Abrégé didactique de la théorie générale du rayonnement solaire et de son exploitation par effet de serre

Autor(en): **Bruckert, Raymond**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Actes de la Société jurassienne d'émulation**

Band (Jahr): **82 (1979)**

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-555475

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Abrégé didactique de la théorie générale du rayonnement solaire et de son exploitation par effet de serre

par Raymond Bruckert

Introduction

A l'échelle de l'Univers — si nous avons la prétention de lui en donner une —, notre Voie lactée avec ses milliards d'étoiles n'est qu'une petite nébuleuse dont l'insignifiance en fait un être unicellulaire perdu dans l'infinitude des mondes galactiques, et notre Soleil, corps stellaire de cinquième grandeur entraîné dans le fantastique tourbillon de la Création Continue, luit d'un éclat cent mille fois plus faible que celui de ses voisins les plus brillants.

Cependant, malgré l'inexistence relative de sa masse, notre étoile, que l'on peut comparer à une pile à hydrogène qui aurait commencé sa fusion il y a quelque cinq milliards d'années, perd chaque jour 390 milliards de tonnes de sa substance, soit 4,5 millions toutes les secondes.

Cette fusion nucléaire, dispensatrice d'un puissant rayonnement à travers l'espace, est à l'origine de toute vie terrestre par le truchement de la photosynthèse; enfin, elle ne cesse d'animer les mécanismes de nos climats, agissant puissamment sur l'atmosphère et sur l'hydrosphère.

L'homme, dès ses origines, a tiré parti de cette énergie solaire, directe ou indirecte, d'abord pour sa subsistance, puis en faisant usage du feu, ensuite en asservissant l'énergie éolienne et les forces hydrauliques, finalement, à partir des Temps modernes, en recourant à la consommation toujours plus massive des combustibles fossiles; or, le fait même de la lenteur de leur formation photosynthétique les voue à une disparition inéluctable dans un avenir dont les perspectives ne font que se rétrécir.

Et c'est à ce stade d'une technologie tout à la fois exaltante et démentielle que l'humanité redécouvre les vertus du rayonnement solaire à l'état brut, non plus seulement pour modifier la pigmentation de son épiderme lors de grandes cérémonies estivales, rituelles et concentrationnaires, mais pour quémander, bien humblement, quelques calories qui pourront l'affranchir des rigueurs d'une grande pénurie énergétique.

1. Le rayonnement solaire

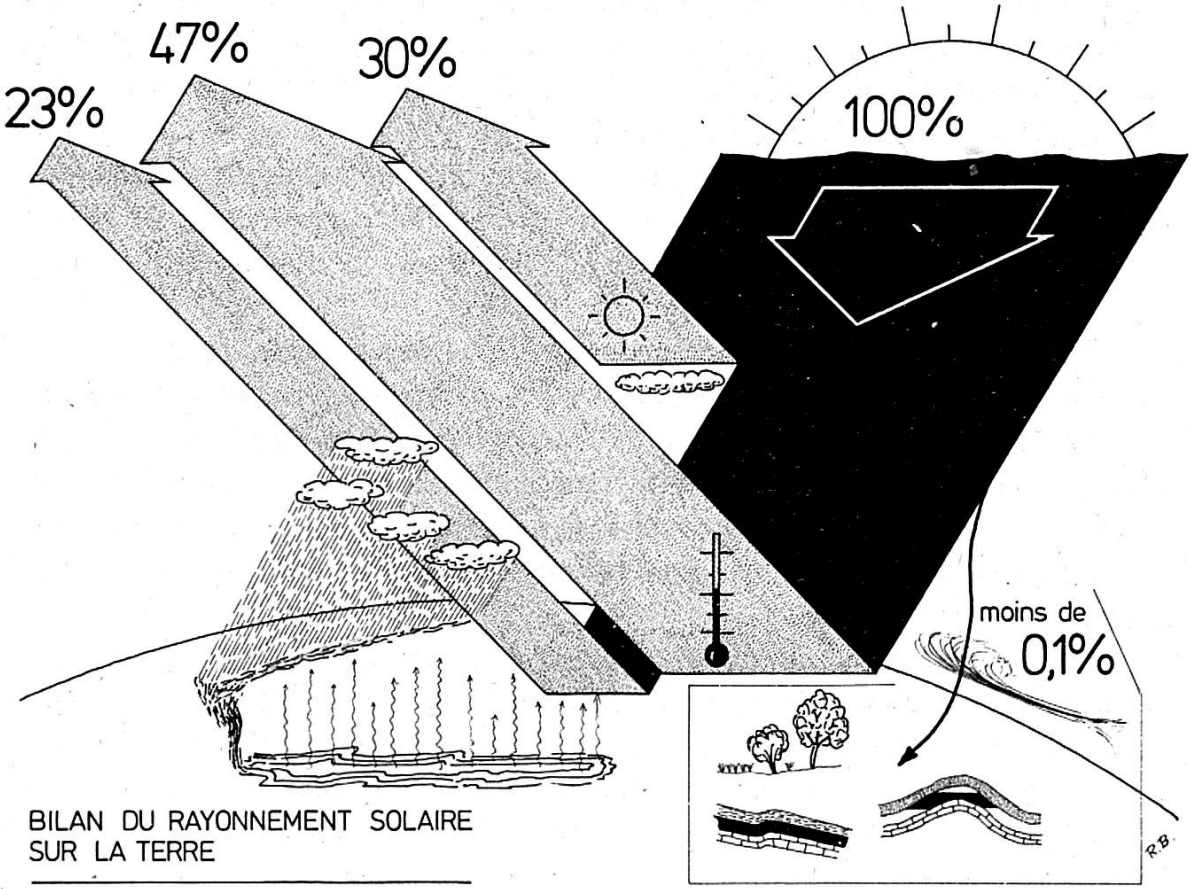
Le Soleil émet sous forme de rayonnement dans l'espace une **quantité énorme d'énergie** dont la Terre ne reçoit que le un demi-milliardième, ce qui représente néanmoins, en une année, 23 000 fois plus que toute la consommation énergétique actuelle !

En six heures d'ensoleillement, notre planète intercepte l'équivalent énergétique de toutes les réserves de pétrole dans le monde; en deux semaines, l'énergie correspondant aux réserves mondiales réunies de charbon et de pétrole.

Le rayonnement solaire sert essentiellement à réchauffer notre atmosphère et à assurer le maintien de la vie sur notre planète, devenue habitable grâce à lui.

Sur la totalité des radiations solaires qui frappent la Terre,

- **30% sont directement réexpédiées dans l'espace par réflexion lumineuse** au contact de l'atmosphère, des nuages et du sol. C'est **l'albedo**, fraction du rayonnement solaire visible renvoyé par réflexion (les nuages seuls représentent les trois quarts de l'albedo terrestre);



BILAN DU RAYONNEMENT SOLAIRE
SUR LA TERRE

● **47% réchauffent l'atmosphère et la surface du globe** avant d'être réfléchies dans l'univers sous forme de **chaleur** (rayonnement infra-rouge invisible);
● **23% provoquent l'évaporation des eaux de surface** (formation des nuages) et sont à leur tour libérées dans l'espace lors des précipitations sous forme de **chaleur**;
● **une infime fraction de l'énergie solaire reçue (moins de 0,1%)** crée et entretient les courants atmosphériques et marins, la photosynthèse des plantes, étant ainsi à l'origine des combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz).

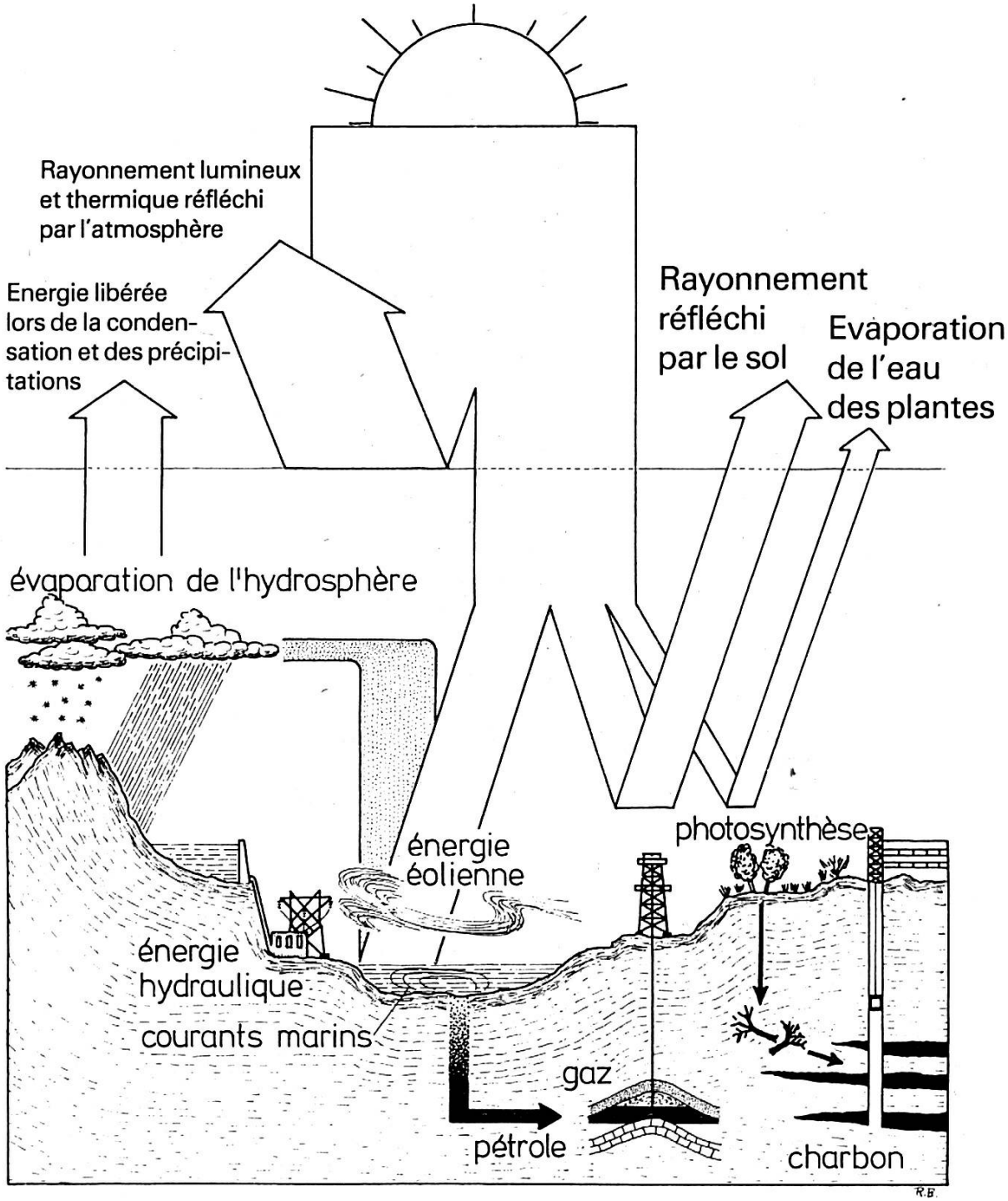
2. Le rayonnement solaire à l'origine des sources d'énergie terrestres

Abstraction faite de la **chaleur interne de la Terre** (énergie géothermique), des **forces de la gravitation** (énergie des marées) et de **l'énergie nucléaire**, tirée de minerais tels que l'uranium, toutes nos sources énergétiques trouvent leur origine dans le **rayonnement solaire**.

● LA PHOTOSYNTHÈSE, transformation de la lumière en énergie chimique à l'intérieur des plantes (= chlorophylle/vert des feuilles) est **l'élément moteur de la croissance de tous les végétaux**, par conséquent de tous les êtres vivants, directement ou non. Le **bois** et les **plantes** sont des sources d'énergie pour le chauffage ou l'alimentation. Le **charbon** provient de débris végétaux (troncs d'arbres, brindilles, etc.) qui se sont accumulés dans les marécages du Carbonifère. **Pétrole** et **gaz naturel** se sont formés par fermentation de matières organiques au fond des océans, constituant des **gisements fossiles**.

● L'ÉVAPORATION DE L'HYDROSPHÈRE, eau des océans, des lacs et des rivières, est due à la chaleur du Soleil et fournit **l'énergie hydraulique** à l'issue du cycle évaporation — condensation — précipitations (pluie et neige) — ruissellement.

● LES COURANTS MARINS ET ATMOSPHÉRIQUES ont pour origine les **différences d'intensité du rayonnement solaire** à la surface du globe. **Vagues, courants océaniques** et **vents** proviennent donc de l'énergie solaire, exploitée en l'occurrence par le truchement de **l'énergie éolienne** (force du vent).


Rayonnement lumineux et thermique réfléchi par l'atmosphère
Energie libérée lors de la condensation et des précipitations
Rayonnement réfléchi par le sol
Evaporation de l'eau des plantes
évaporation de l'hydrosphère
énergie éolienne
photosynthèse
énergie hydraulique
courants marins
gaz
pétrole
charbon
R.B.

3. Les variations du rayonnement solaire

L'importance du rayonnement solaire reçu à la surface du sol dépend:

- de la durée de l'ensoleillement,
- de l'épaisseur de l'atmosphère traversée, en fonction de l'inclinaison des rayons solaires,
- de la qualité de l'atmosphère.

a) LA DURÉE DE L'ENSOLEILLEMENT

Sous la latitude moyenne de la Suisse (47° N), la plus longue durée d'insolation se situe le **21 juin**, au solstice d'été, lorsque le Soleil reste au-dessus de l'horizon **15 heures 59 minutes**. Le **22 décembre**, au solstice d'hiver, elle n'est plus que de **8 heures 26 minutes**. Aux équinoxes de printemps et d'automne (21 mars et 23 septembre), le jour et la nuit sont d'égale durée.

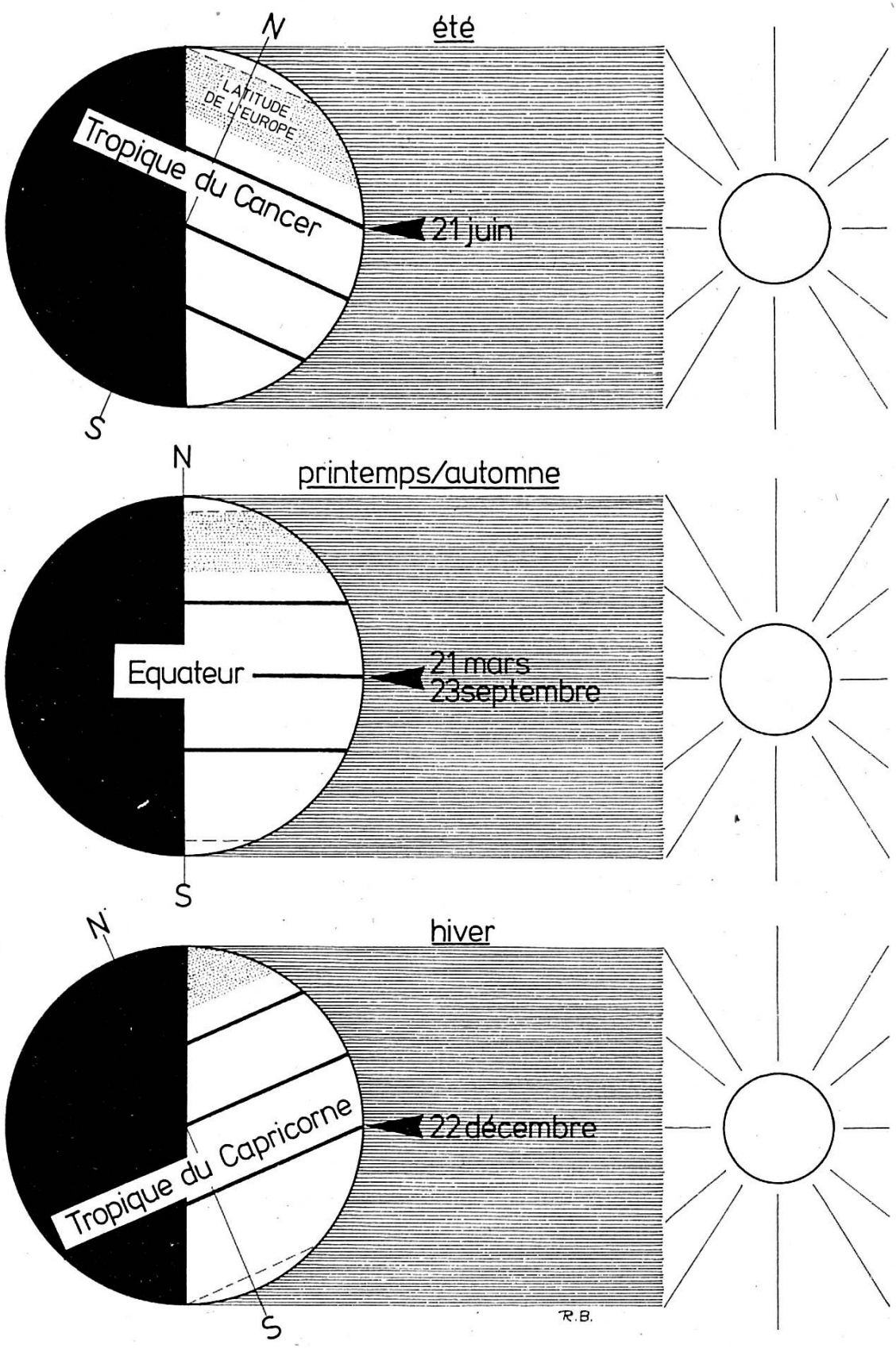
Ces variations de la durée d'insolation sont dues à l'inclinaison de l'axe des pôles par rapport au Soleil. En effet, la Terre tourne sur elle-même autour d'un axe N-S incliné de 23°27', toujours braqué dans la même direction. Par conséquent, dans son mouvement orbital annuel autour du Soleil, **elle fait constamment varier la position de son axe par rapport au rayonnement solaire.**

Le 21 juin, lorsque l'axe de la Terre est incliné vers le Soleil, c'est l'hémisphère Nord qui est le plus éclairé. Les jours y sont alors plus longs que les nuits. Le Soleil ne se couche plus au Pôle Nord.

Le 21 mars et le 23 septembre, l'axe de la Terre ayant déplacé son inclinaison et donnant l'impression de s'être redressé par rapport au Soleil, toutes les parties du globe jouissent de la même durée d'éclairement. Jours et nuits sont d'égale longueur.

Le 22 décembre, lorsque l'axe de la Terre est incliné à l'opposé du Soleil, c'est l'hémisphère Sud qui est le plus éclairé. Les jours y sont alors plus longs que les nuits. Le Soleil ne se couche plus au Pôle Sud. Dans l'hémisphère Nord, les nuits sont plus longues que les jours.

Remarque: Dans les régions intertropicales, l'écart maximum entre le jour et la nuit est de 2 h. 30.


N
été
LATITUDE DE L'EUROPE
Tropique du Cancer
21 juin
S
N
printemps/automne
Equateur
21 mars
23 septembre
S
N
hiver
22 décembre
Tropique du Capricorne
S
R.B.

4. L'affaiblissement du rayonnement solaire à travers l'atmosphère

L'atmosphère se compose de **gaz**, de **vapeurs** et de **particules** en suspension. De ce fait, une partie de l'énergie apportée par le rayonnement solaire subit un phénomène de **réflexion** en y pénétrant et d'**absorption** en la traversant.

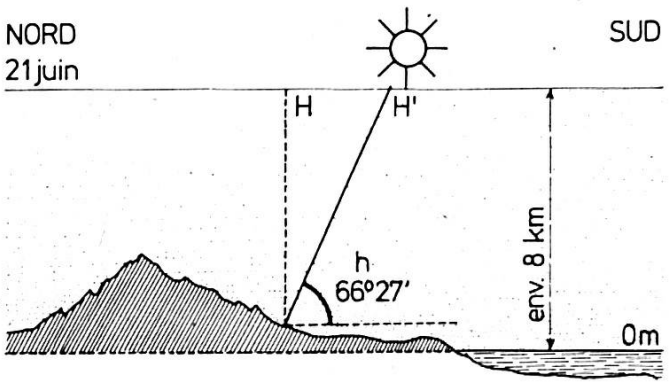
L'énergie réfléchie repart immédiatement dans l'espace. **L'énergie absorbée** est transformée en **chaleur**, réchauffant les couches atmosphériques, et en **énergie cinétique**, mettant les masses d'air en mouvement (vent).

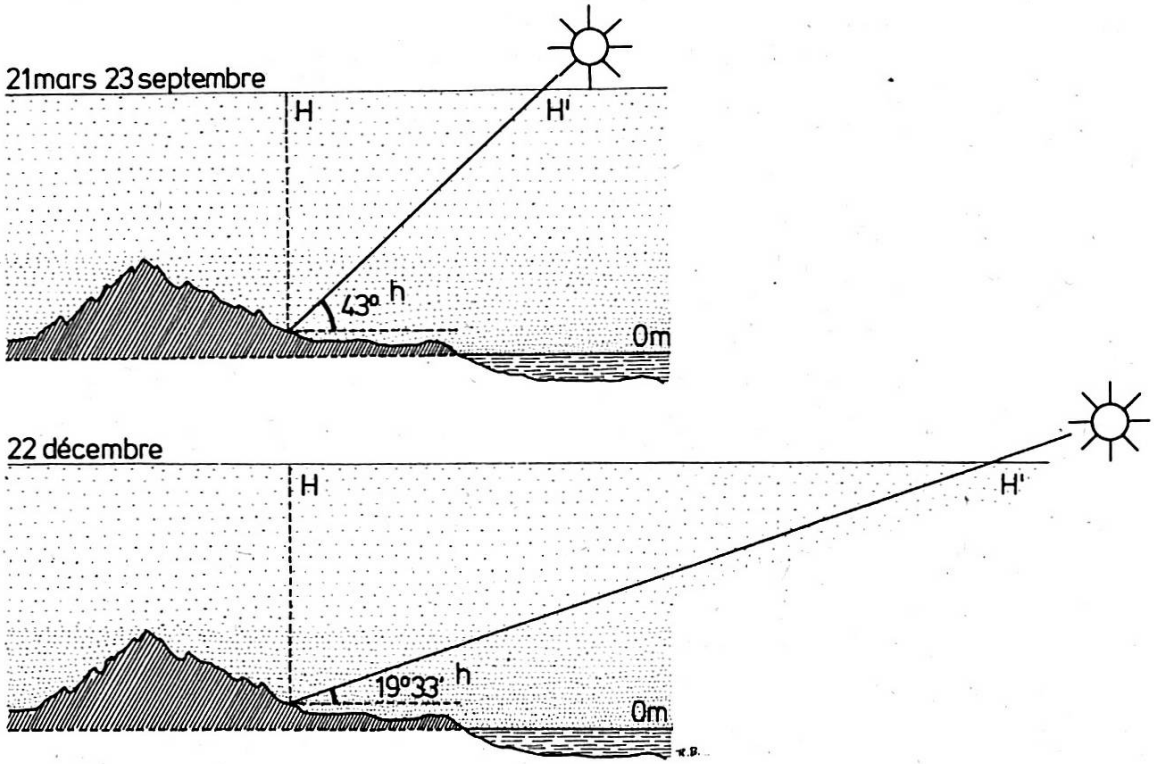
Aussi, plus l'atmosphère traversée est-elle épaisse, plus le rayonnement solaire atteignant la surface du sol sera-t-il affaibli. Ce sera notamment le cas en hiver, lorsque, conformément aux modifications angulaires de l'axe des pôles par rapport au Soleil, les radiations solaires auront un chemin beaucoup plus long à parcourir à travers l'enveloppe gazeuse de notre planète avant de toucher le sol.

Pour le 47° de latitude Nord, le chemin parcouru en **été** (21 juin), au moment où le Soleil se trouve le plus haut dans le ciel (H'), est de 9% plus long que le trajet le plus court possible, la verticale H (1 : 1,09). **L'angle d'incidence** formé entre la direction des rayons solaires et la ligne d'horizon vaut dans ce cas 66° 27' (h).

Aux équinoxes de printemps et d'automne (21 mars et 23 septembre), la distance à l'intérieur des couches atmosphériques est 46% plus grande (1 :1,46). L'angle d'incidence vaut alors 43°.

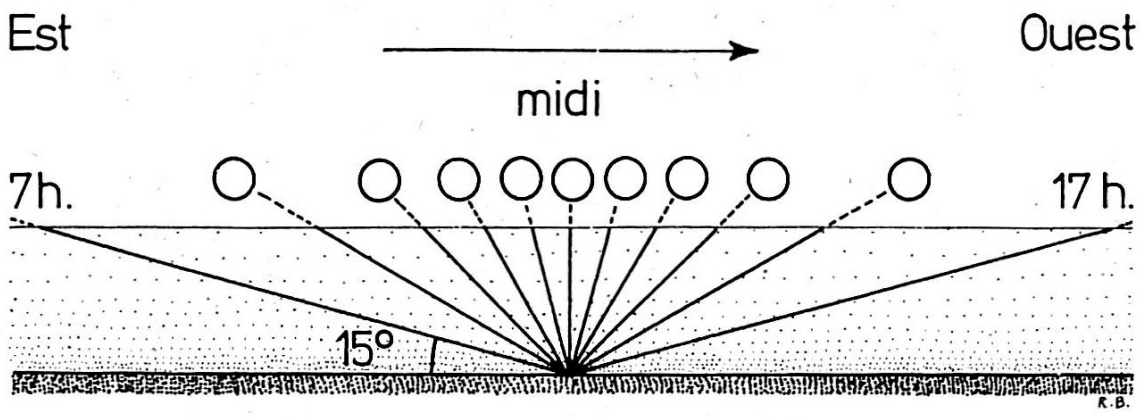
Enfin, au **solstice d'hiver** (22 décembre), le parcours H' sera 199% plus long que la verticale H (1 : 2,99), soit grosso modo le triple ! L'angle d'incidence se réduit à 19° 33'.

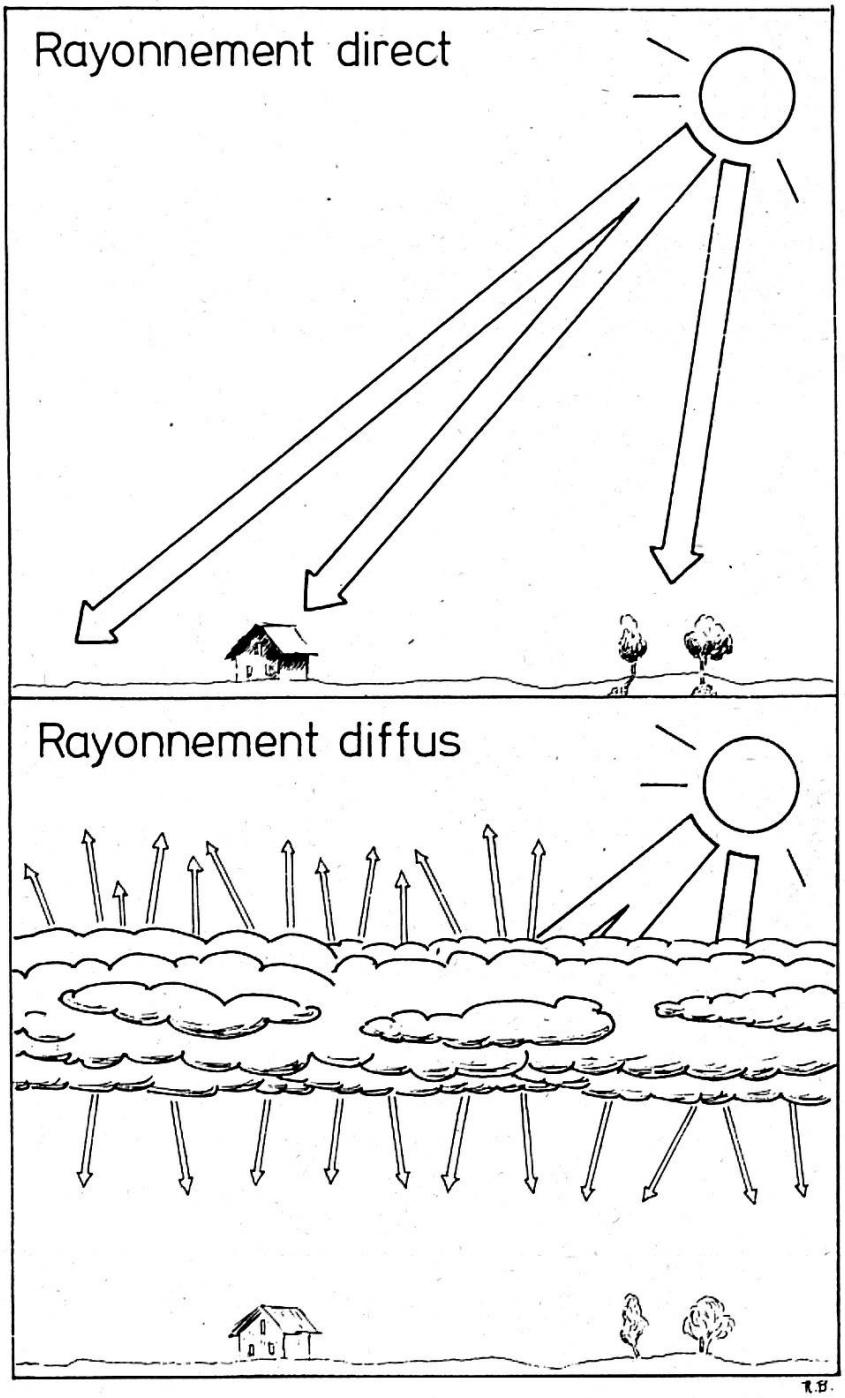




TRAJET OPTIQUE DES RAYONS SOLAIRES DANS L'ATMOSPHÈRE
SOUS LE 47° DE LATITUDE NORD

A cette modification saisonnière de la position du Soleil dans le ciel se combine une **modification horaire** due à la rotation de la Terre autour de son axe en 24 heures. Au cours de la journée, la position apparente du Soleil change constamment. Après son lever à l'Est, celui-ci s'élève au-dessus de l'horizon de 15° toutes les 60 minutes. Dès midi, il s'achemine vers son coucher à la même vitesse angulaire. Sous notre latitude, il parcourra du levant au couchant 240° pendant le jour le plus long et 126° pendant le plus court.



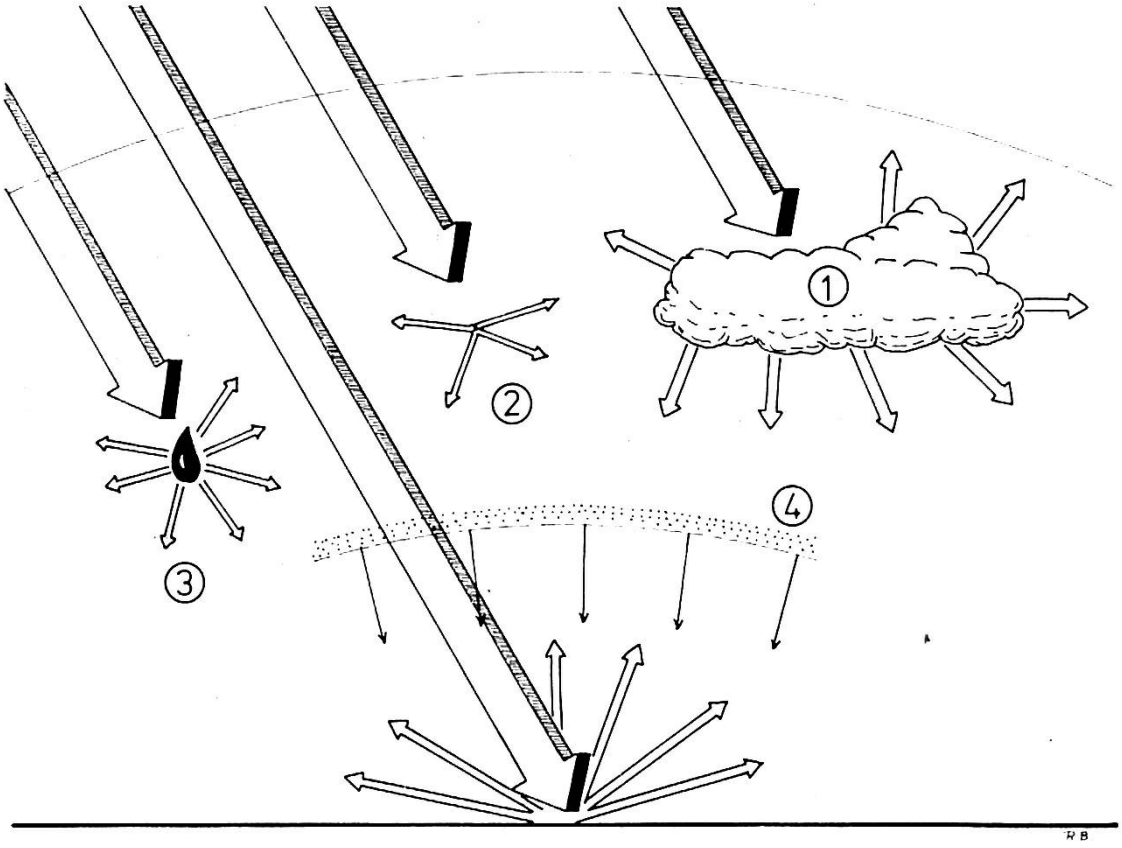


Nous venons de voir que le rayonnement solaire perd une partie de son énergie en traversant l'atmosphère, plus ou moins épaisse selon la saison et l'heure (position apparente du Soleil).

Cette déperdition peut encore être aggravée par une atmosphère brumeuse, nuageuse ou polluée par des poussières en suspension.

a) RAYONNEMENT DIRECT Par ciel clair, une partie du rayonnement est absorbée par les gaz atmosphériques et se convertit en chaleur et en énergie cinétique.

b) RAYONNEMENT DIFFUS Une autre partie du rayonnement, au contact des **molécules d'air** et de **vapeur d'eau**, est déviée dans **toutes les directions** sous forme de lumière. C'est elle qui produit le bleu du ciel. Une **épaisse couche nuageuse** donne une idée précise de ce qu'est le rayonnement diffus.



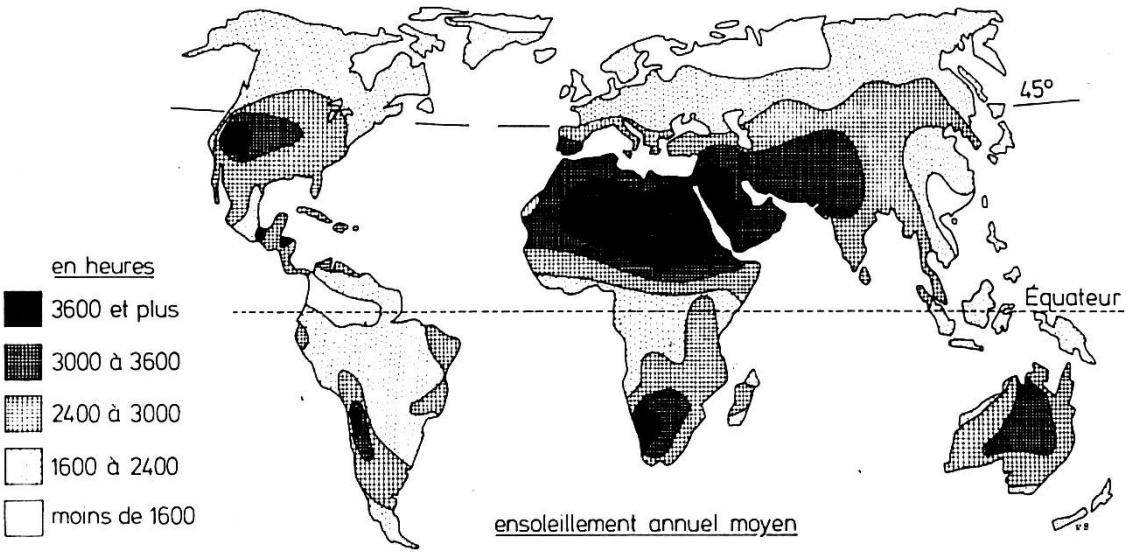
Diffusion du rayonnement solaire

En résumé, la diffusion du rayonnement solaire s'opère:

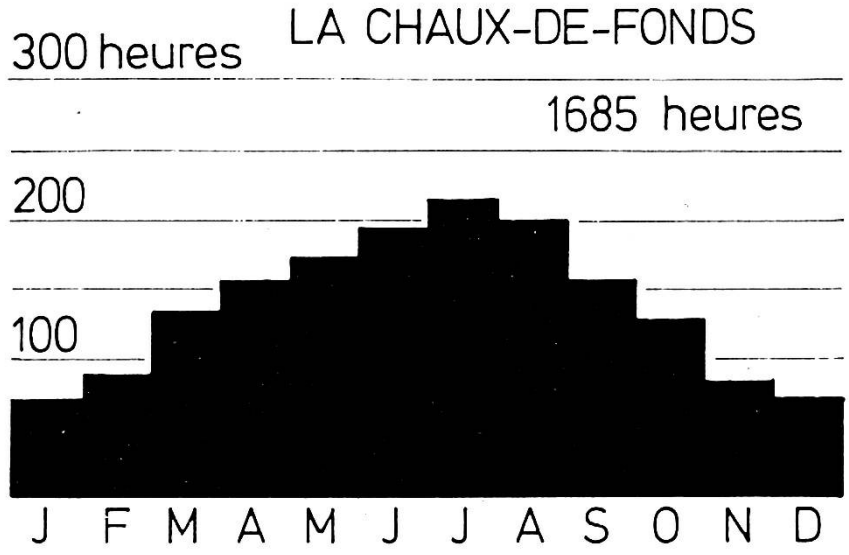
1. Par les **nuages**, la **brume**, le **brouillard** (nébulosité)
2. Par les **molécules d'air** (bleu du ciel)
3. Par les **gouttes** et **gouttelettes d'eau**
4. Par les **aérosols** (particules microscopiques en suspension dans l'atmosphère).

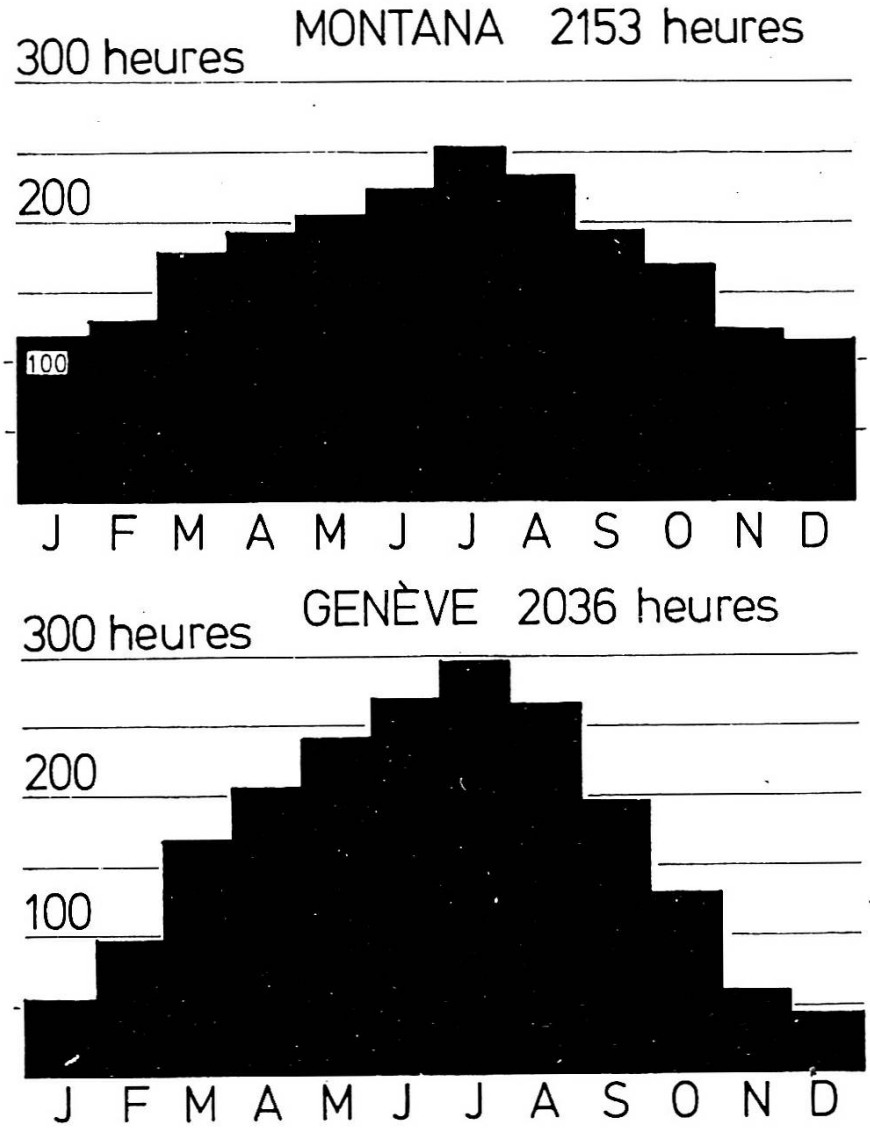
Le rôle de ces particules est surtout marqué dans les villes et les agglomérations industrielles.

5. La durée annuelle d'ensoleillement



La répartition de l'ensoleillement à la surface de la Terre présente **d'importants contrastes**. L'Equateur devrait jouir de la meilleure insolation. Or, ce n'est de loin pas le cas. La forte nébulosité qui voile les ciels équatoriaux la réduit à une moyenne annuelle de 1600-2400 heures, voire à moins encore dans le bassin de l'Amazone. En revanche, **les régions tropicales**, siège d'une forte aridité, jouissent d'un ensoleillement optimum (3600 heures et plus). Les zones de climat semi-désertique, de mousson ou méditerranéen à longue saison sèche, bénéficient de 2400 à 3000 heures de soleil par année. Tel est notamment le cas des pays de l'Europe méridionale. Au-delà du 45° de latitude Nord, les continents sont balayés par des perturbations qui réduisent le temps d'insolation à moins de 1600 heures par an.





En Suisse romande, la durée moyenne d'insolation se situe à 2000 heures dans le Valais, à 1900-2000 dans la région lémanique, à 1800 sur le Plateau fribourgeois, à 1700 sur le littoral neuchâtelois et à 1600-1700 sur les crêtes du Jura (zone de condensation et de forte nébulosité).

Dans la répartition par mois, on constate que *juillet* offre la meilleure insolation et que *décembre-janvier* constituent la période la plus défavorable (observations faites sur 30 ans).

Pour une présence au-dessus de l'horizon d'environ 4400 heures par an, le soleil brille chez nous entre 1600 et 2000 heures.

Remarque.– Le meilleur ensoleillement de Suisse a été relevé à Locarno-Monti (2286 heures), alors qu'en Suisse du Nord-Est, il ne dépasse pas 1500-1550 heures.

6. Puissance et énergie du rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est une source d'énergie très **irrégulière**, qui dépend:

- de la latitude du lieu et de la saison,
- de l'heure du jour,
- de la qualité de l'atmosphère.

L'unité que nous utiliserons pour exprimer la valeur du rayonnement solaire sera

le **watt** (W) et le **kilowatt** (1 kW = 1000 W).

Exemples comparatifs:

1 moteur d'une **puissance** de 1 kW développe 1,36 CV (cheval-vapeur), soit grosso modo la capacité d'un vélomoteur. Si ce moteur travaille pendant une heure, il aura fourni une **énergie** de 1 kWh (kilowatt-heure).

1 kWh permet à une ampoule électrique d'une puissance de 100 W de brûler 10 heures, à un réfrigérateur de 125 W de fonctionner 8 heures, à un téléviseur noir-blanc de 200 W d'être en service 5 heures, à un fer à repasser de 1000 W (1 kW) 1 heure, à une machine à laver de 4000 W (4 kW) 15 minutes, etc. Avec 1 kWh, on peut pomper 25 000 litres d'eau à une hauteur de 10 mètres, élever la température de 20 litres d'eau de 43 °C. Une Renault 4 roulant au maximum de sa puissance développe 25 kW (34 CV). En une heure, elle aura produit une énergie de 25 kWh.

L'intensité du rayonnement solaire aux confins de l'atmosphère terrestre est de **1,4 kW par m²**: c'est la **constante solaire**.

A la surface de la Terre, un m^2 exposé au rayonnement solaire direct reçoit à midi une puissance maximum de **1 kW**. L'atmosphère a donc absorbé 400 W.

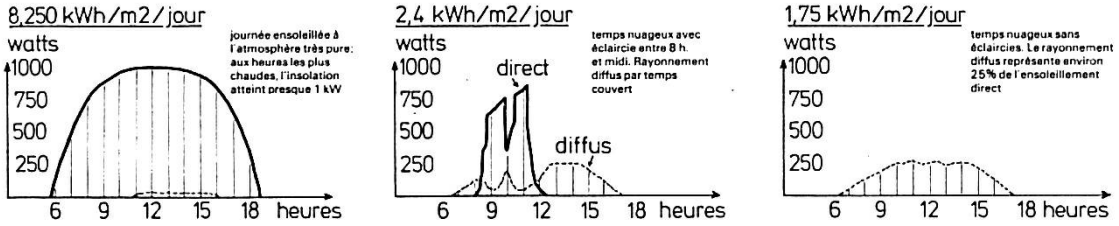
Cette valeur n'est toutefois que théorique puisqu'elle subit de **fortes variations** en fonction de la latitude, de la saison, de l'heure, de la nébulosité, des aérosols.

Au Sahara, un m^2 reçoit en moyenne 7 kWh par jour d'été. En une année, l'énergie totale reçue est supérieure à 2500 kWh/m^2.

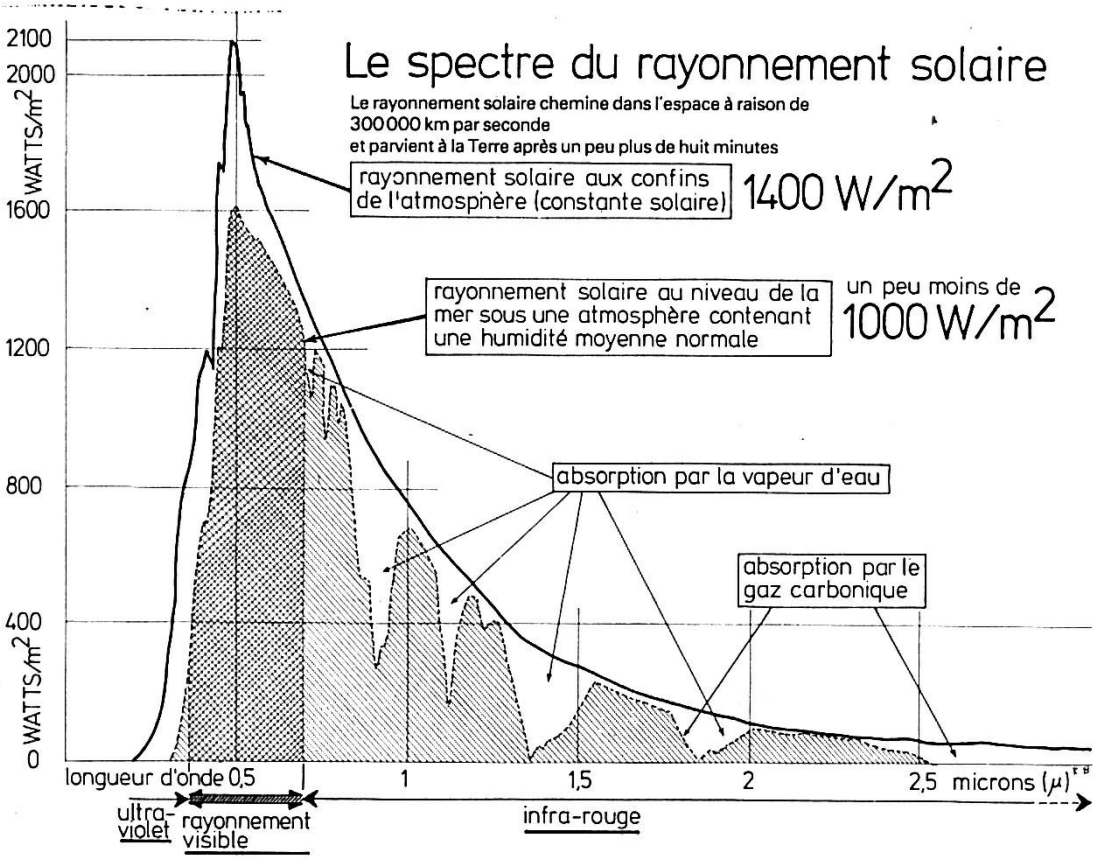
Dans les régions tempérées, ces valeurs baissent sensiblement. Sur le littoral européen de la Méditerranée, la moyenne journalière se situe à

4,8 kWh/m², soit 1750 kWh/m² par année. En Suisse romande, l'énergie solaire journalière moyenne atteint 3,7 kWh/m² (1350 kWh/m² par année). A Paris, la moyenne journalière est de 3,15 (1150 par année), à Berlin de 2,75 (1000 par année) et à Londres, elle tombe à 2,16 (790 par année).

Les graphiques ci-dessous nous présentent **trois situations météorologiques** dans le même site, au cours de trois journées où le Soleil reste plus de 12 heures au-dessus de l'horizon.



7. Composition du rayonnement solaire



Tous les corps portés à une certaine température émettent un **rayonnement thermique**. Par exemple, un corps de radiateur à 50°C produit une chaleur invisible que l'on ressent à une certaine distance déjà: c'est **le rayonnement infra-rouge**, «infra» parce que situé au-dessous du rouge visible. Une plaque de cuisinière électrique «oubliée» passe au rouge sombre tellement elle est chaude. Son rayonnement devient partiellement visible. Un morceau d'acier en fusion rayonne, à 1500°C, une lumière aveuglante.

Le Soleil, dont la température au voisinage de sa surface atteint **5700°C**, bombarde la Terre d'un prodigieux rayonnement et se comporte à la manière d'un émetteur radio dont certaines ondes seraient visibles alors que d'autres ne le seraient pas. Cet ensemble d'ondes constitue **le spectre du rayonnement solaire**, qui s'étend de la longueur d'onde de 0,3 micron (ultra-violet) à celle de 3 microns (infra-rouge), avec un maximum à 0,47 micron (lumière, spectre visible). C'est au-dessus de 0,7 micron que se manifeste le rayonnement infra-rouge.

Plus la température d'un corps est élevée, plus la longueur d'onde du rayonnement émis par ce corps est courte.

Ainsi, un corps d'une température de 50°-80°C n'émet qu'entre 3 et 70 microns, uniquement dans l'infra-rouge. Un corps porté à plusieurs centaines de degrés C devient peu à peu visible par son rayonnement dont la longueur d'onde s'abrège en entrant dans le rouge visible (0,7 micron), etc.

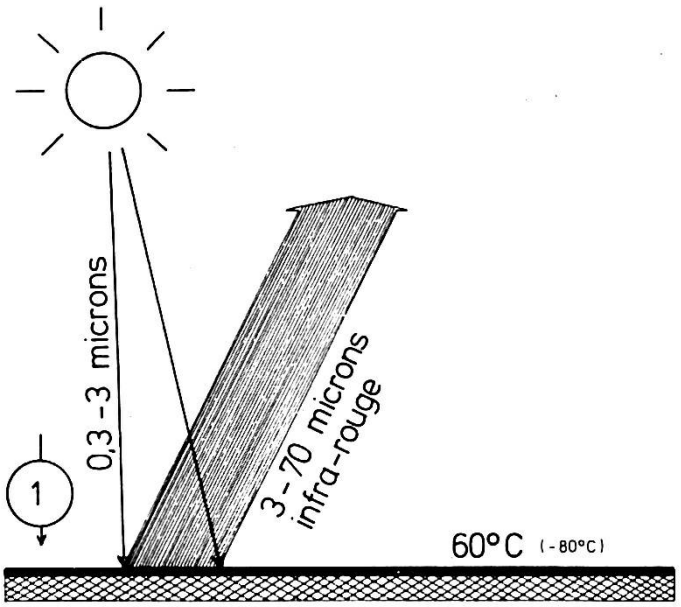
8. Captage du rayonnement solaire et effet de serre

Un corps **réfléchit, laisse passer** ou **absorbe** le rayonnement solaire.

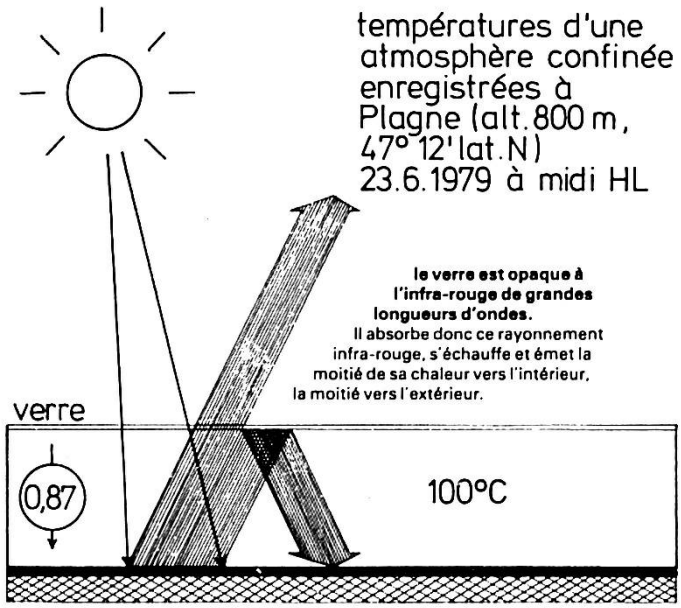
Le corps qui réfléchit tout est un miroir parfait; celui qui laisse tout passer est **absolument transparent**; celui qui absorbe tout est appelé «**corps noir**».

En réalité, aucun de ces corps n'existe: le miroir n'est jamais parfait, ni le corps transparent, ni le corps noir.

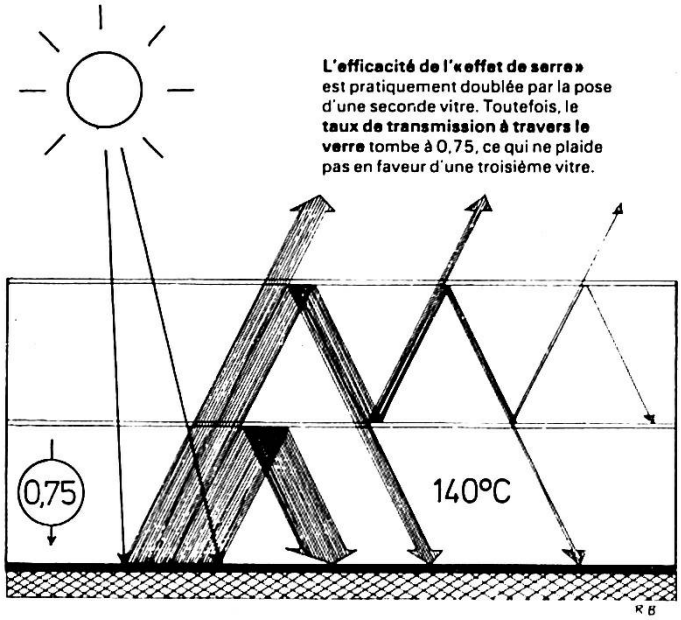
Néanmoins, on constate qu'une surface peinte en **noir mat** et bien absorbante (tôle par ex.), exposée perpendiculairement aux rayons du Soleil, peut atteindre de 60 à 80°C. Cela signifie qu'elle a absorbé une partie de l'énergie reçue.



températures d'une atmosphère confinée enregistrées à Plagne (alt. 800 m, 47° 12' lat. N) 23.6.1979 à midi HL



le verre est opaque à l'infra-rouge de grandes longueurs d'ondes. Il absorbe donc ce rayonnement infra-rouge, s'échauffe et émet la moitié de sa chaleur vers l'intérieur, la moitié vers l'extérieur.



L'efficacité de l'«effet de serre» est pratiquement doublée par la pose d'une seconde vitre. Toutefois, le **taux de transmission à travers le verre** tombe à 0,75, ce qui ne plaide pas en faveur d'une troisième vitre.

RB

Toutefois, en s'échauffant, elle **émet** vers l'atmosphère un **rayonnement infra-rouge** de grandes longueurs d'ondes (3-70 microns) et perd ainsi la majeure partie de l'énergie captée.

Par conséquent, si l'on veut que cette plaque puisse conserver l'énergie solaire absorbée, il faut **interposer** entre elle et le Soleil un **obstacle transparent** qui laisse passer le **rayonnement solaire à courtes longueurs d'ondes**, mais qui empêche l'infra-rouge de grandes longueurs d'ondes (plus de 3μ) émis par le corps noir de repartir dans l'espace.

Le **VERRE** répond à ces exigences.

1° Il possède un excellent **taux de transmission** du rayonnement de courtes longueurs d'ondes (**0,87** pour 3 mm d'épaisseur), le meilleur de toutes les matières transparentes.

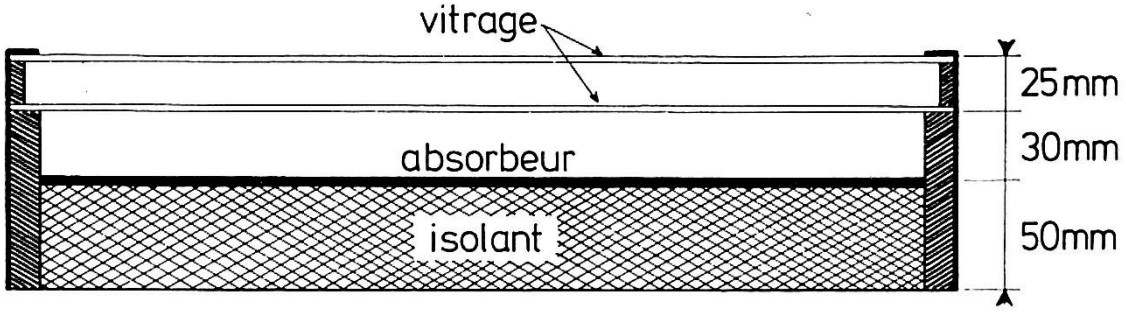
2° Il a la faculté, comme les autres matières transparentes, d'être **opaque** au rayonnement de grandes longueurs d'ondes (infra-rouge de plus de 3μ), donc de l'empêcher de passer, de le **piéger**.

> Une grande partie des applications de l'énergie solaire sont fondées sur cette propriété du verre, que l'on appelle l'« EFFET DE SERRE », bien connu des jardiniers.

Principe.– Le rayonnement solaire de courtes longueurs d'ondes frappe et échauffe une tôle noir mat. La tôle chauffée émet un rayonnement infra-rouge de grandes longueurs d'ondes vers l'espace. Le verre placé devant la tôle absorbe ce rayonnement et s'échauffe à son tour. **Il renvoie alors la moitié de cette chaleur vers la plaque de tôle, la moitié vers l'extérieur.**

Cet effet de serre crée un milieu **d'échanges radiatifs complexes** que nous analysons dans le cas du capteur-plan, procédé pour l'instant le plus répandu de piégeage du rayonnement solaire.

Dans son principe, le capteur-plan est formé de trois éléments principaux:



COUPE D'UN CAPTEUR-PLAN

1. **l'absorbeur**, pièce généralement métallique à l'intérieur de laquelle circule le liquide caloporteur chargé de l'évacuation des calories provenant du rayonnement solaire;

2. **la surface absorbante**, d'un noir mat qui s'apparente le plus possible au « corps noir » parfait, et posée en couche très ténue sur l'absorbeur;

3. **le film transparent**, en plastique ou en verre simple, double, voire triple.

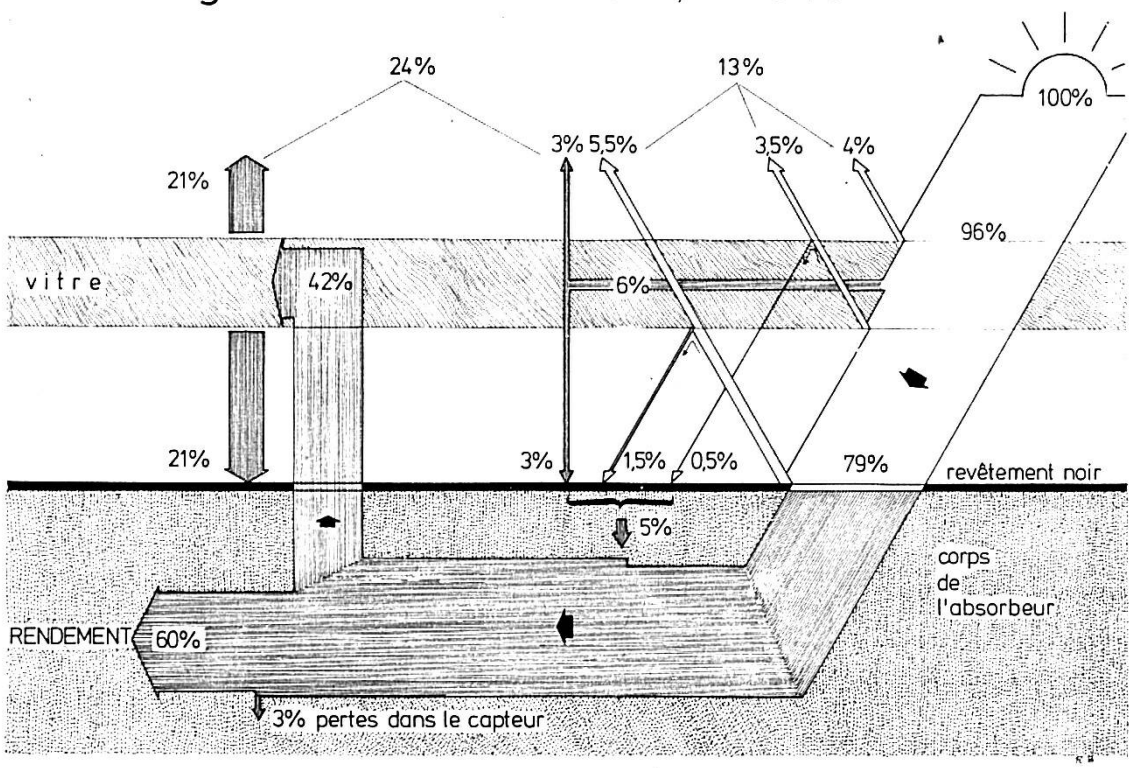
Dans le volume clos et exigu du capteur-plan, où les effets de convection de l'air sont très limités, voire totalement éliminés par un certain vide ou un gaz inerte, les échanges radiatifs se présentent comme suit dans le cas d'une couverture vitrée simple:

Le rayonnement solaire incident (100%) perd 13,5% en traversant la vitre, soit 4% par réflexion, 6% par absorption, 3,5% par diffusion. 3,5% sont récupérés par l'absorbeur.

Au niveau du revêtement absorbant, l'énergie solaire vaut encore 79% du rayonnement initial.

L'absorbeur réémet sous forme d'infra-rouges 42% de l'énergie reçue. La couverture de verre en renvoie 21% à l'absorbeur, et en rayonne autant à l'extérieur.

Les échanges radiatifs dans l'effet de serre



Le total des pertes, pour une température de fonctionnement de 40°C, est de 40%, soit 24% de rayonnement infra-rouge, 13% de rayonnement visible réfléchi et diffus, 3% de pertes thermiques dans le capteur.

RENDEMENT GLOBAL: 60%, ce qui constitue une excellente performance qu'il est encore possible d'améliorer par la pose d'une seconde vitre (gain moyen:+ 10%). Néanmoins, si la seconde vitre renforce l'effet de serre, elle diminue le taux de transmission de la lumière, qui passe de 0,87 à 0,75. En outre, l'échauffement supplémentaire de l'absorbeur augmente ses émisssions infra-rouges vers l'extérieur. Aussi, dans un pareil cas, faut-il faire circuler le liquide caloporteur plus vite afin d'évacuer le maximum de chaleur. Ainsi, le rendement pourra même dépasser 70%.

9. Aperçu du champ d'application de l'effet de serre

Une surface à revêtement noir mat absorbe donc le rayonnement solaire visible et s'échauffe, même si elle n'est surmontée d'aucun film transparent. Cette exploitation de l'énergie solaire sans effet de serre est, quoique son rendement soit fortement compromis par la fuite des infra-rouges que rien ne retient, largement utilisée dans des installations rudimentaires où l'on ne cherche pas à atteindre de hautes performances énergétiques: couvertures de piscine en matière plastique noire, chauffe-eau en forme de récipient métallique aplati posé à même le sol ou sur les toitures, etc. Compte tenu de leur rusticité, de tels procédés peuvent être étonnamment efficaces. Toutefois, sous notre latitude où la température atmosphérique peut rapidement refroidir une surface non protégée, il est recommandable de recourir à l'effet de serre.

Et nous en avons abordé la première application dans le procédé du capteur-plan parce que, à cette échelle, les échanges radiatifs sont relativement faciles à mesurer et à chiffrer, de même que le rendement énergétique qui en découle.

Il existe cependant de nombreuses possibilités infiniment plus simples de créer un effet de serre exploitable: nous en évoquons quelques-unes sous l'appellation générale d'**énergie solaire passive.***

En hiver, chaque fois que le Soleil brille, si l'on dégage largement les fenêtres et les baies vitrées en ouvrant rideaux et volets, de manière que le

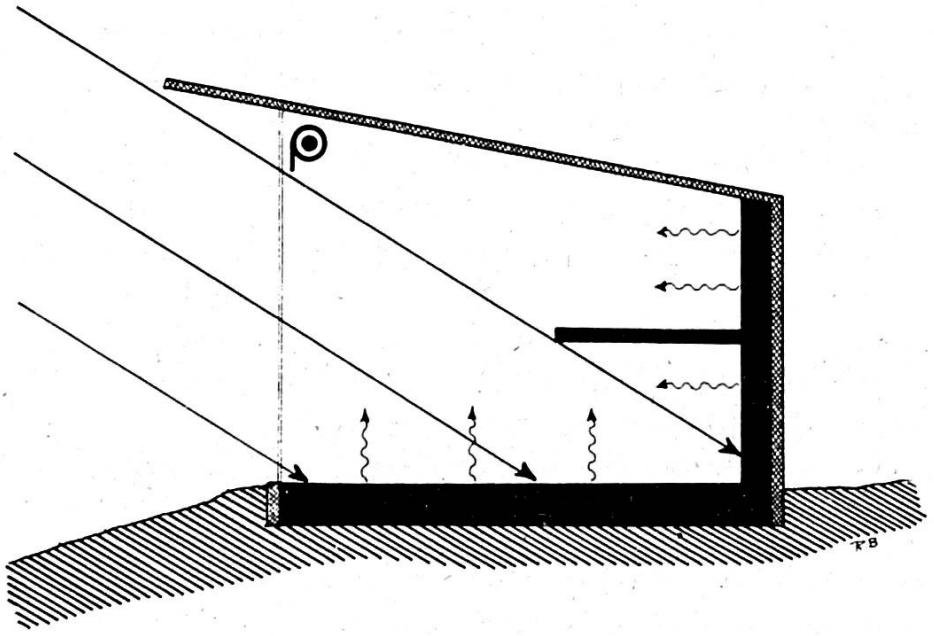
* et nous nous bornons à rappeler pour mémoire l'existence de nombreux matériels simples tels que cérificateurs, séchoirs, distillateurs, etc.

rayonnement solaire, fortement incliné sur l'horizon, puisse pénétrer jusqu'au fond des pièces, réchauffant carrelages, boiseries, tissus de couleur sombre, on crée un effet de serre intégré dont l'apport énergétique est loin d'être négligeable. Lorsque la température extérieure, singulièrement en automne et au printemps, est relativement clémente, une telle démarche permettra bien souvent de passer la nuit suivante sans devoir recourir au chauffage traditionnel.

Si une **terrasse** occupe le sud, sud-ouest, ouest d'une maison, et qu'on la vitre intégralement, on se dote d'un authentique chauffage solaire qui fera sentir ses effets même par temps couvert clair (énergie diffuse). En hiver, les portes-fenêtres donnant sur la serre ainsi conçue pourront rester ouvertes pendant les périodes d'insolation, permettant à la chaleur produite par l'effet de serre de pénétrer dans la maison. Et si le dallage et le mur d'appui de la serre sont de couleur sombre, on pourra même réaliser un stockage naturel de l'énergie piégée. Pour la saison estivale, il faudra évidemment prévoir un système de stores — également utilisable pendant les nuits d'hiver — et de larges ouvertures.

L'effet de serre dans **l'architecture solaire passive** exige, pour sa mise en application, que tous les problèmes architecturaux et architectoniques soient repensés de manière fondamentale, le principe, lui, restant toujours le même : tirer le meilleur parti du Soleil, quelle que soit la saison.

ARCHITECTURE PASSIVE À ACCUMULATION THERMIQUE DANS LES MURS ET LE SOL

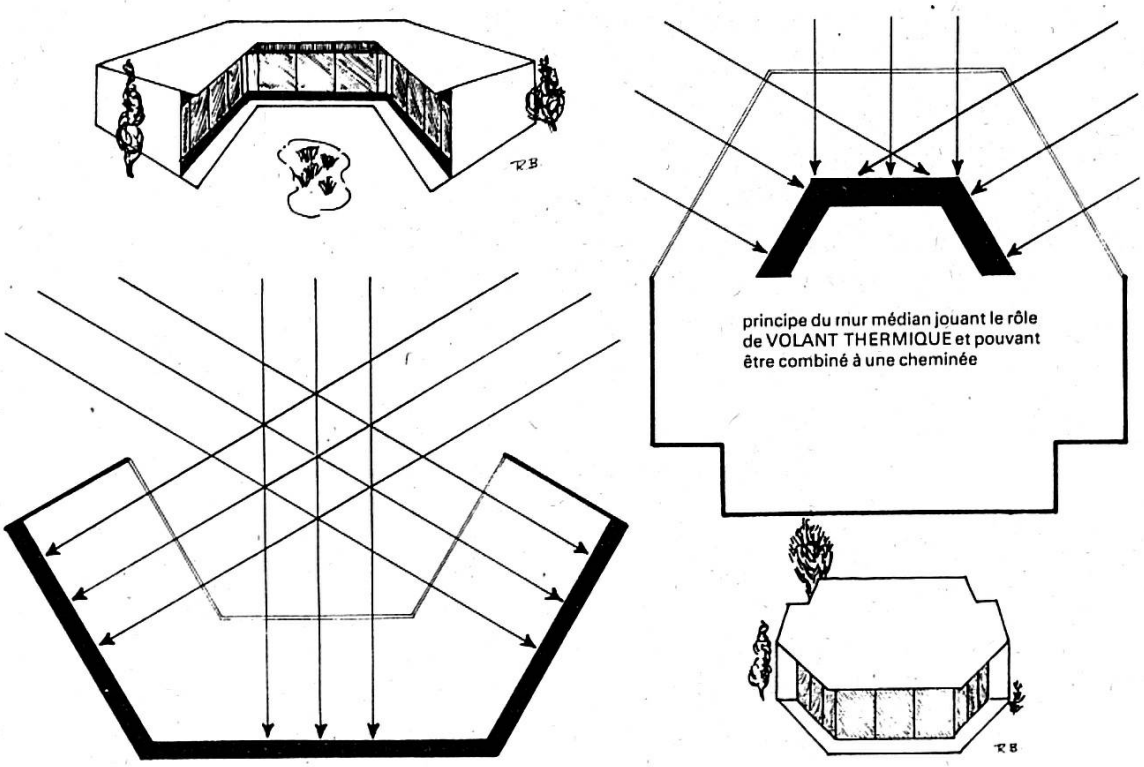


Pour réaliser une bonne architecture solaire passive, il faut que l'ensoleillement hivernal soit intégralement mis à profit, que le Soleil d'été en revanche soit occulté ou n'intervienne que dans la ventilation naturelle.

La forme la plus simple d'architecture réalisable dans les zones les plus ensoleillées de notre climat consiste en une maison aux larges baies vitrées orientées vers le Sud.

L'ensemble de la maçonnerie et des éléments en béton, isolé à l'extérieur et non à l'intérieur, est revêtu de couleurs mates, sombres, absorbantes et se comporte comme un vaste accumulateur thermique fonctionnant à l'intérieur d'une serre. La chaleur stockée dans les murs, dans le sol et même dans le sous-sol, irradie pendant la nuit à travers toute la maison dont on a baissé les stores pour l'isoler du dehors. Un large avant-toit coupe les rayons du Soleil d'été.

On trouve de telles réalisations architecturales jusque sous la latitude de l'Angleterre, où la Saint-George's Wallasey School fonctionne exactement selon ce principe ! Achevée en 1961, elle fut la première école du monde à être chauffée par radiation solaire captée en milieu de serre. La température intérieure n'y est jamais inférieure à 15,5 °C, et l'appoint calorifique provient de la chaleur humaine... ce qui est évidemment imaginable pour une école.



L'architecture solaire passive fondée sur l'effet de serre présente la grande séduction d'être la plus naturelle qui soit. Tout y est conçu en fonction du Soleil et aucun dispositif technique ne vient s'interposer dans le processus de chauffage. Dans un tel environnement bâti, le Soleil n'est plus uniquement une source de chaleur, il devient promotion de vie nouvelle.

Conclusion

L'exploitation de l'énergie du Soleil peut recourir à d'autres procédés que celui de l'effet de serre: énergie concentrée par miroirs, photopiles, photochimie. Cependant, la simple interposition d'une vitre entre le Soleil et un milieu clos constitue, lorsque toutes les précautions relatives à la couche absorbante, à l'évacuation ou au stockage in situ des calories, à l'isolation, etc. ont été prises, une solution remarquable en mesure de nous affranchir de toute technique compliquée et aléatoire.* Les mânes d'Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799), constructeur du premier capteur-plan, ne nous désavoueront pas...

Raymond Bruckert

* cf. du même auteur: Initiation à l'énergie solaire pratique (Bienne 1979)