

Energie solaire

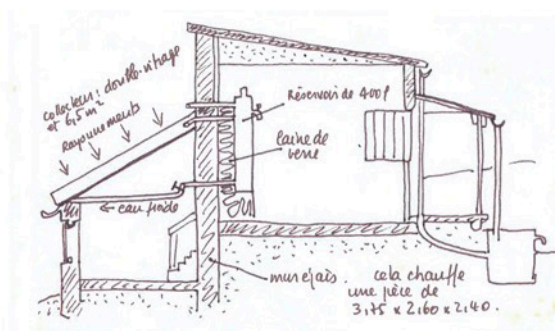
principes et applications

le rayonnement solaire

les matériaux

un réfrigérateur solaire

quelques idées pour une maison solaire



Encyclopédie d'Utovie n°125

**Energie solaire
principes
et applications**

**le rayonnement solaire
les matériaux
un réfrigérateur solaire
quelques idées pour une maison solaire**

Reprise en version numérique des fiches énergie solaire de
l'encyclopédie d'utovie non publiées en fascicule.

Si ces informations ont déjà un certain âge elles restent, sur le fond, fiables et pratiques
à utiliser dans vos réalisations.

Vous retrouverez dans la partie « Maison solaire » une idée de Reiser (les bagnoles
teintes en noir...). Réiser assura longtemps une rubrique solaire dans La Gueule
Ouvverte. Si ça n'a pas déjà été fait ce serait bien d'en réunir les éléments en volume !
A noter également que cette partie fit l'objet d'une édition en fascicule (n°28 de L'Ency-
clopédie d'Utovie).

Pour chaque chapitre nous avons conservé la pagination d'origine.

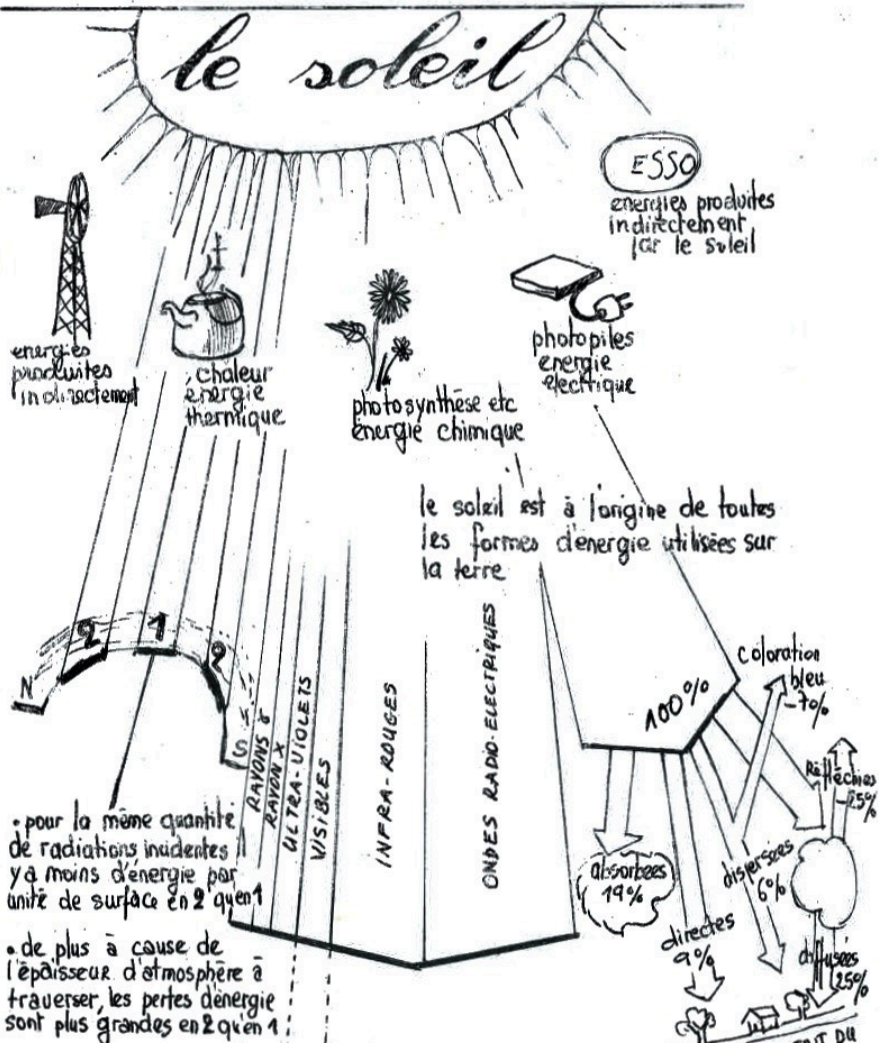
Cette version numérique a été réalisée en août 2024
par et pour les Editions d'Utovie

ISBN 978-2-86819-225-7
Dépôt légal 08/2024

**Retrouvez l'ensemble de notre travail, depuis 1971 sur notre site
www.utovie.com**

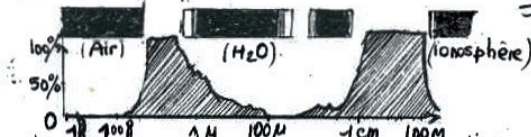
© Utovie, 2024





• pour la même quantité de radiations incidentes y a moins d'énergie par unité de surface en 2 qu'en 1

• de plus à cause de l'épaisseur d'atmosphère à traverser, les pertes d'énergie sont plus grandes en 2 qu'en 1

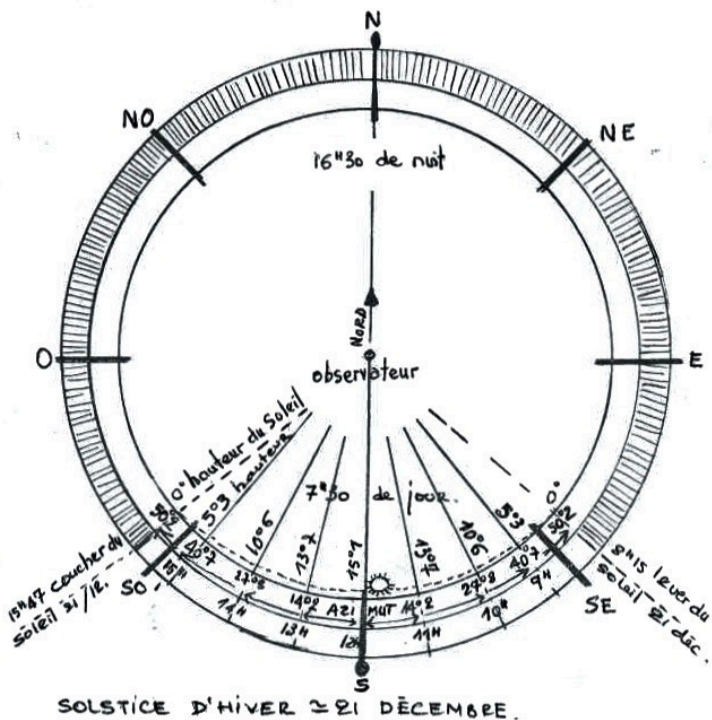


parties du rayonnement transmises à travers l'atmosphère.

COMPORTEMENT DU RAYONNEMENT à travers l'atmosphère

MESURES DE LA POSITION DU SOLEIL. Les figures représentent la trajectoire du soleil se rapportant à la région située à environ 51°30' de latitude nord. (Anvers).

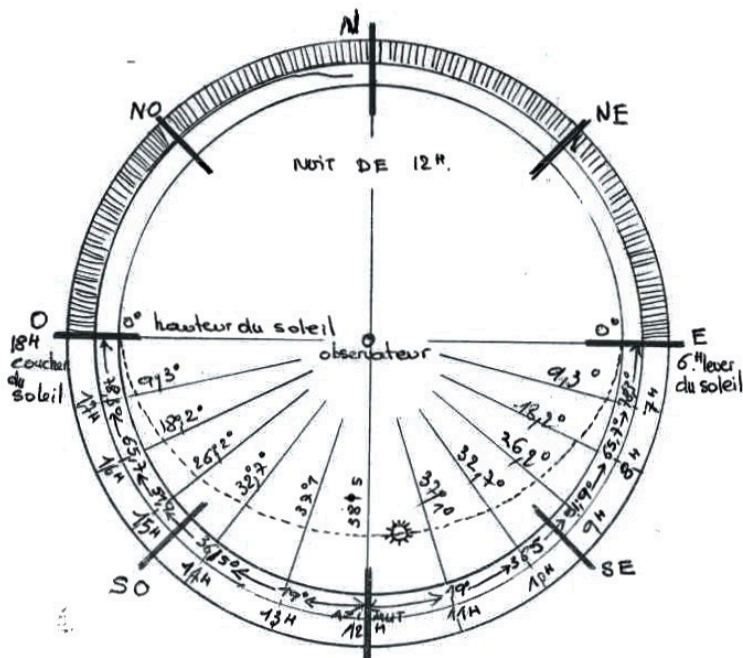
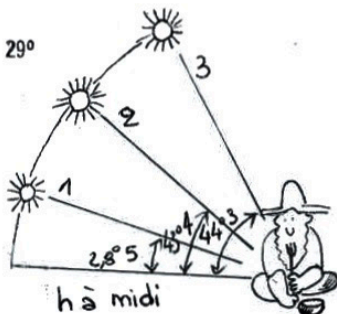
AZIMUT: Les degrés indiqués au second cercle extérieur se rapportent à l'angle sous lequel on mesure la course d'est en ouest, dans sa projection sur le plan horizontal.



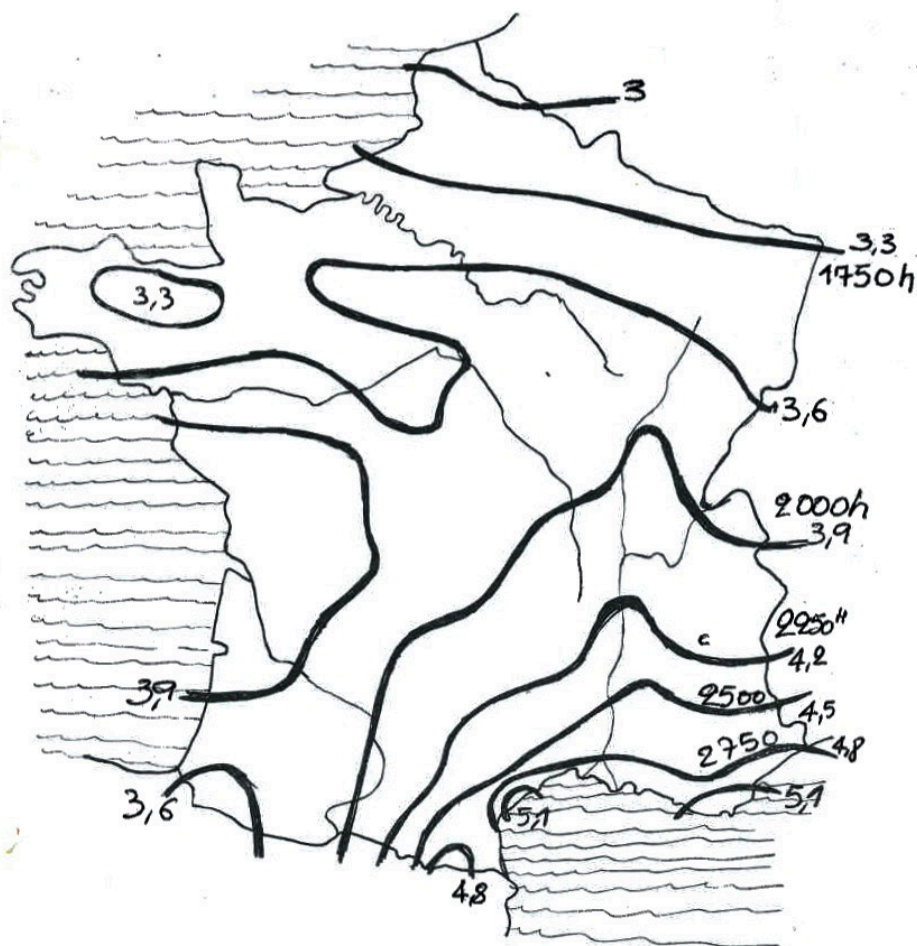
HAUTEUR DU SOLEIL: Pour la France, la Belgique, le Luxembourg et la Suisse on ajoutera 1° à la hauteur du soleil par degré de latitude, au fur et à mesure qu'on descendra vers le Sud.

ex: Paris 48°55'

donc +2°50' ou 3° le 21 mars à 9h, : 29°



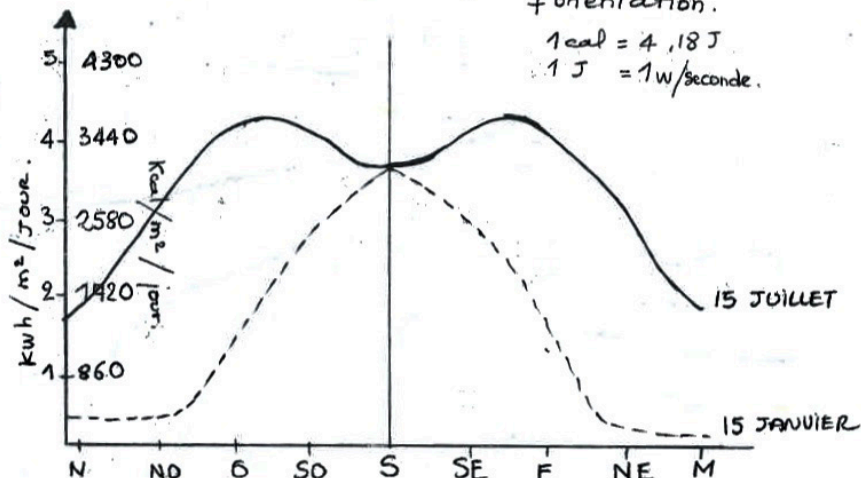
EQUINOXE DE { PRINTEMPS → S 21 MARS
AUTOMNE ← 21 SEPTEMBRE



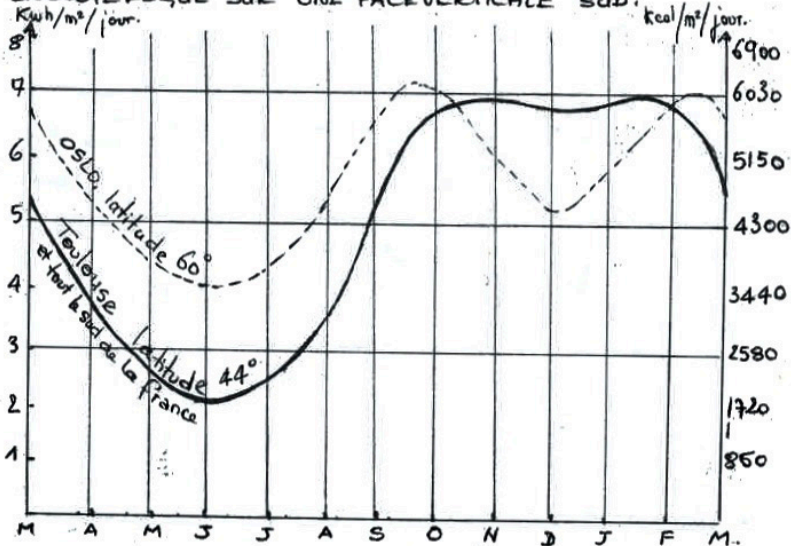
MOYENNE annuelle de la puissance quotidienne au sol
en Kwh/m².

et nombre d'heures d'ensoleillement, en moyenne chaque
année.

ECLAIREMENT ÉNERGÉTIQUE quotidien, faces verticales
 ≠ orientation.



ÉNERGIE REÇUE SUR UNE FACE VERTICALE SUD.



Rayonnement global (diffus + direct).

Rayonnement

Deux types de rayonnement nous intéressent pour le moment :

- celui du soleil visible.
- celui (thermique) des grandes longueurs d'ondes ;

RAYONNEMENT VISIBLE :

- Ultra-violet : $\lambda = 0,4 \mu$
- Infra-Rouges : $\lambda = 0,7 \mu$

RAYONNEMENT THERMIQUE :

- IR $\lambda > 0,7 \mu$



-0-

LA CONDUCTIBILITE : d'un matériau est sa capacité à se faire traverser par la chaleur (voir à Echanges Thermiques).

LA REFLEXIVITE : d'un matériau est le rapport des rayons réfléchis aux rayons incidents. Donnée en pourcentage elle est mesurée pour un rayonnement perpendiculaire à la surface. Elle dépend de la longueur d'onde (λ)



elle varie avec l'angle d'incidence.

Elle varie aussi suivant les matériaux, leur couleur, leur nature et leur surface (plus ou moins polie, plus ou rugueuse, etc.)

EXEMPLE DE TABLEAU, EN PARTANT DES COULEURS TRÈS RÉFLECTISSANTES ET EN ALLANT VERS LES MOINS RÉFLECTISSANTES (de gauche à droite :

| | | | | | | | |
|-------|---------|----------------|--------------|-------------|--------------|---------------|----------------|
| blanc | → crème | → jaune citron | → jaune d'or | → bleu ciel | → vert d'eau | → rouge clair | → vert prairie |
|-------|---------|----------------|--------------|-------------|--------------|---------------|----------------|

NOIR

L'EMISSIVITE : d'un corps noir à une température donnée est l'énergie rayonnée à cette température, par ce corps, par unité de temps et de surface (unité : Kcal/h/m^2). Pour un corps ordinaire (gris), elle est caractérisée par le coefficient de rayonnement en $\text{Kcal/h/m}^2/^\circ\text{K}$

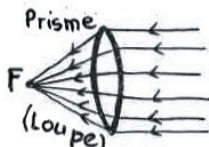
L'ABSORPTIVITE (α) : d'une surface est le rapport entre l'énergie qu'elle reçoit E, et l'énergie qu'elle absorbe e; mesuré pour un rayonnement perpendiculaire, il dépend de la longueur d'onde λ de la radiation. On a :

$$\alpha(\lambda) = \frac{e}{E}$$

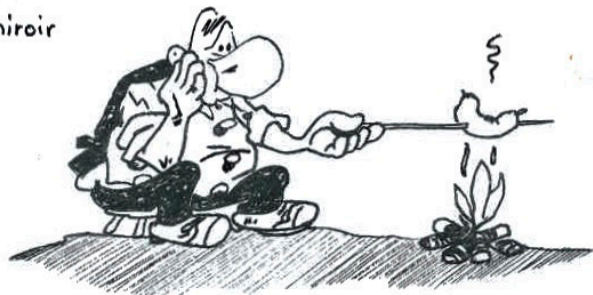
LE CORPS NOIR : est un corps hypothétique qui absorberait toutes les radiations lumineuses et donc nous apparaîtrait noir. La couleur d'un objet étant due aux radiations qu'il réfléchit.

LA FOCALISATION : consiste à concentrer l'énergie transportée par des rayons parallèles en un seul point. Cette concentration peut se faire par réfraction ou réflexion. Elle augmente la quantité d'énergie reçue au point d'intersection des rayons (foyer F) :

REFRACTION

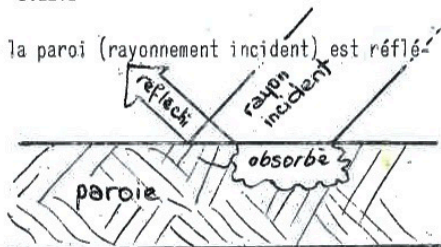


REFLEXION



PHENOMENES THERMIQUES
SUR UNE PAROI
AU SOLEIL

Le rayonnement qui arrive sur la paroi (rayonnement incident) est réfléchi et absorbé par celle-ci :



L'énergie absorbée est ensuite rayonnée de part et d'autre de la paroi. La surface extérieure en rayonne directement une partie, tandis que la surface intérieure rayonne la partie transmise par conduction à travers la paroi :



Les parties rayonnées sont transmises à l'air par des phénomènes de convection. Ceux-ci sont fonction, entre autres de la température et de la vitesse de l'air au niveau des surfaces. Plus la paroi sera exposée au vent et plus il y aura de pertes par convection par la surface extérieure.

On peut calculer la partie transmise par conduction avec la formule suivante :

$$Q = K \left(t_i + \frac{\alpha R}{h} - t_e \right)$$

avec :

Q = chaleur transmise en K cal/m²/h

K = coefficient de transmission thermique en Kcal/m²/h°C de la paroi.

t_i = température intérieure en °C. t_e = température extérieure en °C.

α = coefficient d'absorption de la paroi.

h = coefficient de transmission thermique de surface.

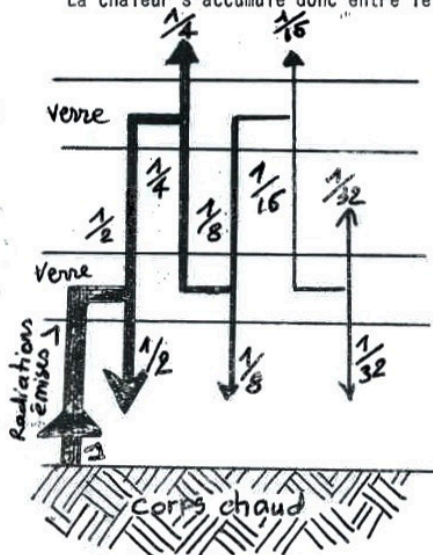
R = intensité du rayonnement en Kcal/m²/h.

L'EFFET DE SERRE

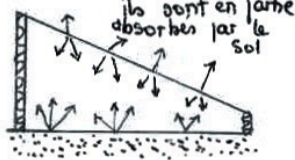
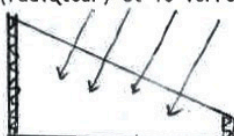
Il consiste à emprisonner l'énergie apportée par le rayonnement solaire. Pour cela on place au-dessus du corps chauffé un matériau transparent à la plus grande partie des radiations solaires et opaque à la plus grande partie des radiations thermiques émises par le corps en s'échauffant.

Par exemple le verre est transparent aux radiations du spectre ainsi qu'aux infra-rouges de faibles longueurs d'ondes. Il est opaque aux infra-rouges de grandes longueurs d'ondes qu'il absorbe. Or un corps chaud rayonne des radiations composées essentiellement d'infra-rouges de grandes longueurs d'ondes. Le verre absorbe celles-ci et les rayonne à son tour de part et d'autre.

La chaleur s'accumule donc entre le récepteur (radiateur) et le verre.



schématisation de l'effet de serre avec deux vitrages

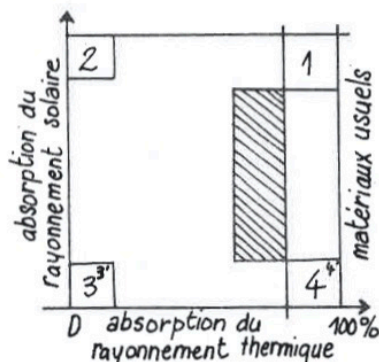


le sol échauffé rayonne à son tour de plus grandes longueurs d'ondes pour lesquelles le verre est opaque.

énergie solaire les matériaux

I - CLASSIFICATION DES MATERIAUX DE CAPTAGE DE L'ENERGIE SOLAIRE

But : absorber l'énergie solaire et la transformer en chaleur. Ceci est réalisé de diverses manières selon le type d'utilisation souhaitée et à l'aide de matériaux usuels dont la surface présente certaines propriétés physiques d'absorption. Ces matériaux usuels s'échauffent au soleil et se refroidissent à l'ombre ou la nuit. L'emploi de matériaux sélectifs peut accentuer ce phénomène de l'utilisation désirée.



MATERIAUX DE TYPE 1 :
noir de fumée, noir d'acétylène, oxydes noirs et peintures les diluant. Ils s'échauffent au maximum au soleil, rayonnent bien l'énergie thermique, se refroidissent au maximum la nuit.

MATERIAUX DE TYPE 2 :
corps sélectifs chauds. Ils n'existent pas naturellement. S'en rapprochent l'acier inoxydable et les métaux ou alliages traités spécialement (oxydation contrôlée).

Ils s'échauffent au soleil (plus que ceux du type 1), rayonnent peu leur énergie thermique. La nuit, restent à la température ambiante.

MATERIAUX DE TYPE 3 et 3' : - 3 : métaux polis : aluminium poli d'un emploi aisé (feuille). - 3' : film plastique de polyéthylène haute pression. Restent à la température ambiante la nuit comme le jour.

MATERIAUX DE TYPE 4 : et 4' : corps sélectifs froids. - 4 : oxydes blancs blancs, chaux et peintures ou enduits les diluant, aluminium anodisé. - 4' : couche mince de verre, glace,

eau, plastiques (surtout PVC) ; au soleil, restent à température ambiante. A l'ombre se refroidissent au maximum (plus que ceux du type 1).

Ainsi, on utilisera les types 1 et 2 pour la récupération solaire (radiateurs noirs) ; les types 3 et 4 pour la réflexion ; les types 1 et 3 pour la restitution maximum la nuit. Le type 4 pour le refroidissement jour et nuit. On peut associer bien sûr des matériaux présentant des propriétés différentes & complémentaires. Evidemment, vous constaterez en découvrant ces matériaux qu'ils sont loin d'être tous issus de réelles technologies douces, mais il y en a assez qui le sont pour faire avec.

II - PROPRIETES DES MATERIAUX LES PLUS COURANTS

L'effet serre comme la focalisation et l'isolation font intervenir un certain nombre de propriétés des matériaux dont l'absorbtivité, l'émissivité, la conductibilité, la réflexivité etc. (tout un vocabulaire qui s'apparente au vocabulaire technocrate malheureusement).

L'ABSORBTIVITE : d'une surface est le rapport énergie incidente / énergie absorbée. Elle dépend de la longueur d'onde λ de la radiation reçue. Certains corps ont cependant un coefficient d'absorption constant quelle que soit la longueur d'onde λ de la radiation reçus, ce sont : "le corps noir" et "le corps gris".

coefficient d'absorption du et suivant la teinte de la paroi

| | | | |
|-------------------------------|-------------|------------------------------|---------------|
| corps noir..... | 1 | blanc : | 0,2 à 0,3 |
| suie, charbon..... | 0,95 | jaune orange | rouge clair : |
| maçonnerie, enduit..... | 0,93 | | 0,3 à 0,5 |
| papier, peintures brillantes, | | rouge sombre, vert clair et | |
| émail..... | 0,80 à 0,90 | bleu clair : | 0,5 à 0,7 |
| oxydes de fer et Cu..... | id. | brun, vert sombre, bleu vif, | |
| fonte moulée..... | 0,80 | bleu sombre : | 0,7 à 0,9 |
| eau au repos | 0,67 | brun sombre, noir : | 0,9 à 1 |

D'autres coefficients moyens sont parfois donnés pour des matériaux "gris" pour une partie du spectre lumineux. C'est le caractère sélectif de la plupart des matériaux qui doit être utilisé au mieux dans la conception des collecteurs.

L'EMISSIVITE d'un corps à une température donnée est l'énergie rayonnée à cette température par unité de temps et surface.

On l'exprime par le coefficient de rayonnement α_r en Kcal/h. M². °C. L'émissivité des matériaux est de l'ordre de 0,9 d'où une valeur de α_r proche de 4 Kcal/h. M².°C (excepté pour certains métaux).

LA CONDUCTIBILITE d'un matériau est sa capacité à se faire traverser par la chaleur.

LA CHALEUR MASSIQUE est à peu près la même pour les matériaux de construction minéraux et égale à 0,2 kcal/kg°C.

L'ADMITIVITE d'un matériau dépend entr'autres de la conductivité, la chaleur massique et la densité. Cette caractéristique intervient surtout au niveau du confort : la différence ressentie (quand on marche nu-pieds) entre un carrelage, un plancher et une moquette. L'admitivité d'une moquette est cent fois moindre que celle d'un carrelage.

LA REFLEXIVITE d'un matériau est sa capacité à réfléchir les radiations qu'il reçoit. On la mesure en faisant le rapport des rayons réfléchis aux rayons incidents. La réflexivité dépend de la longueur d'onde et de l'angle d'incidence. Elle est donnée pour un rayonnement perpendiculaire à la surface de réception.

III - CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS DE CONSTRUCTION

1) LES PAROIS HOMOGENES

Le coefficient de transmission thermique K d'une paroi se calcule à partir de la conductivité λ et de l'épaisseur de la paroi. Ces facteurs dont dépend λ sont les suivants :

- la densité du matériau : cette loi n'est pas absolue car la forme et l'orientation des pores interviennent (anisotropie du bois) ; - la nature chimique du matériau : calcaire moins conducteur que silice, matériaux amorphes généralement moins conducteurs que les cristallins : ceci explique qu'à densité égale les bétons de laitier soient plus isolants que les bétons d'agrégats ordinaires.

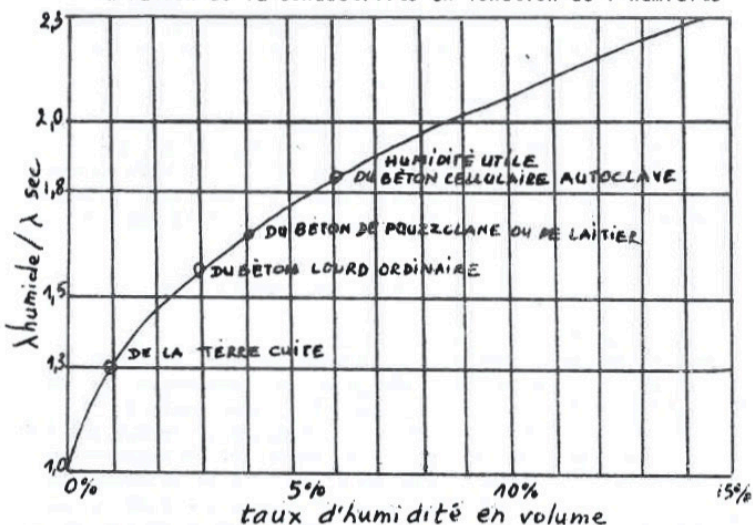
| calcaires | masse volumique en kg/m ³ | λ |
|-----------------|--------------------------------------|-----------|
| tendres | 1650 à 1840 | 0,9 |
| demi-fermes .. | 1850 à 2150 | 1,2 |
| fermes | 2160 à 2340 | 1,5 |
| durs | 2350 à 2580 | 1,9 |
| froids (marbre) | plus de 2590 | 2,5 |

- humidité du matériau : l'eau est plus conductrice que l'air qui remplit les pores.

Compte tenu de l'incidence de l'humidité d'une part et de la nature chimique des matériaux d'autre part, le lien entre la densité et conductivité est très lâche ; l'exemple des bétons le montre bien :


| | |
|--|---------------------------|
| | masse volumique λ |
| bétons de granulats lourds, siliceux, calcaires / | 1650 2400 / à 1,5 |
| bétons de granulats lourds de laitiers de haut fourneaux ... | / 1600 à 2400 / 0,6 à 1,2 |
| bétons de granulats légers ... | / 950 à 1600 / 0,3 à 0,45 |

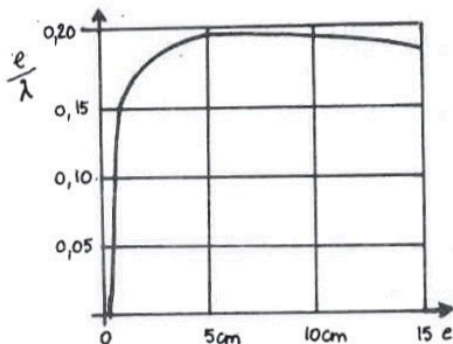
variation de la conductivité en fonction de l'humidité




2) LES LAMES D'AIR FERMEES : une lame d'air n'est une couche homogène qu'en apparence, puisqu'une partie des échanges a lieu par convection, laquelle est due à des mouvements d'air. La résistance thermique $\frac{e}{\lambda}$ d'une lame d'air fermée dépend des facteurs suivants :


- l'épaisseur de la lame : si e croît, les mouvements d'air sont moins gênés et la résistance thermique décroît lorsque e diminue en raison de l'importance prise par les échanges directs par conduction à travers l'air ;

- le sens du flux : pour une épaisseur de 3 à 4 cm pour une lame :  et un flux \downarrow :



a) $\frac{e}{\lambda} = 0,21$

b)  $\frac{e}{\lambda} = 0,17$

c)  $\frac{e}{\lambda} = 0,13$

- les émissivités des parois de la lame : si l'une des faces est recouverte d'un matériau peu émissif, par exemple, une feuille d'alu d'émissivité 0,2 pour $e = 3$ ou 4, on a

$\frac{e}{\lambda} = 0,40$

- la conductibilité du cadre et la nature du gaz contenu dans la lame.

3) LES PAROIS A HETEROGENEITE REGULIERE, LES CORPS CREUX DE BETON OU DE TERRE CUITE : Parties conductrices : tesson de la brique plus joint ; partie isolante : l'air ; l'isolation du mur est fonction de :

- a - la proportion de vide : terre cuite 50 à 60% ; agglo de béton mince 50% ; agglo de béton épais 40% ;
- b - nombre de rangées d'alvéoles ($e = 2$ cm) dans l'épaisseur : 4 ou 5 sont nécessaires pour un K suffisant.
- c - nature du tesson (voir a) ;
- d - épaisseur du tesson : faible si possible : terre cuite de 8 à 10 mm, béton mince 10 à 20 mm ; épais 30 à 40 mm ;
- e - dessin des blocs (qui a pour conséquence la diminution des joints et chicanes).
- f - dimensions des blocs : diminution du nombre de joints ;

4) REGLES DE QUALITE CONCERNANT L'ISOLATION

Température intérieure θ_i d'une paroi pour Temps intérieur = 20° et $t_{ext} = -4^\circ$

- mur très isolant ($K = 1$ kcal/m².h °C) $\theta_i = 17^\circ$ C
- mur peu isolant ($K = 2$ " " ") $\theta_i = 14^\circ$ "
- double vitrage ($K = 3$ " " ") $\theta_i = 11^\circ$ "
- simple vitrage ($K = 5$ " " ") $\theta_i = 5^\circ$ "

Isolation poussée : K des parois égal à 1,0. Surface vitrée = 1/10 de la surface de la pièce. Vitrage double + volets.

6. MATERIAUX - énergie solaire ENCYCLOPEDIE D'UTOVIE - TOME III

isolation médiocre : K jgal à 1,8. Surface vitrée : 1/4 de la surface de la pièce. Vitrage simple sans fermeture.

VALEURS MAXIMALES DU COEFFICIENT K

| zones climatiques | A | B | C | | A | B | C |
|------------------------------|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|
| Toitures | 0,8 | 1,0 | 1,2 | sol sur passage ouvert | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| Murs + 600 Kg/m ² | 1,5 | 1,5 | 1,7 | sol sur vide sanitaire fortement ventilé | 1,0 | 1,2 | 1,4 |
| 450 → 600 | 1,4 | 1,4 | 1,6 | sol sur vide sanitaire faiblement ventilé | 1,3 | 1,7 | x |
| 350 → 450 | 1,3 | 1,3 | 1,5 | | | | |
| 250 → 350 | 1,2 | 1,2 | 1,4 | plancher haut sous grenier | 0,9 | 1,2 | 1,5 |
| 150 → 250 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | mur contre garage | 1,5 | 1,5 | 1,7 |
| moins de 150 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | plancher sur cave | 1,0 | 1,2 | 1,4 |

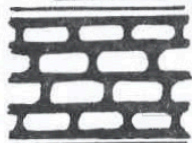
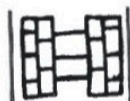
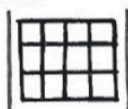
5) APPLICATIONS DES REGLES DE QUALITE AUX PAROIS COURANTES - les maçonneries traditionnelles en pierre : (l'isolation apportée par l'enduit plâtre intérieur est faible).

| | A : tm | B : FC | C : FC | A.B.C. = zones A.B.C. tm = tous murs MI = murs des individuels PC = pignon des collectifs FC = façade des collectifs |
|---------------------|----------------------------|--------|--------|--|
| CALCAIRE FERME | e : 6,5 cm | 55 | 45 | |
| | k : 1,5 | 1,7 | 1,9 | |
| | d : 1510 kg/m ² | 1280 | 1050 | |
| CALCAIRE DEMI-FERME | e : 55 | 45 | 40 | → épaisseur minimale admissible mur fini |
| | k : 1,5 | 1,65 | 1,8 | |
| | d : 1200 | 980 | 870 | |
| CALCAIRE TENDRE N°3 | e : 40 | 35 | 30 | |
| | k : 1,5 | 1,65 | 1,8 | |
| | d : 730 | 640 | 550 | |

- les maçonneries nouvelles en blocs de terre cuite et béton
: épaisseurs minimales admissibles.

MÊME LÉGENDE QUE CI-DESSUS +
(e = 30/5 SIGNIFIE : ÉPAISSEUR 30CM
AVEC 5 RANGÉES D'ALVÉOLES)

| | A. TM B. MI/PC | B. FC C. MI, PC | C: FC |
|--|---|----------------------|----------------------|
| BLOCS CREUX BÉTON DE GRANULATS LÉGERS (POZZOLANE) | e: 30/3 k: 1.15 350 kg/m ² | 25/2 1.30 2 85 | 20/2 1.45 2 55 |
| BLOCS CREUX BÉTON SABLE GRAVILLONS PAROIS ÉPAISSES | 35/5 1.4 4 85 | 35/4 1.5 4 75 | 30/4 1.65 4 20 |
| BLOCS MULTIPERFO- RÉS TERRE CUITE | 3 0 1.15 3 65 | 25 1.30 3 10 | 20 1.50 2 50 |
| BLOCS CREUX TERR.E CUITE | 30/5 1.20 3 00 | 25/5 1.35 2 65 | 25/4 1.45 2 60 |
| | 30 1.15 3 15 | 25 1.30 2 70 | |
| BLOCS BÉTON CELLULAIRE AUTOCLAVÉ | 25 1.00 2 60 | 20 1.20 2 10 | |
| BLOC CREUX BÉTON LAITI ER ; CONCASSÉ | 30/3 1.30 4 15 | 25/3 1.40 3 70 | |
| BLOC CREUX BÉTON SABLE + GRAVILLONS PAROIS MINCES | 35/5 1.30 4 45 | 30/4 1.50 3 45 | |



CAPTAGE DE L'ENERGIE SOLAIRE : le verre et les plastiques transparents.

LE VERRE / densité 2,5 / coefficient de transmission thermique $K : 4,9 / \lambda = 1$

Pour les collecteurs plans, on peut limiter l'échauffement du verre et donc son rayonnement vers l'extérieur en choisissant un verre plus réfléchissant au rayonnement thermique, tel que le pyrex ou le verre de silice. Par contre la réflexion du rayonnement solaire devra être limitée au maximum : il faut employer du verre aussi fin que le permettent les contraintes mécaniques (solidité). Le verre a l'avantage d'être permanent, mais il est lourd et fragile, donc mal transportable. On peut le remplacer par des films plastiques, incassables mais résistants tant mal au temps et aux intempéries : action chimique des ultraviolets, vibration due aux vents, infiltrations... De nouveaux films tels que le mylar, le tedlar ont de très grandes qualités de transparence comme de réflexion s'ils sont métallisés sous vide mais leur emploi en plein air nécessite un renouvellement régulier du matériau (tous les 3 à 5 ans). Le plexiglas possède certains défauts mais aussi de bonnes qualités : très bonne transparence, légèreté ($d = 1,18$), il se travaille facilement et peut être scié et percé. On peut le courber ou le galber en le ramollissant dans l'eau vers 90° ou en le chauffant en étuve vers 90 à 115° : durant le refroidissement, il est maintenu sur la forme de galbage. Les matériaux plastiques transparents ont un facteur de réflexion (10% minimum) et d'absorption du rayonnement solaire variant avec la transparence. Le facteur d'absorption du rayonnement thermique varie suivant la nature du produit, l'épaisseur et les techniques de fabrication : PVC opaque, mylor, rylsan, polyone, assez opaques, polyéthylène haute pression transparent. Les vitrages sont un point faible dans l'isolation thermique ($K \approx 5$, pour un vitrage simple). On peut utiliser des doubles ou triples vitrages (sur les récepteurs solaires ou pour les fenêtres d'une habitation) séparés par des bandes d'air de l'ordre du cm.

Double vitrage : $K \approx 3 \text{ kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Triple " " : " ≈ 2 " "

(voir graphiques à la page suivante)

CELLULES PHOTOELECTRIQUES : seuils photoélectriques atteints dans le vide (surfaces propres etc) par quelques métaux :

PLATINE : $0,196 \mu$; CUIVRE : $0,260 \mu$; FER : $0,262 \mu$;

PLOMB : $0,300 \mu$; ALU : $0,365 \mu$; K : $0,550 \mu$

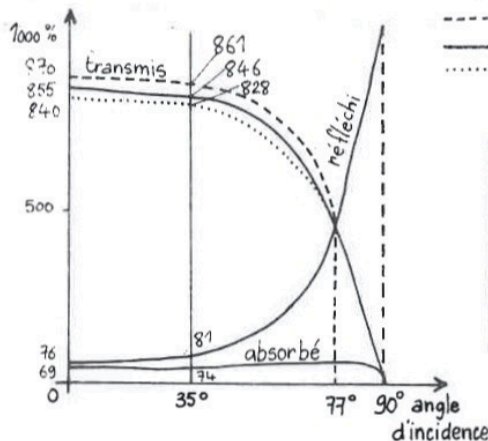
CS : $0,660 \mu$.

Presque tous dans l'ultraviolet pour les métaux.

On peut obtenir un meilleur rendement par alliages : 0,650 μ

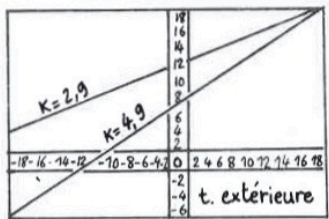
à partir du K, 1,2 μ à partir du CS (CS sur oxyde d'Ag).

On utilise aussi l'antimoine.



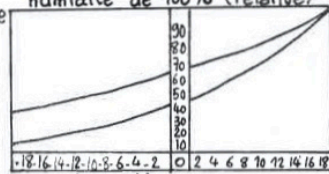
--- 3 mm } épaisseur
 — 4 mm } glace
 5 mm }

t surface intérieure



K=2,9 double vitrage
 K=4,9 simple v.

humidité de 100% (relative)



condensation

épaisseurs

verres à vitres (mm): 2.3.4.4,8.5,5.

glaces (mm): 3.4.5.6.8.10.12.15.19.

STOCKAGE DE L'ENERGIE SOLAIRE

Le meilleur corps usuel pour le stockage des calories c'est l'eau (capacité 1). Par unité de volume, béton, pierre, bois, se comportant de la même façon et sont capables de stocker moitié moins de l'eau. Le stockage des calories est utilisé pour le chauffage de l'eau et de ses habitations, et pour le refroidissement. On peut utiliser des énergies de transformation physique : passage de l'eau en glace pour stocker le froid. On peut utiliser les métaux dans certains cas (très bonne "conductance").

Capacité thermique :

EAU : 1 cal/g °C ; CU : 0,10 ; FE : 0,11 ; ALU : 0,24.

Pour un même poids, Cu et Fe stockent 10 fois moins que l'eau (Alu 4 fois moins). Pour un même volume, EAU, CU et FE sont équivalents.

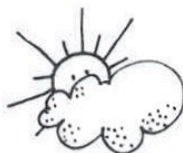
Chaleur accumulée pour une élévation de température de 20 °C pour 1 dm³ de : SOLUTION Na₂ SO₄ + 10 H₂O : 84,5 kcal

| | |
|-----------------|------|
| EAU | 20 |
| CAILLOUX | 8 |
| CUIVRE | 17,8 |
| ALUMINIUM | 12,6 |

L'accumulateur à eau n'est pas bon pour le chauffage d'une maison car il nécessite un réservoir trop important. Il vaut mieux tirer parti de l'inertie des murs.

Le stockage de la chaleur par des matières inertes fait intervenir le volume, le prix, le transfert de chaleur avec le container, donc l'isolation thermique du container. Pour des températures inférieures à 100°C, on emploie des variétés de bons isolants, de faible poids, faible capacité thermique. Pour de hautes températures, on emploie l'amiante, les mousses, des minerais de faible densité... Les très bons isolants thermiques sont :

- le bois : perpendiculairement à la direction de ses fibres ; très cher. λ (chêne) = 0,15 kcal/m.h.°C
 - les fibres de bois agglomérées (au ciment ou au plâtre) : le moins cher. λ = 0,06 " " "
 - laine de roche et laine de verre. λ = 0,035 " " " .
- Perd son pouvoir isolant en milieu humide. Assez cher.
- polystyrène : λ = 0,035 " " ". Assez cher. Etanche.
 - liège : très cher.
 - sable : isolant s'il est très sec.
 - polyuréthane : λ = 0,022. S'altère à l'air : doit être protégé sur ses deux faces. Cher.



Réfrigérateur ^{solaire*}

IL Y A PLUSIEURS SYSTEMES POUR OBTENIR DU FROID sans débours-
ser un centime. Celui-ci utilise un principe simple mais que
nos préjugés nous rendent difficile à saisir : le principe
du RAYONNEMENT.

EN EFFET, TOUT RAYONNE. QUAND ON RAYONNE, C'EST QU'ON EMET
DES RAYONS, INFRA-ROUGES SURTOUT.

L'EAU RAYONNE AUSSI ET, PERDANT SON ENERGIE, ELLE DEVRAIT SE
REFROIDIR. MAIS CELA S'EQUILIBRE AVEC LE RAYONNEMENT QU'ELLE
RECOIT, CELUI DU SOLEIL, ENTRE AUTRES.

DONC : en isolant l'eau de tous ces éléments ainsi que de
l'air ambiant, elle peut se refroidir jusqu'à devenir glace.

POUR UN REFRIGERATEUR :

En mettant cette eau dans une boîte bien isolée et recou-
verte d'un film plastique transparent (polyéthylène qui laisse
passer tout le rayonnement venant de la boîte. L'eau et l'in-
térieur se refroidissent la nuit puisqu'un rayonnement ex-
térieur ne vient pas compenser la perte du rayonnement in-
térieur. Deux épaisseurs de plastique libéreront encore
mieux, Cf Plan.

L'eau devenant de la glace accumule du froid. Pendant le
jour il faut recouvrir la boîte d'un couvercle isolé, en
alu qui réfléchit le rayonnement extérieur en n'en laissant
pénétrer que le moins possible, et laisse ainsi l'eau-glace
toujours à l'abri du rayonnement ext. qui pourrait la ré-
chauffer ; l'intérieur reste alors à une température de 3°
à 6° jusqu'à la nuit suivante où on retire alors le couver-
cle isolant pour remettre les plastiques qui libéreront la
chaleur malgré tout accumulée dans la journée.

AVANTAGES : ça fait de la glace ; c'est gratuit ou presque,
surtout si on le fait à partir d'un vieux frigo récupéré ;
pour les matériaux on peut aussi en récupérer pas mal.

CONTRAINTES : nécessité de nuits sans nuages et air sec ; disposer d'un endroit entièrement dégagé (ex : toit en terrasse) et quand même accessible. Poser couvercle le matin.

Donc, principe : la nuit on accumule le froid en le laissant entrer et en faisant partir la chaleur accumulée le jour ; la nuit, on protège l'intérieur de la chaleur extérieure en évitant de la faire entrer.

**MATERIEL UTILISE POUR
LE REFRIGERATEUR REALISE :**

- Très peu de clous, car ils conduisent la chaleur, et un peu de colle cellulosique au niveau des bourrelets mousse et du plastique (tube environ 4 F.)
- la boîte est recouverte de peinture blanche laquée (13 F environ le pot)
- une caisse en contreplaqué 82 x 53 x 28 x 1
- une caisse en planche 74 x 45 x 24 x 1
- une caisse en carton 66 x 37 x 20 x 0,4

- polystyrène, plaque de 1 cm, 2 cm et 0,5 d'épaisseur ; le prix environ 50 F.

- une tôle d'aluminium environ 1 m² : 100 F. On peut à la rigueur se servir de papier d'aluminium.

- polyéthylène un peu plus d'1 m² c'est à dire : plastique souple et transparent ; le tendre à côté d'un endroit très chaud.

- 2 boîtes de biscuit en fer blanc pour les bacs, peintes en noir mat (environ 10 f. un pot) Les boîtes font 25 x 20 x 6.

- mousse de polyuréthane ; mousse pour fenêtre environ 6 F, 6 m de long et 2,5 cm de large.

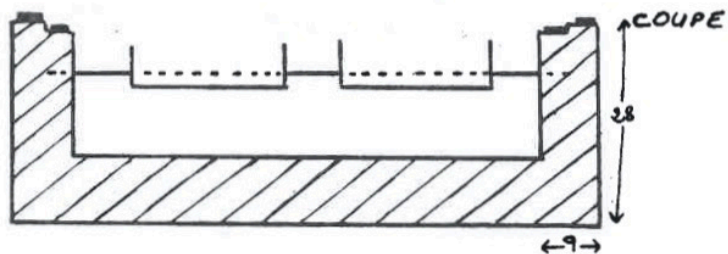
- 2 tiges de bambou encastrées dans le réfrigérateur (bien reboucher les trous) pour tenir les bacs ; toujours éviter le fer au maximum.

- du vénilia adhésif orange 1,60 x 0,45 : environ 9 F.

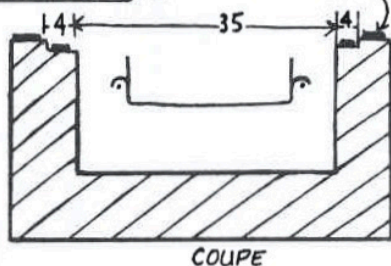
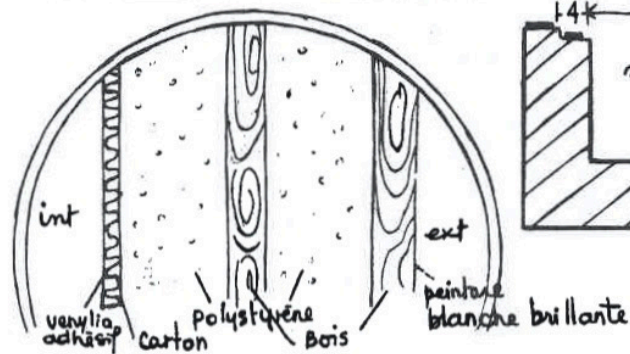
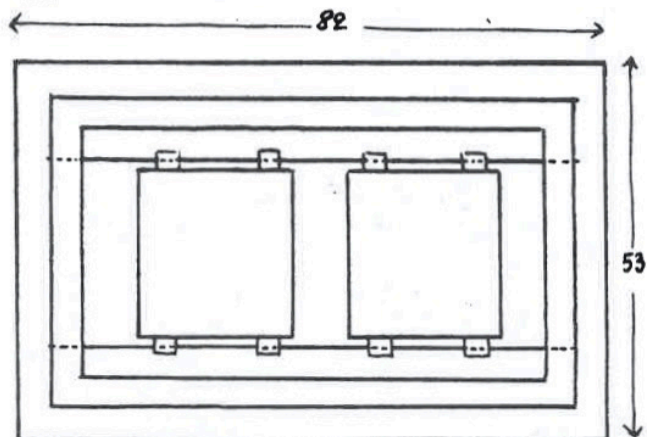


échelle 1/10^e

PLANS / COFFRE

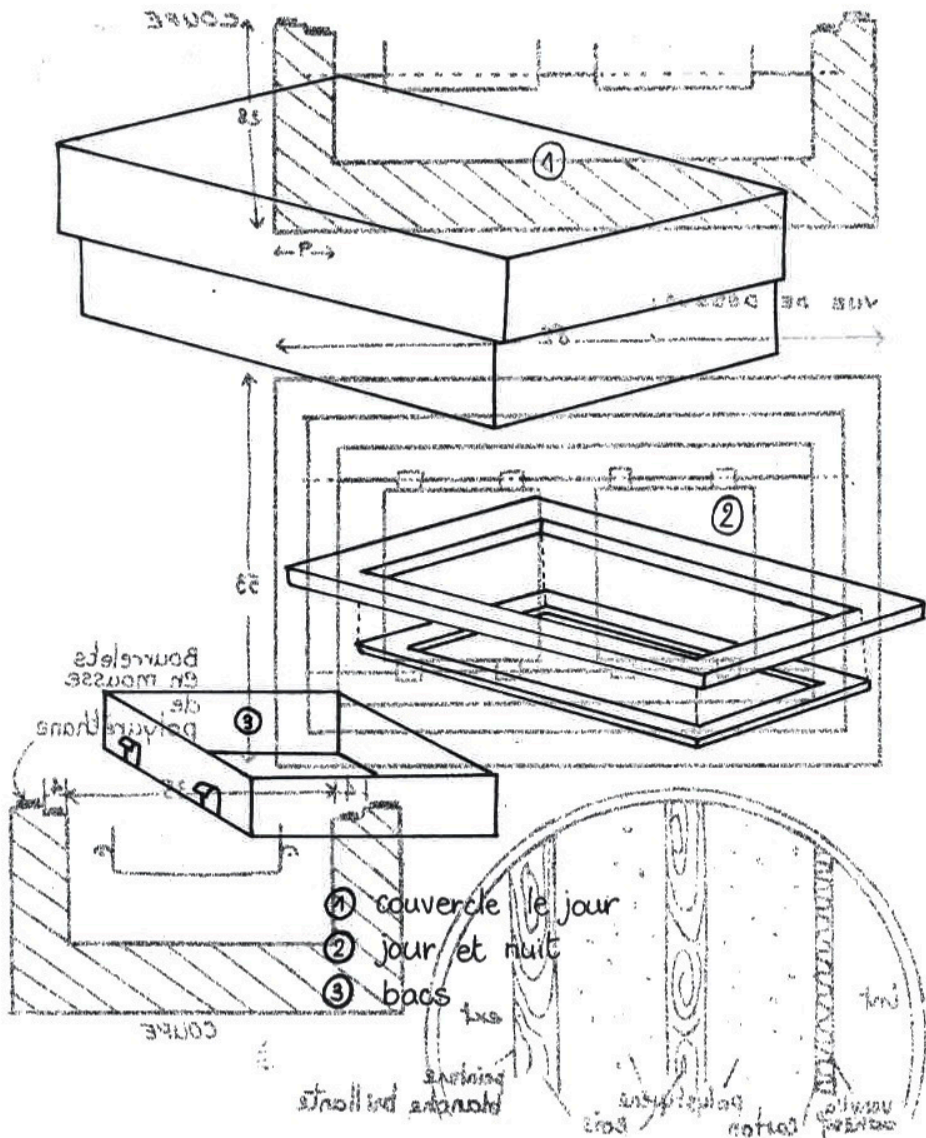


VUE DE DESSUS :



PLANS / COUVERCLE

PLANS / COFFRE



- 1 LE JOUR : couvercle en aluminium (ou bois recouvert de papier d'alu) avec 5 cm de polystyrène sur ses faces intérieures.
- 2 JOUR ET NUIT : couvercle fait de 2 cadres en bois fixés l'un à l'autre chacun étant recouvert de polyéthylène bien tendu (le chauffer avant). Le plastique dépasse de beaucoup les bords (protection contre la pluie).
- 3 BACS : boîtes à gâteaux peints en noir posées sur deux tiges de bambou encastrées dans le frigo.

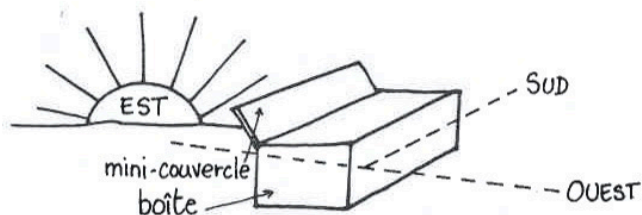
L'INTERIEUR DOIT EVIDEMMENT ETRE ETANCHE.

RESULTATS

courbe du froid dans le réfrigérateur pendant 24 h.

(p 6)

mini-protection aux rayons du soleil (pour les lève-tard!)



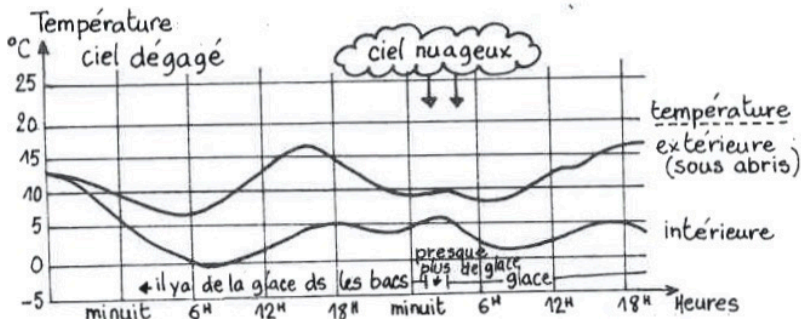
couvercle isolant avec ses deux faces peintes en blanc ou recouvertes de papier alu.

CES RESULTATS ont été obtenus à partir de mesures peu précises et non continues avec extrapolations.

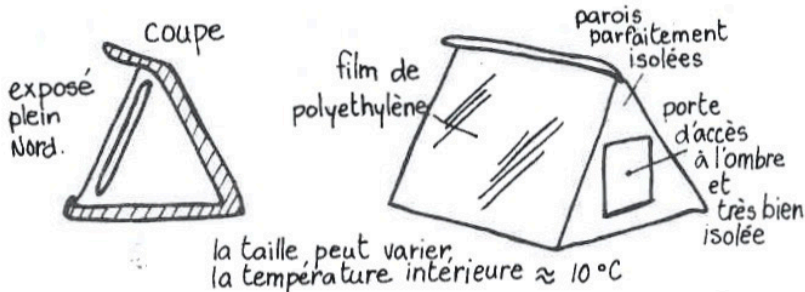
Nous apporterons plus tard des mesures plus rigoureuses, et nous rappelons que ces plans doivent être confrontés à une pratique diversifiée et donc, que ces mesures devront être ajustées pour chacun...

Le thermomètre intérieur étant placé au fond du frigo. La température de l'eau est en fait plus froide puisqu'elle peut devenir glace ; cette glace sert d'accumulateur de froid. De 0 à 5° à l'intérieur.

Les auteurs du plan ont fait ces mesures début avril 75 en Provence. Ils mettaient le couvercle d'alu de 8 h à 19 h. En fait, avec un couvercle en forme de volet, ou de porte, (croquis ci-dessus) supplémentaire, ce serait plus simple. Ils n'ouvraient ledit couvercle du frigo que deux ou trois fois dans la journée.



Il existe une autre forme de réfrigérateur solaire, croquis ci-dessous, probablement plus efficace mais aussi plus complexe. Nous en reparlerons peut-être.



QUELQUES IDEES ET APPLICATIONS
POUR UNE

maison solaire

Sommaire

| | |
|---|-------|
| I. STOCKAGE DE LA CHALEUR | p. 5 |
| A) L'eau | p. 5 |
| B) Les pierres | p. 6 |
| II. CIRCULATION D'AIR | p. 6 |
| A) Effet de serre vertical | p. 6 |
| B) Effet de serre incliné | p. 10 |
| III. QUELQUES EXEMPLES DE MAISONS SOLAIRES | p. 14 |
| A) Maison du M.I.T. | p. 14 |
| B) Maison Sun Mountain Design | p. 15 |
| C) Maison de Thomason | p. 15 |
| D) Maison aux Indes | p. 16 |
| E) Les Zomes de Steve Baer | p. 17 |
| F) Avec le mur accumulateur | p. 18 |

Les quelques maisons solaires présentées ici ne sont que quelques applications récentes ou possibles.

Ces applications intéressent les classes dirigeantes et technocratiques pour gagner des sous et pour permettre au système d'évoluer dans la continuité...

La récupération est en route et met en route un bon nombre de projets de "maisons solaires" qui partent des matériaux modernes, des notions d'esthétique et de confort modernes, aussi des entreprises d'avant-garde et... de l'aliénation de nos modes de vie!

D'ici peu de temps chacun pourra chauffer sa maison, ou son eau tout au moins, sans fuel, gaz, ni électricité. Il faut s'y faire!

Dans les maisons solaires, deux grands genres : il s'agit de capter les rayons, ou plutôt leur énergie et de la restituer quand on en a besoin.

Pour cela on utilise deux matériaux qui transportent ou stockent l'énergie reçue :

- l'eau qui accumule bien la chaleur (mais il faut souvent des pompes), le débit par m² de collecteur est en moyenne de 36 litres/heure.
- l'air : qui nécessite de plus grosses conduites (mais il faut tout au plus un ventilateur pour le faire circuler). Débit par m² de collecteur, environ 0,3 m³/h.

I. STOCKAGE DE LA CHALEUR.

Le problème principal est d'emmagasiner assez de calories pour les longues nuits d'hiver... Le chauffage d'une maison demande bien plus de calories que le chauffage de l'eau domestique et celles-ci doivent être utilisables durant les nuits et les jours sans soleil.

Les matériaux ont des capacités de stockage assez différentes : les plus utilisables sont l'eau, les cailloux, certaines briques de terre (adorbe), le béton, etc.

On mesure cette capacité en kcal/°C.

Exemple : pour un litre d'eau (1 dm³) c'est 1 kcal /°C. C'est-à-dire que 1 litre d'eau qui passe de 20 à 18 °C dégage $1000 \times 2 = 2000$ calories, ou 2 kilocalories.

Pour un dm³ de béton c'est 0,6 kcal/°C, et selon le même rapport 1 dm³ de béton dégagera : $600 \times 2 = 1200$ calories.

A) L'eau.

Elle a une bonne capacité calorifique et peut être directement reliée à un circuit avec "collecteurs d'eau".

Mais il faut des réservoirs étanches (et calorifugés) pour la stocker (problème quand il y a plusieurs milliers de litres).

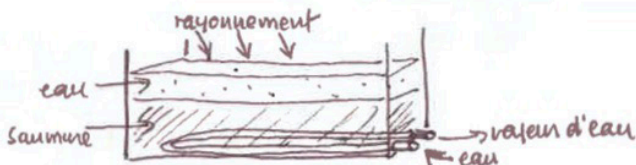
On peut utiliser les solutions saturées de sel (NO₂ SO₄) qui ont une capacité calorifique double ou triple de celle de l'eau, ou même de la saumure (préparation spéciale avec du sel ordinaire).

- Système "à la saumure".

On en met au fond d'un bac peint en noir, et profond de 1 m. On rajoute de l'eau, qui ne se mélange pas et reste au-dessus (vue la différence de densité, l'eau "flotte" si on veut) cela, même quand la saumure est chauffée. L'eau au-dessus variera plus de température que la saumure, d'autant

plus qu'elle a tendance à se refroidir vue qu'elle est en surface (la nuit, le vent, etc.).

Au bout de quelques jours le fond du bac est très chaud : la saumure a emmagasiné énormément de chaleur et l'eau bout. Des tuyaux remplis d'eau serpentant le fond du bac fournissent alors de la vapeur d'eau sous pression et ce, jour et nuit!



B) Les pierres.

Pas plus cher que l'eau et même moins des fois! Et puis : pas de problème d'étanchéité...

La capacité de la roche est d'environ 0,4 kcal/°C. Avec des pierres de 5 cm de diamètre on a une bonne inertie.

Pour stocker de plus hautes températures il faut des pierres plus petites (et donc moins de vide d'air) et il faut aussi une enveloppe ne perdant pas trop la chaleur.

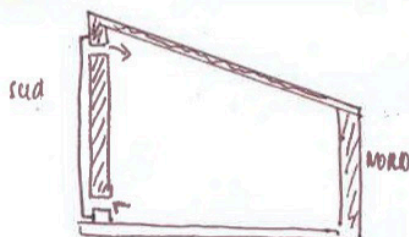
Et n'hésitons pas à aller voir du côté d'autres matériaux dont on sait des choses assez limitées.

II. CIRCULATION D'AIR.

A) Effet de serre vertical.

- Mur de béton et effet de serre vertical. Voir au chapitre "Mur solaire".

C'est le système de Trombe, appliqué à une maison habitée depuis janvier 72 à Chauvency le Château, dans la Meuse et d'une autre à Lissey, dans la Meuse, aussi, habitée depuis 1964 environ. Celle de Chauvency a 45 m² de serre verticale pour 275 m³, et s'assure 70 % des besoins de chauffage en étant bien isolée.

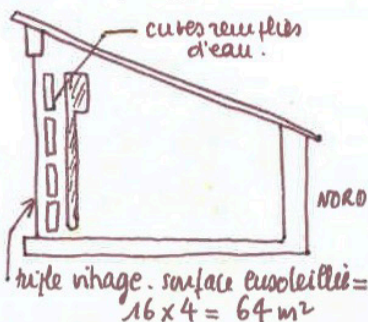


- Les deux plus vieilles réalisations à Odeillo, ont des murs de 60 cm d'épaisseur de béton: c'était trop épais : cela diminue la chaleur restituée vers l'intérieur durant la nuit. Maintenant on en est à 35 cm.

A Odeillo, il y a un système d'isolation assez intéressant (mur sélectif) pour le mur nord :

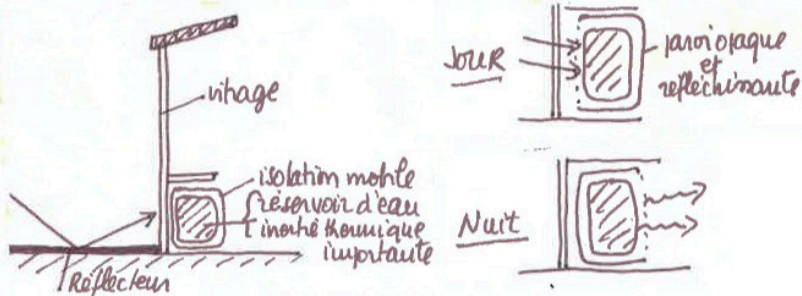


- On peut aussi utiliser l'eau pour stocker la chaleur : 3 m³ d'eau équivalent à un peu plus de 5 m³ de béton. Voir "Mur solaire"

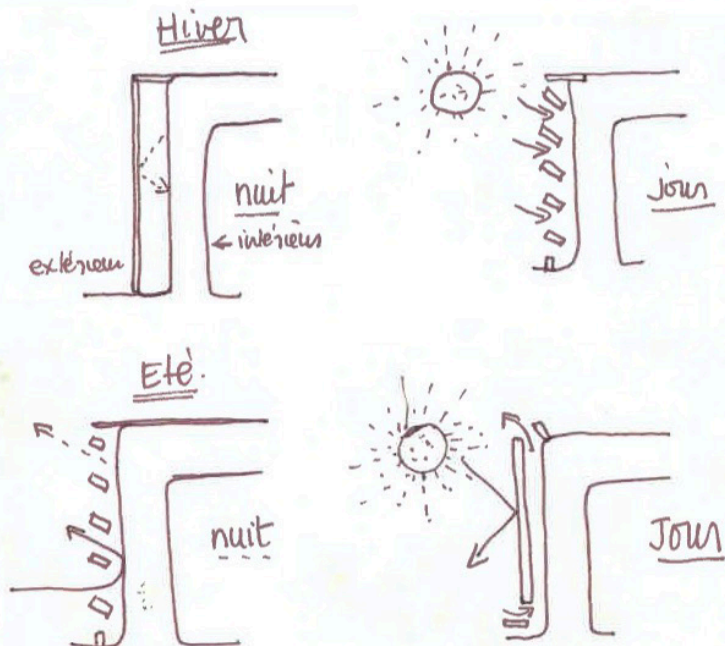


- Systèmes du groupe A.B.C.

Plusieurs systèmes avec des vitrages verticaux dont :

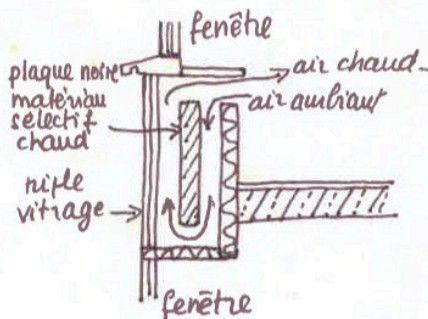


et plusieurs systèmes de captage dont celui des lames :



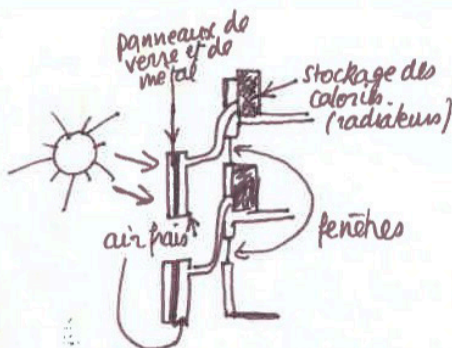
- Un autre système du CNRS d'Odeillo :

Il utilise l'espace entre les fenêtres au niveau du sol d'étage (en immeuble). Chauffage efficace le jour; la nuit l'air froid s'accumule au fond et empêche le fonctionnement inverse (cause du refroidissement éventuel).



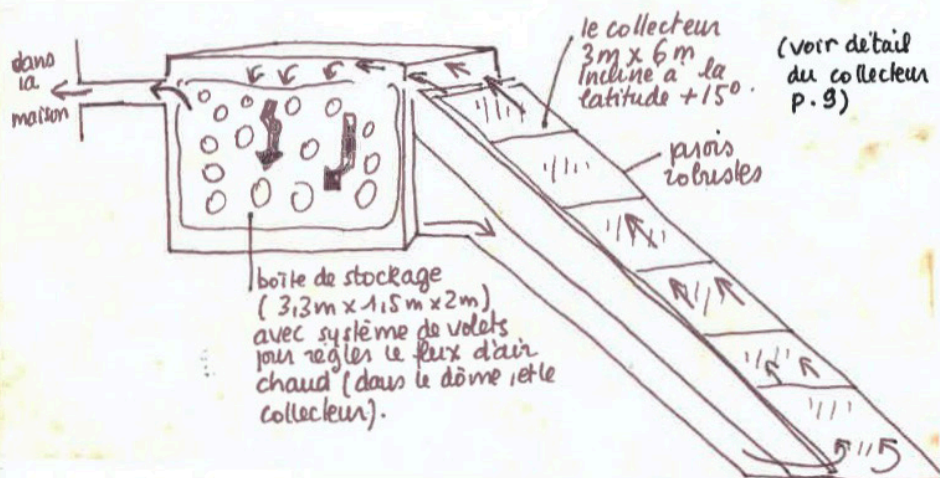
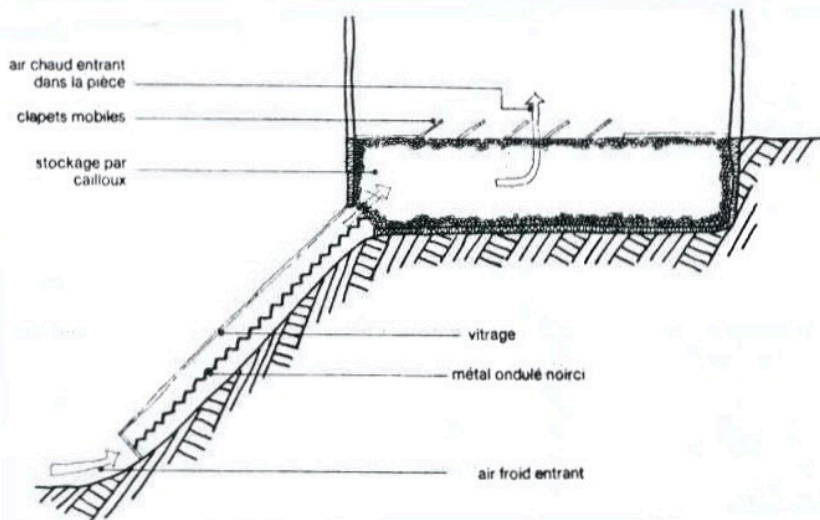
- Il existe aussi un système étudié pour un immeuble en haute-montagne : 2000 m d'altitude! avec une température de -20°C la nuit.

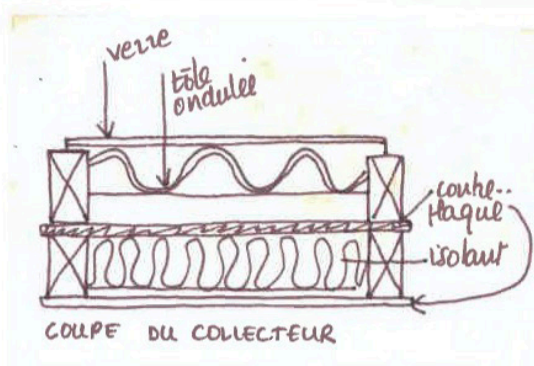
En montagne, d'ailleurs, ne pas oublier la réflexion de la neige qui peut augmenter l'effet des récepteurs de 15% (la neige renvoie tous les rayonnements qu'elle reçoit).



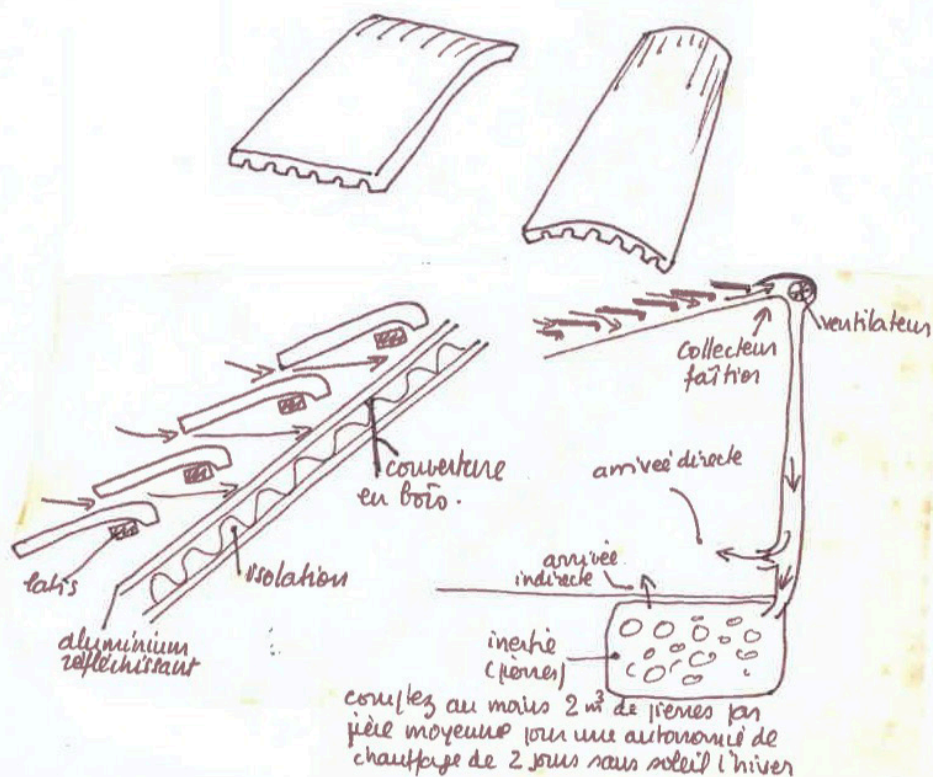
B) Effet de serre incliné.

- Système se servant d'un terrain en pente.





- Tuiles à rainures pour laisser passer l'air :

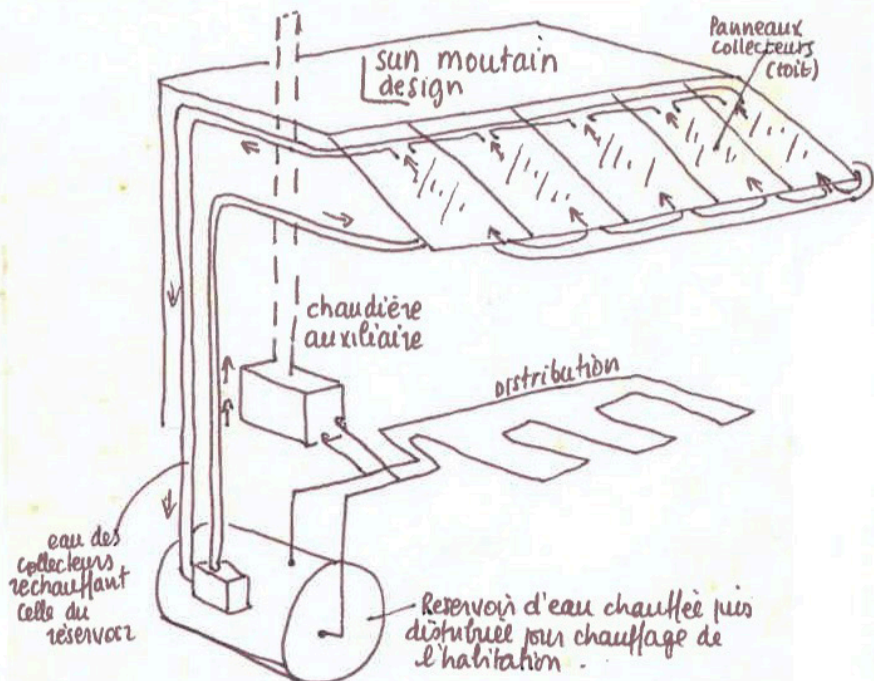


- Sun Mountain design (au Nouveau Mexique).

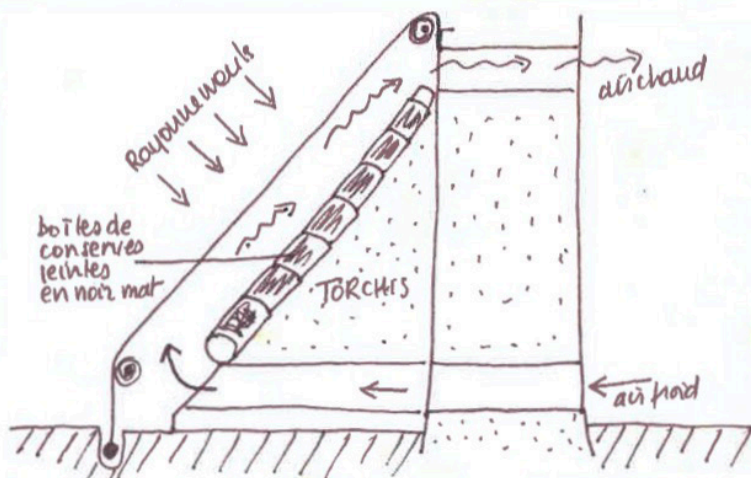
Il y a deux systèmes: eau chaude et air chaud. Celui à circulation d'air utilise des cheminées de cailloux pour le stockage des calories.

Le stockage de la chaleur dans un lit de cailloux sous le plancher pouvant être gênant (surpressions).

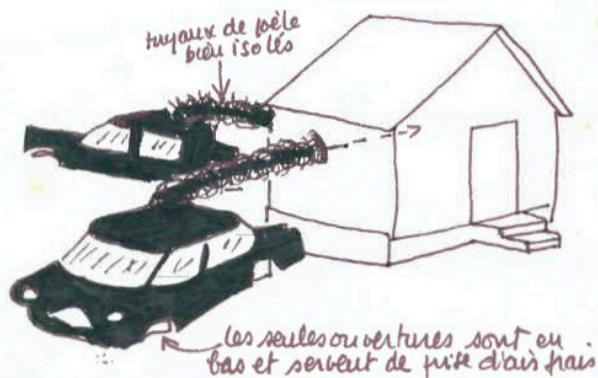
L'air est pulsé dans des gaines.



- Collecteurs à la base des murs avec une feuille de plastique lestée pour garder tendue devant;
- la pente du collecteur perpendiculaire à l'angle que fait le soleil au solstice d'hiver.

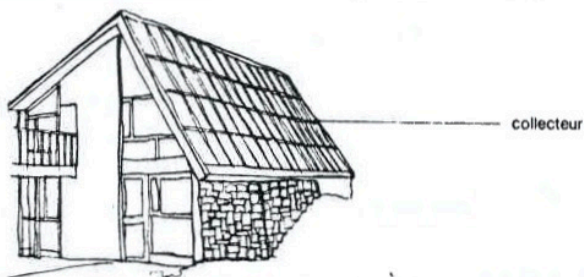


- sans oublier le coup des bagnoles peintes en noir...

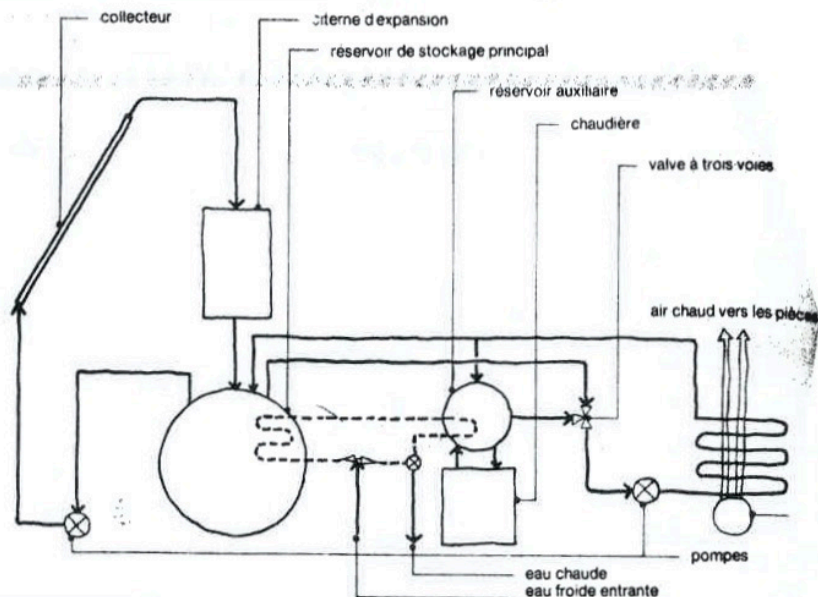


III. QUELQUES EXEMPLES DE MAISONS SOLAIRES.

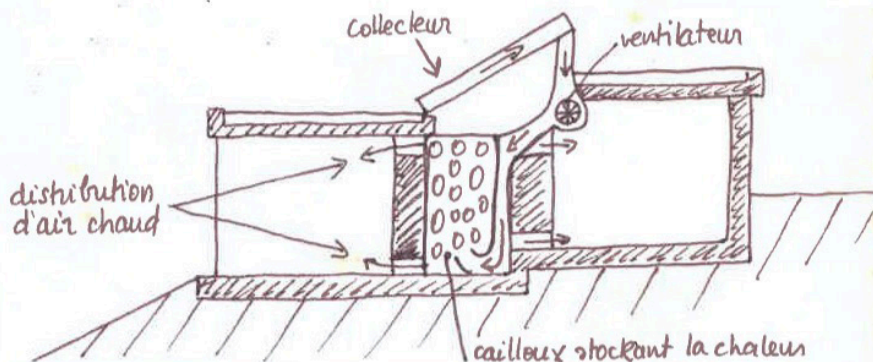
A) La maison du M.I.T. : elle a deux étages et une surface totale de 160 m².



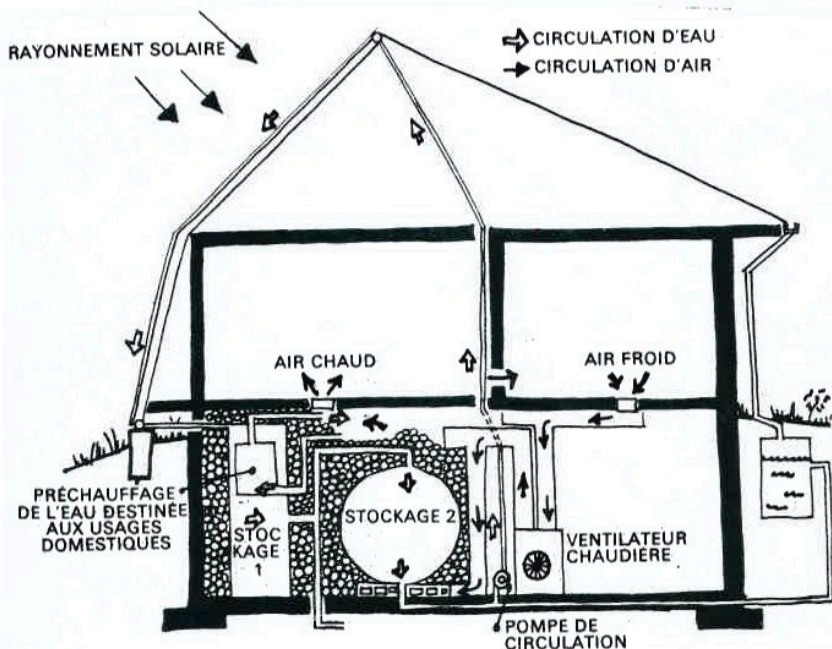
L'eau ruisselle sur le toit, puis elle est stockée dans un grand réservoir de 6000 litres. Ensuite elle redescend dans un petit réservoir de 120 litres et chauffe l'air qui est pulsé dans la maison par un ventilateur.



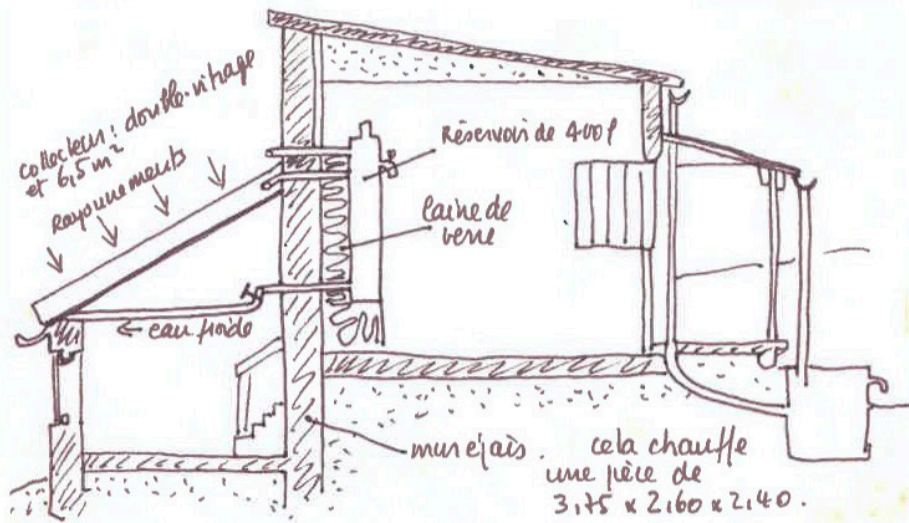
B) La maison "Sun Moutain design"



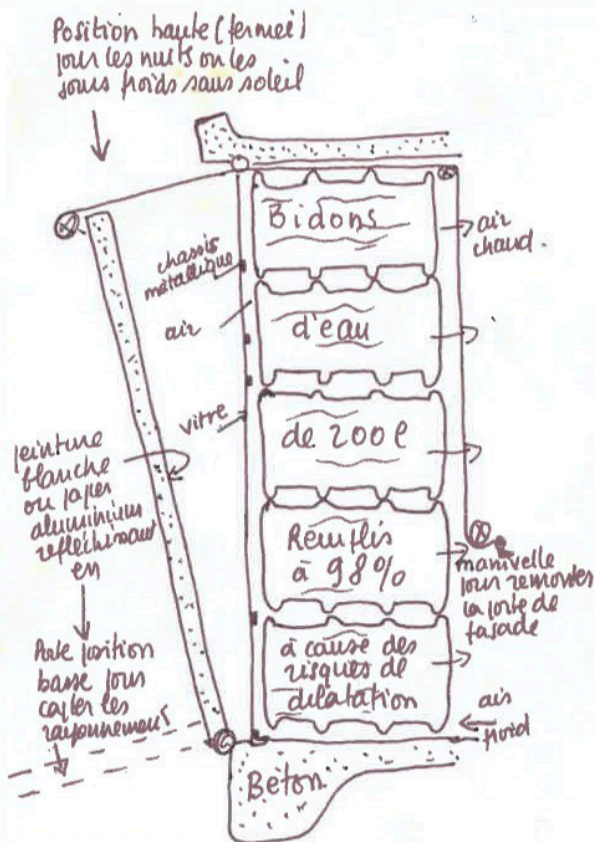
C) La Maison de Thomason : qui existe, et, même dans des pays "froids" : l'eau chauffée va dans un réservoir de 7000 litres, lui-même entouré de 50 tonnes de pierres. Tout cela dans une cave qui fait 2 m x 3 m x 7,5 m (béton et réservoir en acier). Un ventilateur envoie de l'air qui est chauffé et va dans la maison.



D) A 3500 aux Indes (d'après Gupta et Chopra)



E) Les Zones (ou domes) de Steve Baer au Mexique: chauffés en grande partie avec des murs en bidons pleins d'eau.

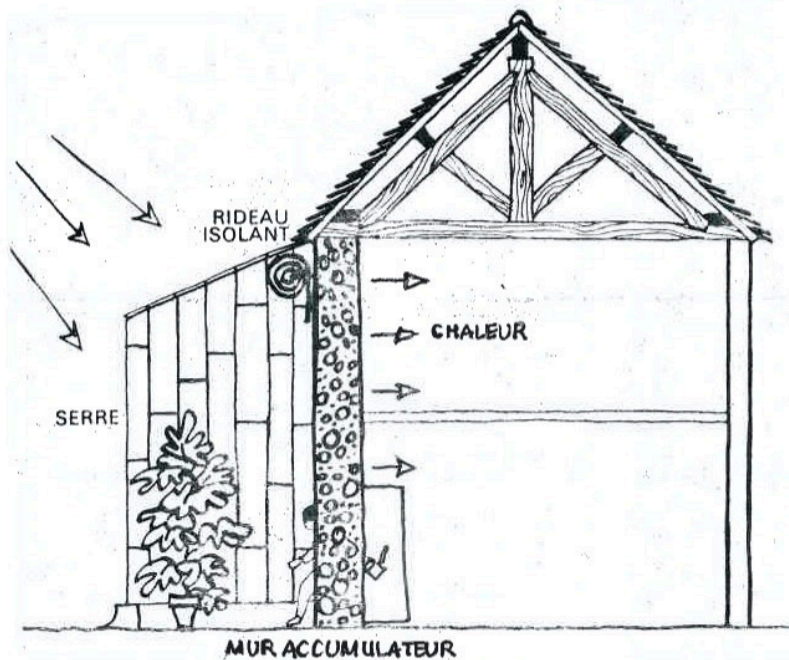


Il y a 90 bidons métalliques peints en noir sauf la face interne (blanche) : 18 m^3 .

$90 \times 200 = 18000$ litres d'eau, sur les 4 façades plein sud.

L'eau est chauffée le jour et elle rend sa chaleur la nuit vers l'intérieur par rayonnement et convection.

F) Avec le mur accumulateur.



L'ESSENTIEL : l'encyclopédie d'Utovie pour vivre autonomes
 dirigée par Jean-Marc Carité, cette encyclopédie de vie pratique, écologique et quotidienne vous permet de mettre facilement en oeuvre l'agriculture, le jardinage et l'élevage biologiques, d'utiliser sans problème les technologies d'habitat sain, d'entretenir, de restaurer, d'améliorer la santé de votre corps et votre équilibre par une alimentation, des remèdes et des règles de vie naturels. Chaque fascicule consacré à un thème particulier, rédigé par un(e) spécialiste, vous apporte l'essentiel des connaissances utiles pour vous rendre autonomes.

TITRES DISPONIBLES

- | | |
|---|---|
| 9. L'Hygiène vitale | 84. Confitures à cuisson douce |
| 27. La Cuisine solaire | 85. Cancer et alimentation |
| 30. Planter arbres & haies | 86. Votre serre facile et productive |
| 32. L'allaitement maternel | 87. Les Huiles Essentielles |
| 43. L'arboriculture fruitière | 88. La chèvre |
| 48. Le G.P.L un carburant propre, économique et sûr. | 89. Vos savons maison bio et naturels |
| 53. Faites votre bière | 90. Vivre centenaire et bien portant |
| 54. Cultivez votre vigne | 91. Sortir de la fatigue chronique |
| 55. Faites votre vin | 92. La Pomme, un aliment remède |
| 56. Faites votre cidre | 93. Faites vos graines bio et libres |
| 61. La radiesthésie | 94. La Géobiologie pour un habitat sain |
| 62. Votre cave à vins | 95. L'Argent colloïdal |
| 63. La menthe | 96. Faites vos lits plantés |
| 64. L'ortie | 97. Construire en bûches |
| 65. Le Feng Shui de la chambre | 98. Faites votre tipi |
| 67. Le jeûne | 99. La dégustation du vin bio |
| 68. Salut, chardon | 100. Faites votre pain maison et bio |
| 70. Les plantes sauvages comestibles | 101. Les aliments fermentés |
| 71. Faites votre vinaigre | 102. Le mouton |
| 73. Faites vos cosmétiques | 103. Le vinaigre de cidre |
| 74. Faites votre mur solaire | 104. Vaccinations, quelles alternatives ? |
| 75. Les plantes associées au jardin potager bio | 105. Votre santé sans gluten |
| 76. L'argile médicinale | 106. Les plantes médicinales |
| 77. La lavande | 107. Eloge de la bière passion |
| 78. Autoconstruire une maison en paille | 108. Faites vos apéritifs |
| 79. Votre dos : capital santé à protéger | 109. Les plantes abortives (numérique) |
| 80. Réussir son jardin bio | 110. Comprendre l'intelligence artificielle |
| 81. Les fleurs de Bach | 111. Maraîchage bio 1 (numérique) |
| 82. Vinaigre balsamique et parmesan | 112. Maraîchage bio 2 (numérique) |
| 83. La poule pondeuse | 113. Maraîchage bio 3 (numérique) |
| | 114. Votre santé par les plantes (1) numérique |
| | 115. L'agriculture biodynamiste (num) |
| | 116. Maraîchage bio 4 (numérique) |

retrouvez tous nos titres sur : www.utovie.com

TITRES DISPONIBLES

- 117. Calendrier agricole (numérique)
- 118. Maraîchage bio 5 (numérique)
- 119. La Macrobiotique (numérique)
- 120. Le Miel (numérique)
- 121. Votre santé par les plantes 2 (num)
- 122. Le Boomerang (à paraître)
- 123. Cheminées et récupération d'air
chaud (numérique)
- 124. Le Pain (numérique)

retrouvez tous nos titres sur : www.utovie.com