur et l'air extérieur
- Deux types à prendre en compte:
  - **Superficielle**
  - **Interstitielle**

# condensations

## L'air:

azote+ oxygène+ un peu de gaz carbonique+traces de gaz rares + une proportion variable de vapeur d'eau

- Dans un volume de mélange de gaz chacun se comporte comme s'il était le seul dans ce volume:

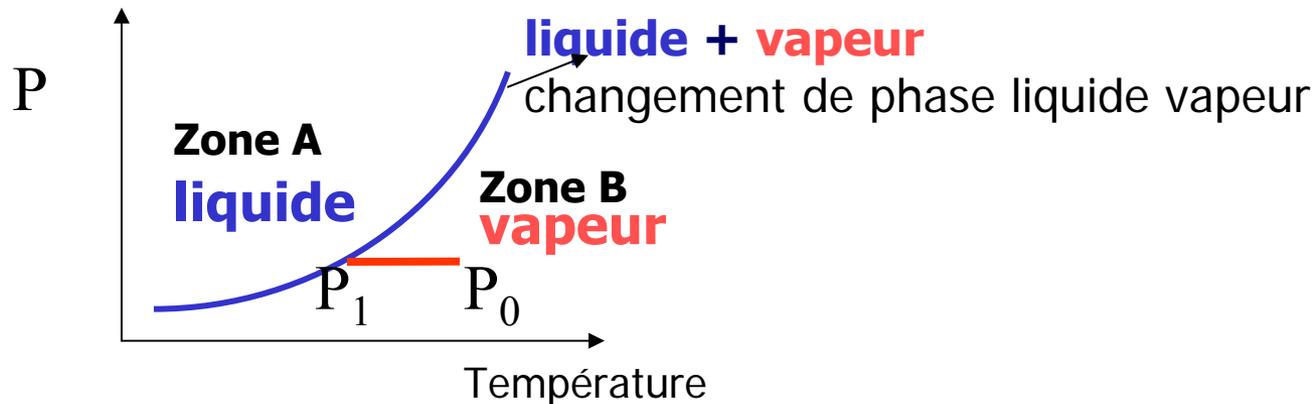
## Pression partielle

- La **pression du mélange de gaz** est la somme des pressions partielles de chacun d'entre eux

$$P = P_{N_2} + P_{O_2} + P_{CO_2} + P_{\text{gaz rares}} + P_{H_2O}$$

# L'air atmosphérique... condensations

Gaz: existe que dans certaines conditions



Représente une courbe de pression P attaché à chaque fluide  
L'eau passe à l'état de vapeur à 100°C sous 1 atmosphère de pression  
Mais en altitude ou la pression est plus faible ce changement de phase aura lieu à une température inférieure

## L'air atmosphérique... condensations

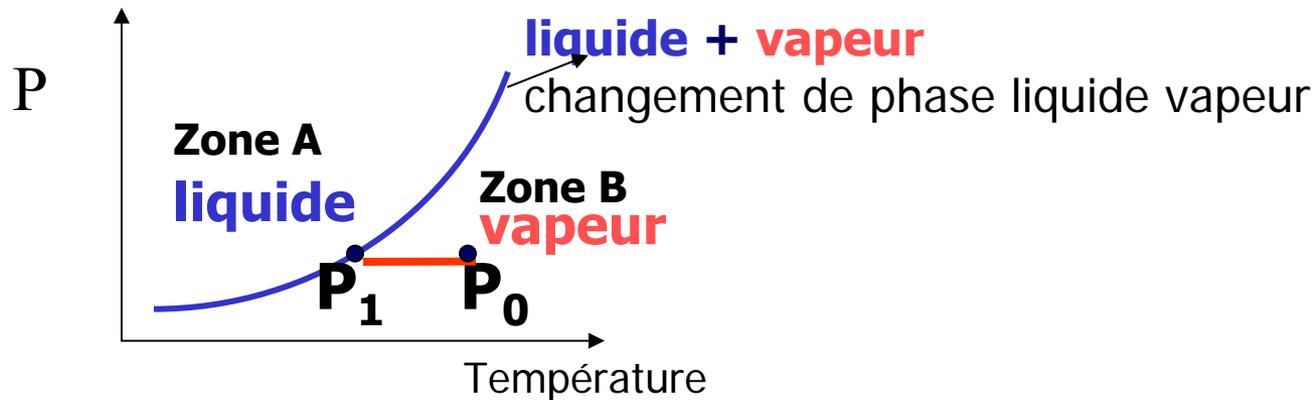
Pour des températures obtenues naturellement sur le globe la pression partielle de chaque composant de l'air (sauf l'eau) est telle qu'il ne peut s'agir que de gaz

Au contraire pour l'eau dans l'air il peut exister:

- seulement de la vapeur: elle est dite vapeur sèche point qui se représente en **B**
- de la vapeur + du liquide la vapeur est dite vapeur humide ou saturante point qui se représente sur la **courbe** liquide + vapeur

# L'air atmosphérique... condensations

Gaz: existe que dans certaines conditions

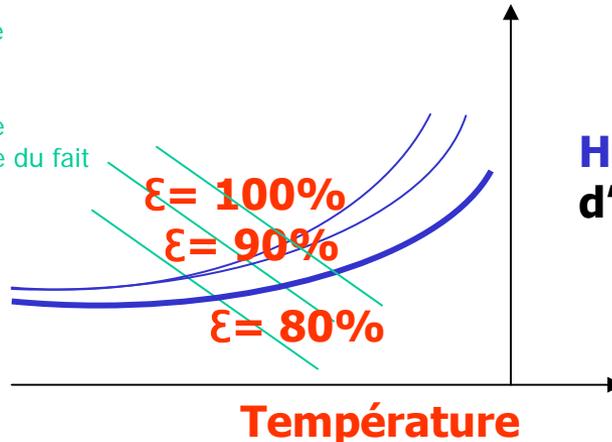


Si on part de la vapeur représenté par le point P<sub>0</sub> à pression constante on la refroidit on constate l'apparition de liquide lorsque le point devient P<sub>1</sub> situe sur la courbe de liquide + vapeur

## L'air atmosphérique... condensations

- Rappel du diagramme de l'air humide

**Enthalpie constante:** paramètre Thermodynamique qui représente l'énergie totale contenu par le fluide non seulement du point de vue thermique mais aussi à cause du fait qu'il est possible de se détendre en fournissant du travail



**Humidité absolue H:** masse de vapeur d'eau contenu par kilogramme d'air sec

**$\xi$ : humidité relative constante ... masse d'air contenue dans l'air par rapport à la masse maximale qu'il peut contenir dans les mêmes conditions**



À une température donnée l'humidité relative croit avec l'humidité absolue ..

L'humidité qui correspond à une pression partielle croit avec la température à commencer dans les conditions de saturation

représentées par  $\xi = 100\%$

[purylopezdiaz@hotmail.com](mailto:purylopezdiaz@hotmail.com)





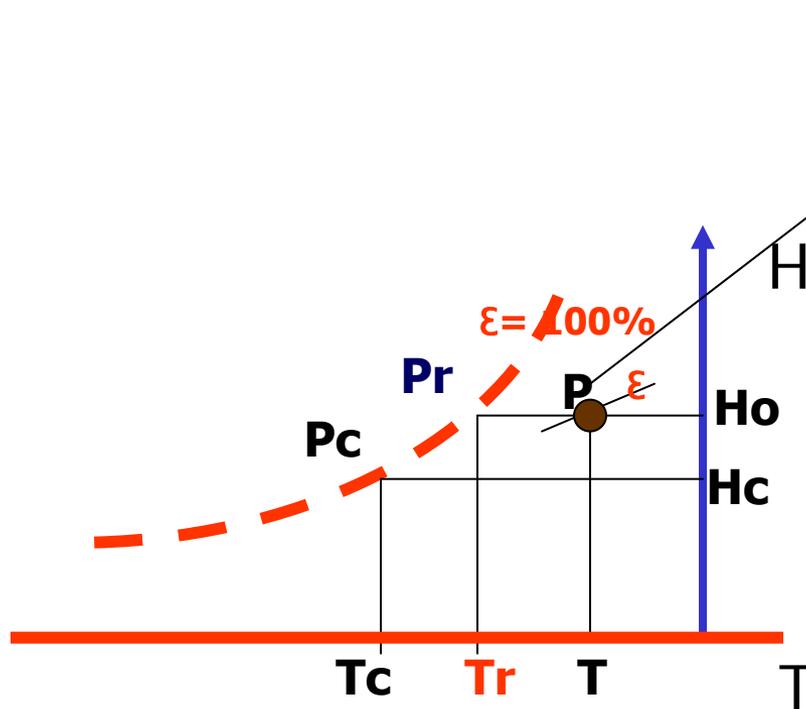
## L'air atmosphérique... condensations

**On observe que la masse de vapeur saturante est d'autant plus grande que la température est élevée:**

**donc: on constate que le pouvoir desséchant augmente avec la température à hygrométrie relative égale et à plus forte raison à hygrométrie relative décroissante!**

**En d'autres termes: à humidité absolue constante le pouvoir desséchant (et par conséquent la vitesse de séchage des corps) augmente avec la température!!!**

## L'air atmosphérique... condensations



Point  $P$  qui représente un état initial va se déplacer sur une horizontale  $H = \text{constante} = H_0$  vers la gauche  
Son humidité relative croît, alors que la température décroît jusqu'à atteindre la courbe  $\epsilon = 100\%$  au point  $P_r$  pour  $T_r$  : l'air est alors saturé

Si on continue à le refroidir de l'eau se condense et le point figuratif (par ex  $P_c$   $T_c$   $H_c$ ) se déplace sur la courbe  $\epsilon = 100\%$   
**Dans toute cette opération l'eau condensée est = à  $H_0 - H_c$**

Point remarquable:  $P_r$  point de rosée tel qu'apparaît le début de la condensation (voir rosée sur la végétation lors du refroidissement nocturne)

# L'air atmosphérique... condensations

- Le point de rosée ou température de rosée est une donnée thermodynamique caractérisant l'humidité dans un gaz.
- Le point de rosée de l'air est la température à laquelle la pression partielle de vapeur d'eau est égale à sa pression de vapeur saturante.
- Si l'air humide est progressivement refroidi, la température de rosée correspond à l'apparition d'eau sous phase liquide.
- C'est le phénomène de condensation qui survient lorsque le point de rosée est atteint
- **La condensation atteint de la même manière les parois des bâtiments.**

### L'air atmosphérique... condensations

En fonction de l'humidité relative  $H_r$  de l'air lorsque celui ci est en contact avec un corps plus froid qui lui ( par exemple une fenêtre en hivers ou un mur la nuit en région chaude humide!) de la condensation se dépose sur ce corps lorsqu'il se refroidit au dessous de la température de rosée  $T_r$

**Origine de dégâts, nuisances: moisissures**

## L'air atmosphérique... condensations

Les condensations sur des surfaces froides sont cause de dégradation de revêtements intérieurs des enveloppes d'habitations:

Ex: salles d'eau humides et chaudes lors des douches au contact avec une paroi froide: condensation superficielle

En comparant la température de la face interne de l'enveloppe à la température de rosée de l'air ambiant on peut apprécier les risques de condensation superficielle

## L'air atmosphérique... condensations

- **L'air ambiant:** mélange d'air sec et de vapeur d'eau et en fonction de la température il est plus ou moins capable d'absorber de l'eau par évaporation: la limite maximale correspond **à l'état de saturation du mélange**
- **la quantité de vapeur qu'il peut absorber avant saturation correspond au pouvoir desséchant du mélange**
- **Ce pouvoir est très dépendant de la température et décroît fortement avec elle**
- **Un mélange chaud peut contenir plus de vapeur d'eau que un mélange froid**
- **L'état de saturation peut aussi être obtenu par un refroidissement du mélange: la vapeur excédentaire se condense en de fines gouttelettes en suspension dans l'air (brouillard)**

- **Reference bibliog JPF 84**

## L'air atmosphérique... condensations

### **Phénomène de condensation:**

**passage de l'état gazeux à l'état liquide:  
inverse de la vaporisation**

### **Trois grandeurs:**

**Pression : en pascal Pa**

**Volume : en m<sup>3</sup>**

**T= Température en degré Kelvin**

**pV = mR (masse du gaz en kg par la constante R dépendant  
T du gaz dont la vapeur d'eau R=461 J/kgK**

# L'air atmosphérique... condensations

## Condensation superficielle:

### Hygrométrie d'un local est déterminée par :

- le niveau de production de vapeur générée par :
  - son occupation et
  - son taux de renouvellement de l'air;

### L'humidité relative de l'air ambiant est déterminée par:

- l'hygrométrie du local: faible moyenne forte ou très forte
- sa température
- La température et l'humidité relative de l'air assurant son renouvellement d'air

### *Exemple:*

*Un local de forte hygrométrie, maintenu à 20°C et ventilé par de l'air à 5°C et 80%HR (soit environ 4g/kg d'humidité absolue d'après le diagramme de l'air humide) a une humidité relative d'environ 65% (voir diagramme)*

## L'air atmosphérique... condensations

**en comparant la température de la face interne de l'enveloppe à la température de rosée de l'air ambiant on peut apprécier les risques de condensation superficielle**

**En partie courante de l'enveloppe et dans l'hypothèse du régime permanent la température de la face interne est déterminable**

**Si U est la conductance globale d'un élément de l'enveloppe le flux que la traverse est égale à:**

$$\varphi \text{ (flux)} = U (T_i - T_e) \text{ W/m}^2$$

## L'air atmosphérique... condensations

**En régime permanent ce flux est aussi celui échangé entre la face interne de l'enveloppe et l'ambiance intérieur**

$$\varphi \text{ (flux)} = \frac{T_i - T_{si}}{R_{si}}$$

T<sub>si</sub> température face interne

R<sub>si</sub> résistance superficielle intérieure (0,13m<sup>2</sup>K/W pour une paroi verticale)

**Des deux formules précédentes on obtiens la valeur de la température de surface:**

$$T_{si} = T_i - UR_{si} (T_i - T_e)$$

## Phénomènes en lien avec la maîtrise des ambiances : Condensations...

### L'air atmosphérique... condensations

#### Ce qui peut se traduire dans la pratique:

**cas 1 :Élément de l'enveloppe : simple vitrage vertical**

$$U = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K et}$$

$$T_{si} = 8,7^\circ\text{C}$$

**cas 2 Si double vitrage avec lame d'air de 10 mm et une émissivité courante**

$$U = 2.9 \text{ W/m}^2\text{K et}$$

$$T_{si} = 14,3^\circ\text{C}$$

**cas 3 Si double vitrage avec lame d'air de 10 mm et une très faible émissivité**

$$U = 1.9 \text{ W/m}^2\text{K et}$$

$$T_{si} = 16,3^\circ\text{C}$$

**cas 4 S'il s'agit d'un mur de 15 cm de béton isolé par 10 cm de polystyrène  
( $\lambda=0.004 \text{ W/mK}$ )**

$$U= 0,36\text{W/m}^2\text{K et}$$

$$T_{si} = 19,3^\circ\text{C}$$

### L'air atmosphérique... condensations

**Si La température de rosée de l'air ambiant (à 20°C et 65% H) est d'environ 13.3°C (voir diagramme de l'air humide) on peut dire que:**

**Dans le cas 1 la condensation superficielle est quasiment sûre:  
8.7°C <<13,3°C**

**Dans les autres cas elle est évitée!**

**Si la ventilation de vapeur augmente sans que la ventilation le fasse le local passe en très forte hygrométrie et la condensation devient même possible sur un double vitrage faiblement émissif ( la température de rosée d'un air à 20°C et 80% est d'environ 18°C)**

### L'air atmosphérique... condensations

**Si par contre H absolue de l'air ambiant reste constante et qu'on laisse se refroidir (jusqu'à 15°C par ex.) sa température de rosée ne va pas varier (13,3°C) mais la température de la face interne va baisser**

**Dans le cas du double vitrage faiblement émissif elle devient égale à 12,5°C et dans celui du mur isolé à 14,5°C**

**Il y a un grand risque de condensation sur le vitrage**

L'air atmosphérique... condensations

**Pour éviter les condensations superficielles sur la face interne de l'enveloppe il faut:**

- **Local correctement chauffé**
- **Suffisamment ventilé pour que son hygrométrie soit acceptable**
- **Qu'il soit bien isolé avec une bonne homogénéité (éviter des ponts thermiques) pour maintenir la face interne de son enveloppe à une température la plus proche possible de la température de la parois intérieure**

L'air atmosphérique... condensations

### **Pont thermiques:**

- Discontinuités de l'isolation thermique à l'endroit des liaisons entre les différents éléments de l'enveloppe
- Entre les parois intérieures et l'enveloppe
- Matériaux très conducteurs
  
- Solutions si on ne peut pas les éviter: évacuation naturelle des condensats

Migration de vapeur et condensation interstitielle

En fonction de :

La porosité des matériaux qui composent l'enveloppe

Elle peut être plus ou moins perméable à la vapeur d'eau

C'est la différence des pressions partielles de la vapeur de la part et d'autre de l'enveloppe qui provoque cette migration

Le gradient des pressions partielles dépend des conditions d'humidité et des températures des ambiances intérieur et extérieur

### Migration de vapeur et condensation interstitielle

La perméabilité des matériaux dépend essentiellement de leur porosité

+ importante pour: les matériaux à porosité ouverte: matériaux fibreux en général laine de verre plâtre, bois

Que pour ceux à porosité fermée: mousses plastiques pierre ponce, verre métaux

Taille des pores

Microporeaux : perméable a la vapeur mais étanche a l'eau.. (certain matériaux)

Ceux qui peuvent absorber de l'eau liquide sont généralement très perméables a la vapeur d'eau

Pare vapeur: fil d'aluminium

Plâtre cartonée de 10mm : perméable a la vapeur d'eau

### Migration de vapeur et condensation interstitielle

Condensation à l'intérieur d'un matériau

Elle se produit chaque fois que les conditions de température et d'humidité du matériau sont telles que la pression de vapeur atteint la pression de vapeur saturante

- 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



# Rappel

## les villes : Microclimats

### îlots de chaleur urbains

## Sources de chaleur Ville vs Campagne

**Les comportements des matériaux**  
En fonction de leurs caractéristiques les matériaux « stockent la chaleur »

**Ville :**

**Matériaux des:**

- bâtiments
- voies de circulation
- Infrastructures

**campagne:**

- terre et surfaces végétalisées



# Rappel

## les villes : Microclimats

### îlots de chaleur urbains

## Sources de chaleur

### **L'inertie thermique**

Le principe d'inertie thermique peut se résumer comme la capacité d'un matériau à accumuler puis à restituer un flux thermique. Plus le temps d'absorption et de restitution est long, plus le matériau est thermiquement inerte. La capacité thermique représente la quantité de chaleur qu'un matériau peut stocker puis restituer

Ce principe d'inertie est une des premières raisons de la formation des îlots de chaleur urbains car les matériaux de construction ont une inertie thermique bien plus grande que la terre. A titre d'exemple, le béton ordinaire a une capacité thermique de 2 400 à 2 640, la terre sèche de 1 350 (en KJ/m<sup>3</sup>.°C – Kilo Joule par mètre cube par degré Celsius

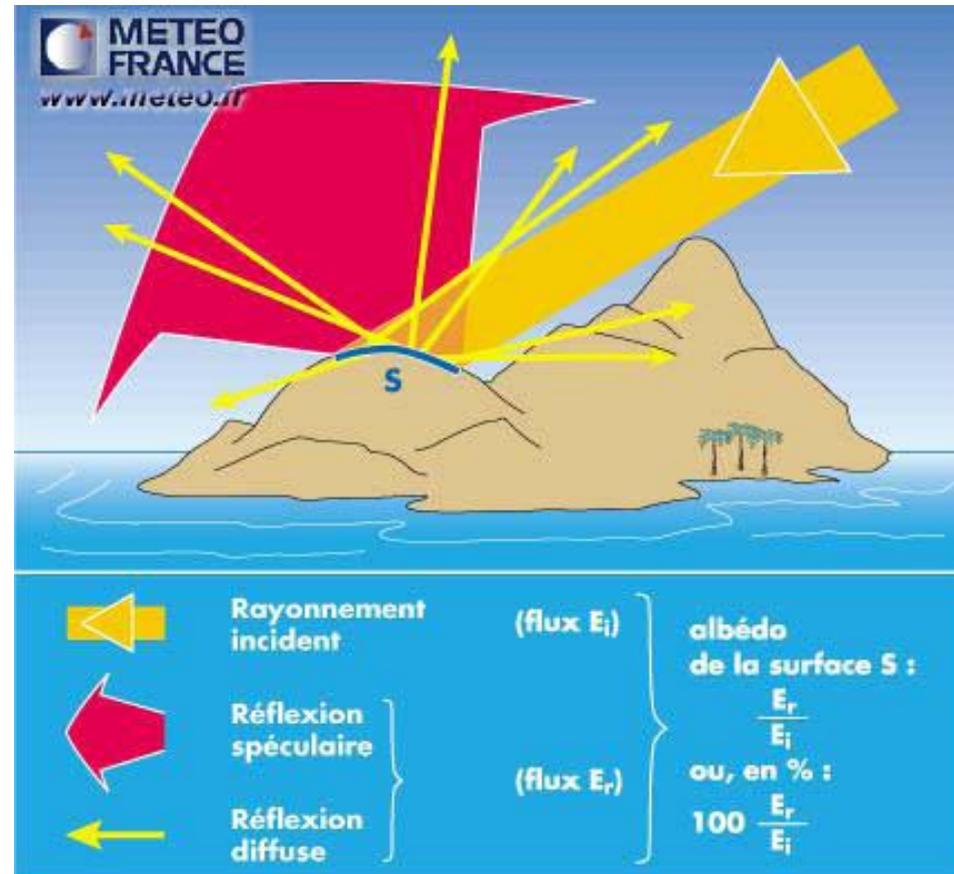
# Rappel les villes : Microclimats îlots de chaleur urbains

## Sources de chaleur

### L'albédo

L'albédo est le deuxième paramètre des matériaux qui influe sur leur comportement face à la chaleur, il **représente l'énergie solaire réfléchie par rapport à l'énergie solaire reçue**

(Énergie réfléchie / Énergie reçue).

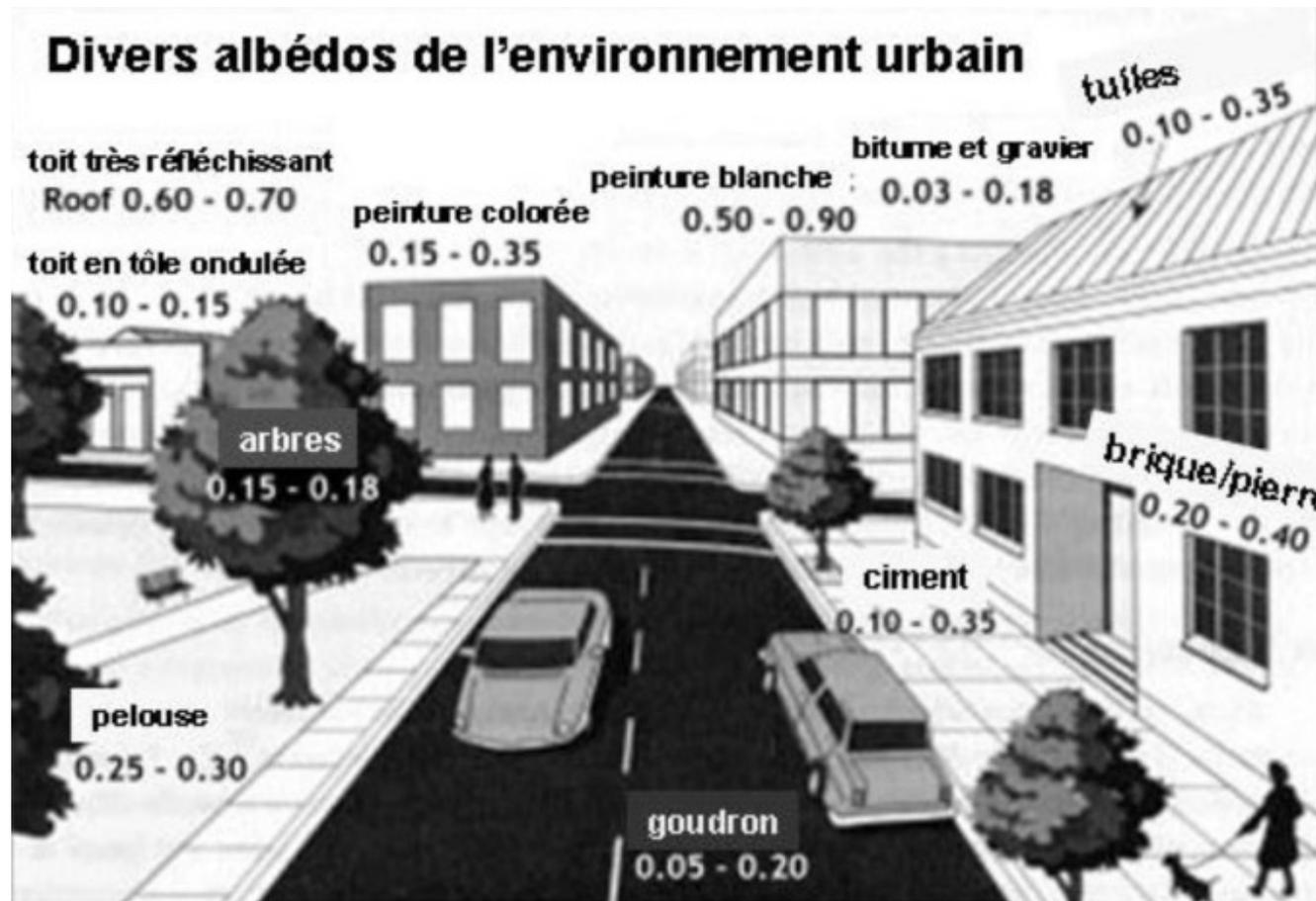


# Rappel

## les villes : Microclimats

### îlots de chaleur urbains

Appliquée aux matériaux urbains, cette donnée physique détermine leur capacité d'absorption ou de réflexion de l'énergie reçue et ainsi leur température.



# Rappel

les villes : Microclimats

îlots de chaleur urbains

## **Sources de chaleur**

**combinaison de l'inertie thermique et de l'albédo**

**les matériaux urbains réagissent par rapport à l'énergie qu'ils reçoivent**

Ex: béton

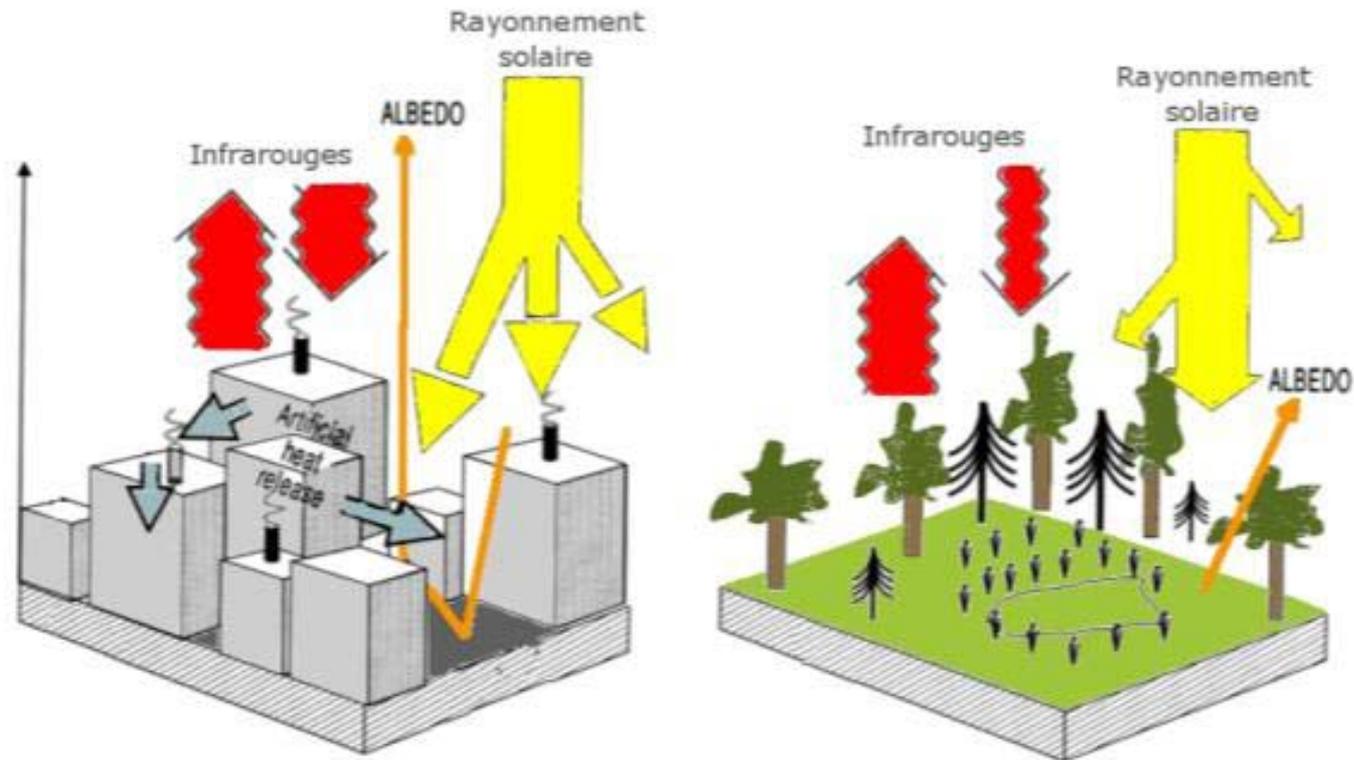
soumis aux rayonnements solaires, mais aussi aux rayonnements de réflexion va se réchauffer lentement mais sa capacité thermique et son albédo lui permettent d'emmagasiner beaucoup de chaleur.

Lorsqu'il ne reçoit plus d'énergie, il commence à se refroidir, tout aussi lentement alors que la température de l'air extérieur qui l'entoure a déjà beaucoup baissé.

# Rappel

## les villes : Microclimats

### îlots de chaleur urbains

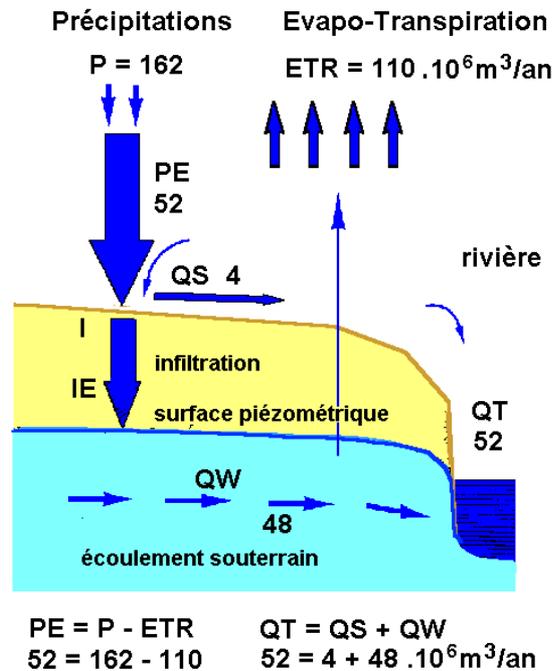


densité de construction **types de surfaces de matériaux....**

Au niveau du sol, la vitesse du vent est sensiblement plus faible qu'au-dessus des bâtiments qui freinent la circulation de l'air, ce que l'on appelle la longueur de rugosité

# Rappel les villes : Microclimats îlots de chaleur urbains

**la ville possède moins de moyens de rafraîchissement naturels que la campagne**



*Végétation et l'eau: pouvoir de rafraîchissement, évaporation et évapotranspiration*

*P : Précipitations ,*

*F: vapeur d'eau provenant des processus de combustion ;*

*I: : eau apportée artificiellement par les canalisations ;*

*E : vapeur d'eau des processus d'évaporation, d'évapotranspiration et de condensation ;*

*R: ruissellement et évacuation ;*

*S: emmagasinement dans la ville ;*

*A: vapeur d'eau transportée par advection (déplacement horizontal des masses d'air).*

Bilan hydrique en zone urbaine  
Colombert 2008