

UNIVERSITE DE BISKRA  
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

Master I : Architecture et Environnement

*Matière: Sciences Pour L'architecture*

COURS N° 03

# LE CLIMAT

*Par: Melle Hamel Khalissa*

# Références

- HAMEL, Khalissa. *La ville compacte: une forme urbaine d'une ville durable en régions arides*. Mémoire de Magistère en Architecture. Biskra: Département d'architecture de l'université de Biskra, 2005, 278p.
- SZOKOLAY S. V., *Introduction to Architectural Science. The Basis of Sustainable Design*. Architectural Press, AMSTERDAM, BOSTON, HEIDELBERG, LONDON, NEW YORK, OXFORD, PARIS, SAN DIEGO, SAN FRANCISCO, SINGAPORE, SYDNEY, TOKYO, 2008.
- LIÉBARD A. & DE HERDE A.,Ed. *Traité d'Architecture et d'Urbanisme Bioclimatiques*, Obser'ER, Paris, 2005.
- CAPDEROU M. *Atlas solaire de l'Algérie*. Tome 3. Office des publications universitaires, Alger, 1985.
- MAZOUZ, Said. *L'ensoleillement: outils et méthodes*. Département d'architecture de l'université de Biskra, 1<sup>ère</sup> Année Post-graduation, Cours, 2007, 20 p.
- BOUTABA, Samir Djemoui. *L'ensoleillement*. Biskra: département d'architecture de l'université de Biskra 2<sup>ème</sup> année, Cours, 2009/2010, 09p.
- ROUAG-SAFFIDINE Djamilia. *Caractérisation et Qualité des Ambiances Urbaines: Les ambiances Environnementales BISKRA: Département d'architecture de l'université de Biskra 1<sup>ère</sup> année Post-Graduation, Cours, 2007/08, 03p.*
- BOUTABA, Samir Djemoui. *Confort thermique urbain entre mesure et perception*. Mémoire de Magistère en Architecture. Biskra: Département d'architecture, université de Biskra, 2007, 391p.
- **Energie+**, version 7, *Architecture et Climat, Université catholique de Louvain (Belgique) 2012, réalisé avec le soutien de la Wallonie - DGO4 - Département de l'Énergie et du Bâtiment Durable. Disponible sur : <http://www.energieplus-lesite.be>.*

# Références

## Sites Web:

- <http://audience.cerma.archi.fr>
- <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/Climate Booklet/kap 3/kap 3-2-2.htm#>
- <http://media4.obspm.fr/public/AMC/pages tps/impression.html>
  
- <http://www.ecoloti.com/La-protection-solaire.html>
- <http://www.developpement-durable.gouv.fr>



## COURS N° 03

# LE CLIMAT

### Introduction

1. Le soleil
2. climat de la planète, effet de serre
3. Éléments des climats
4. classification des climats



# INTRODUCTION



## Introduction

### 1. Définitions :

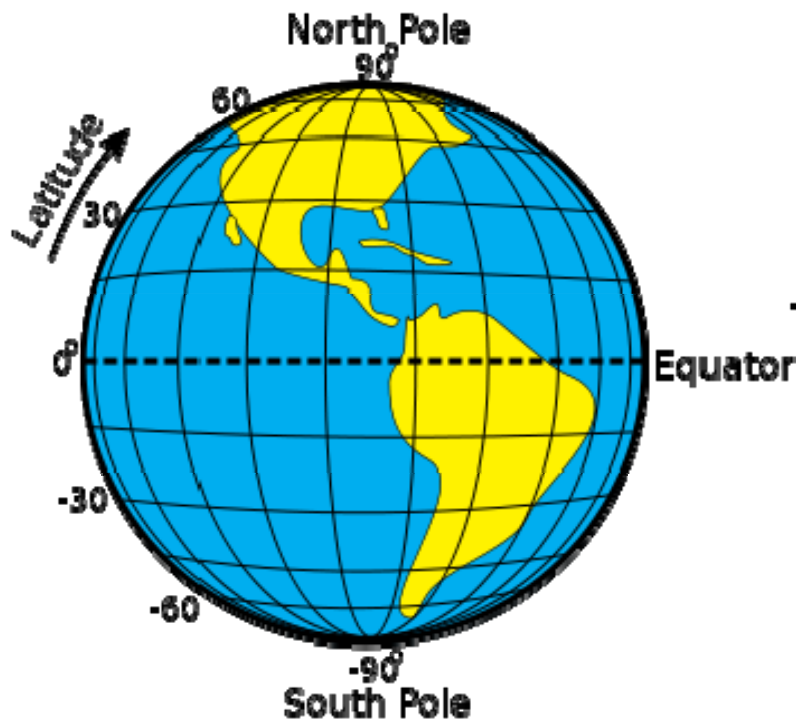
Le climat est l'« **ensemble des phénomènes météorologiques** (température, pression atmosphérique, vents, précipitation) qui caractérisent **l'état moyen** de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné » (Frommes, sans date, p.09). Il dépend:

1. **de la latitude du lieu**
2. **de sa circulation atmosphérique**
3. **et des conditions de l'environnement.**

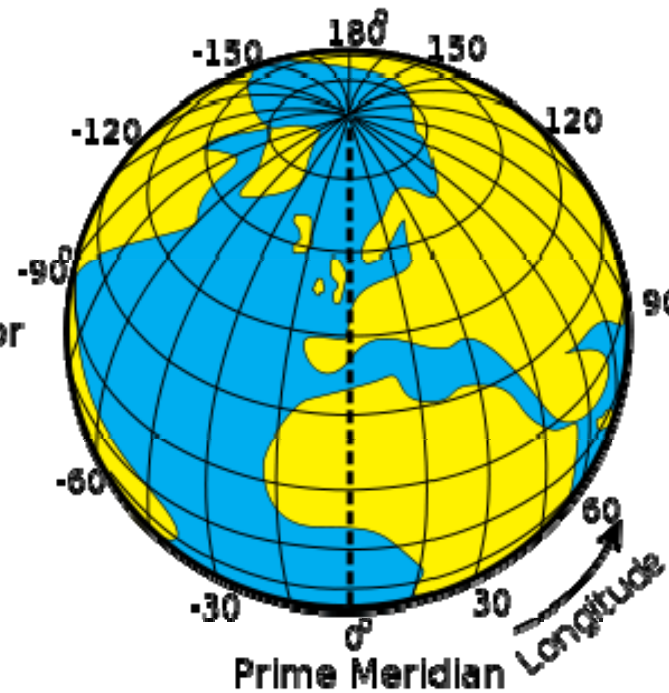


Introduction

La latitude du lieu



LATITUDE



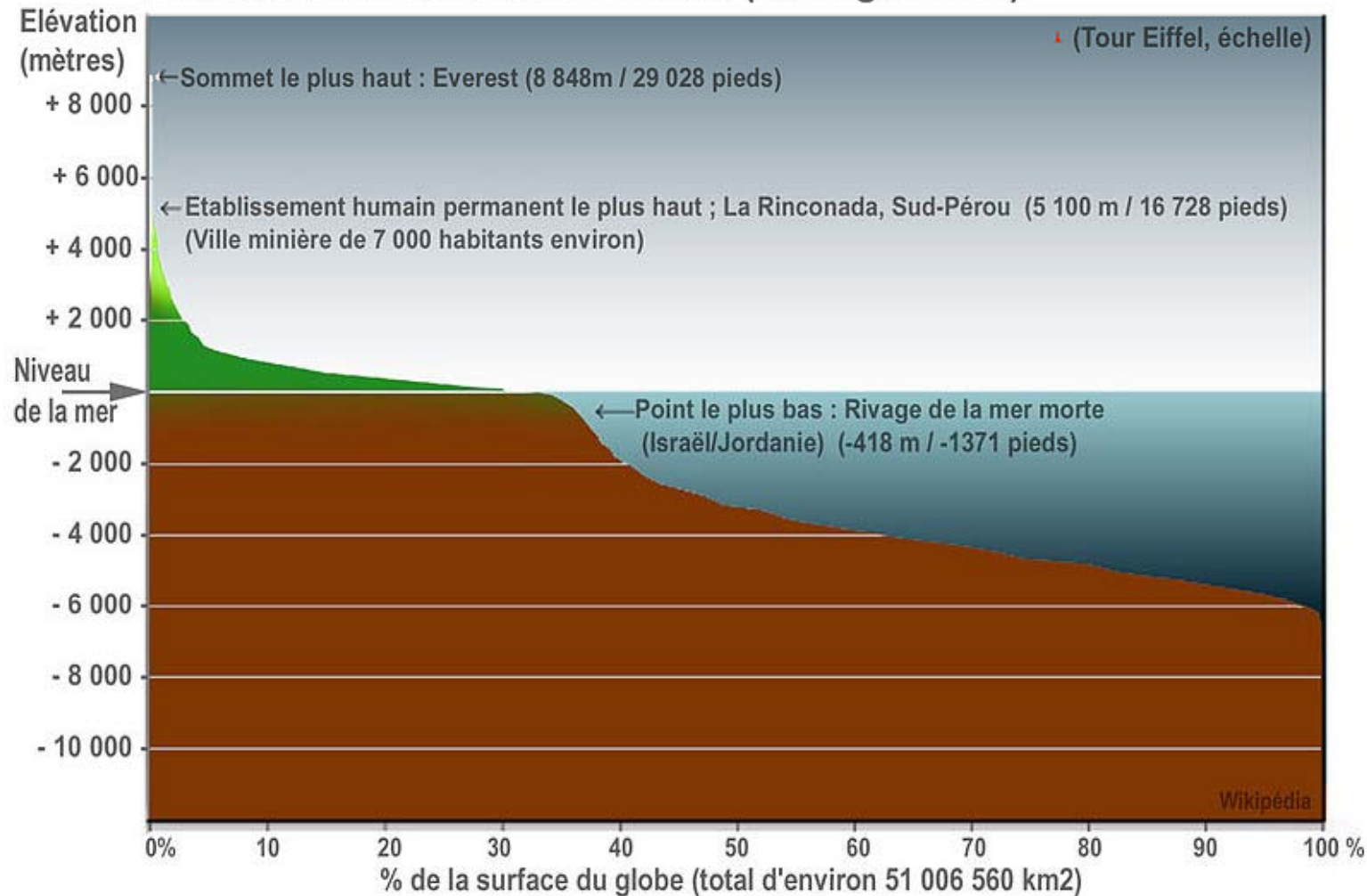
LONGITUDE



## Introduction

**NE PAS CONFONDRE « LATITUDE » ET « ALTITUDE » !!!!**

## Elevation de la croute terrestre (Histogramme)

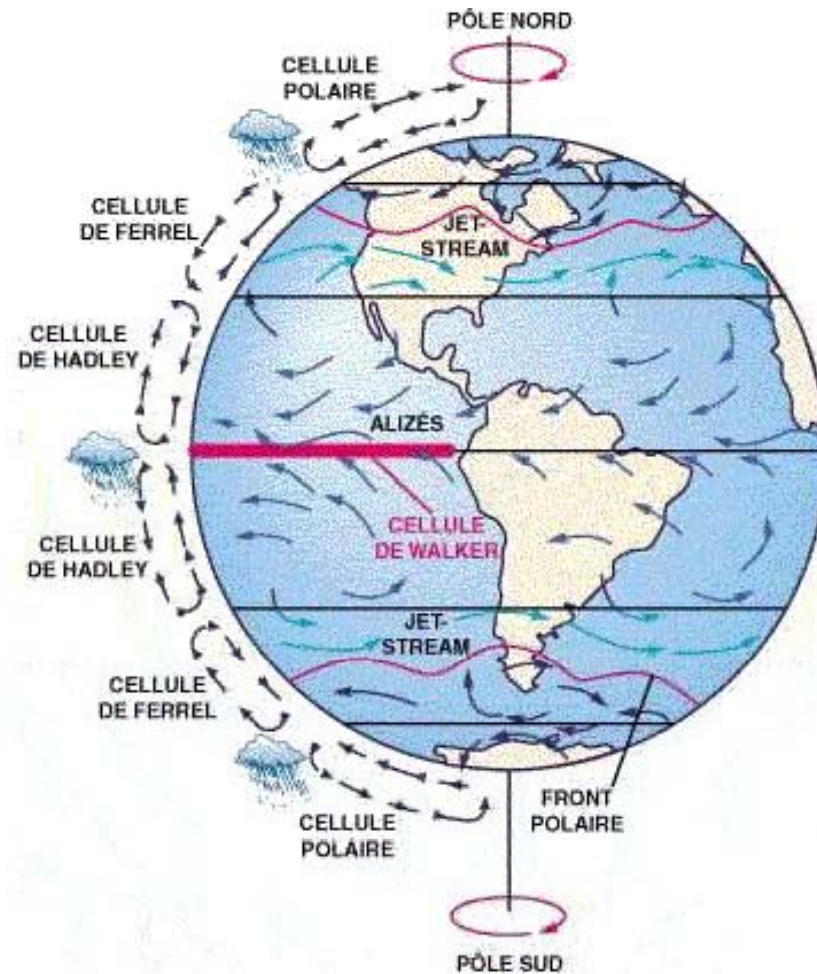






## Introduction

### La circulation atmosphérique





## Introduction

Les climats dans le globe terrestre ont été classifiés selon plusieurs méthodes. Entre autres celle reposant sur les considérations du **confort thermique de l'homme**, et qui réduit les climats de base à quatre (Nouibet, 1997, p.27) :

Climats arides, chauds et humides

Climat méditerranéen

Climat tempéré

Climat froid

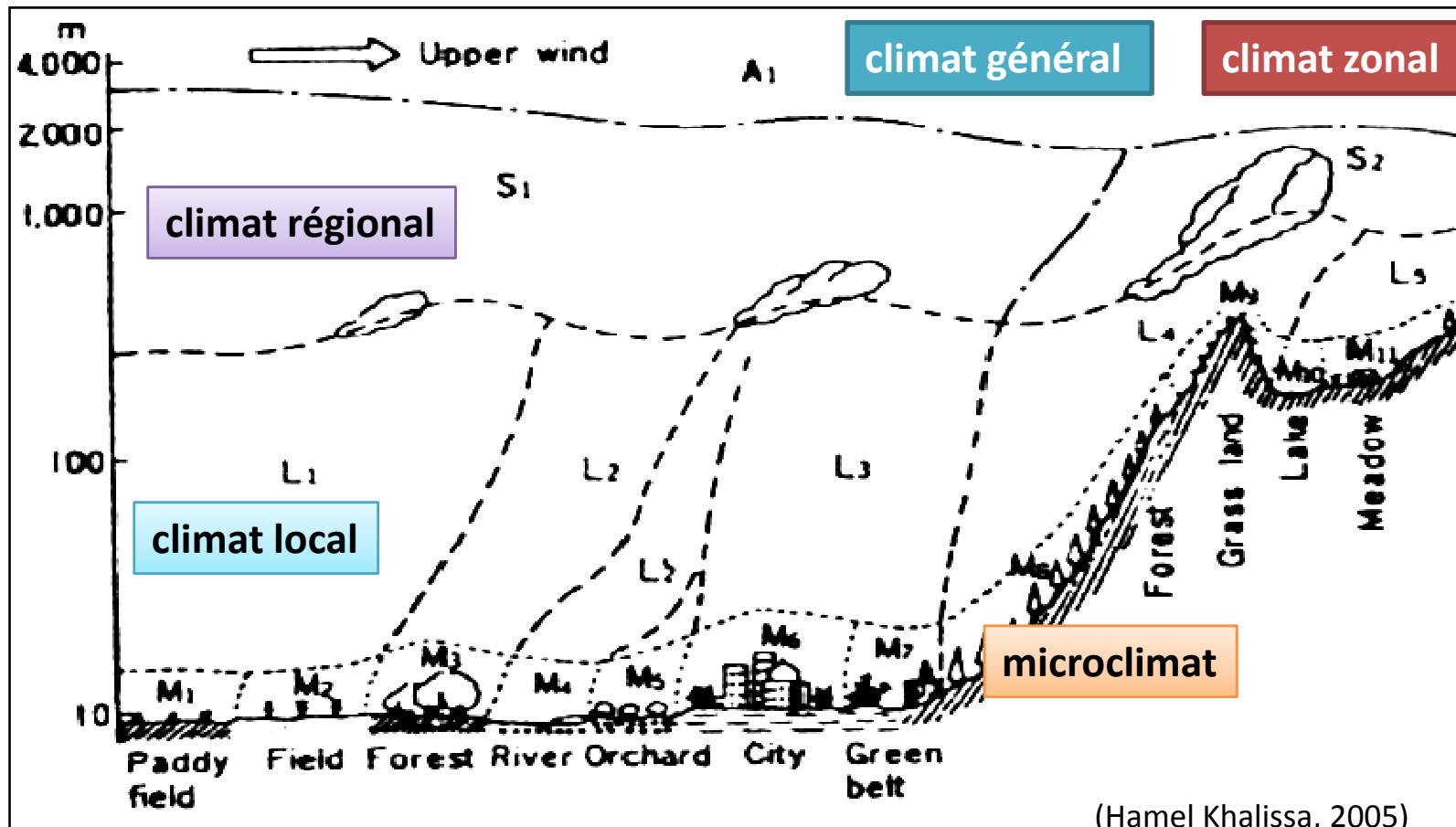
(Hamel Khalissa, 2005)



## Introduction

### 2. Échelles climatiques :

Le climat se manifeste à plusieurs échelles spatiales et à chacune d'elles apparaissent des problèmes particuliers. Les climatologues ont traduit par différentes échelles climatiques les différents niveaux de phénomènes (Encyclopédie UNIVERSALIS, 2003, CRDA, 1978) :





## Introduction

### 1.Échelles climatiques :

Le climat se manifeste à plusieurs échelles spatiales et à chacune d'elles apparaissent des problèmes particuliers. Les climatologues ont traduit par différentes échelles climatiques les différents niveaux de phénomènes (Encyclopédie UNIVERSALIS, 2003, CRDA, 1978) :

#### 1.Le climat zonal :

Les climats zonaux représentent l'échelle la plus grande. Au niveau de la planète, parmi la douzaine de facteurs climatiques, seuls la température et les précipitations sont utilisées pour la qualification des climats. On obtient ainsi des "domaines climatiques", correspondants à des types de climats.

#### 2. Le climat général (global) :

Les climats généraux sont déterminés par la latitude, leur position par rapport aux grandes masses marines et continentales et aux grands systèmes de courants atmosphériques. Chacune des grandes zones est occupée par deux ou trois grands climats généraux.



## Introduction

### 3. Le climat régional :

Les climats régionaux doivent leur existence aux caractères essentiels des climats généraux auxquels ils sont intégrés, à l'aspect de la circulation atmosphérique, et aussi aux grands caractères du relief (ex : montagne). Les ordres de grandeurs des valeurs des principaux paramètres climatiques (températures, ensoleillement, humidité, vent et précipitations) commencent à être significatifs et à caractériser concrètement un climat.

### 4. Les climats locaux :

Le passage du climat régional au climat local se fait à travers la bioclimatologie. Les climats locaux dépendent des climats régionaux dont ils font partie, des bilans radiatifs locaux et de mouvements de l'air à faible échelle spatiale. Ils sont sous la dépendance du relief, du couvert végétal, de la nature du sol. À titre d'exemples, un versant, une forêt, une ville...peuvent avoir un climat local particulier.

### 5. Les microclimats :

Ils peuvent varier en quelques mètres, et même à la limite, en quelques dizaines de centimètres. Ils sont sous la dépendance étroite de caractères très limités influençant le bilan radiatif, et de mouvement de l'air à très faible ampleur. Ainsi les deux étages de la forêt (le bois et les feuillages) n'ont pas le même microclimat. On peut dire autant pour le haut et le bas d'un versant, un parc à voitures en ciment et une rue étroite...etc.

(Hamel Khalissa, 2005)



## Introduction

Échelle du climat	Facteurs affectant le climat	Caractère dimensionnel		Caractère temporel
		Horizontal(km)	Vertical (km)	
Climat global	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Latitude</li> <li>▪ Altitude</li> <li>▪ Relation à la mer</li> </ul>	2000	3 à 10	1 à 6 mois
Climat régional	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Latitude/altitude</li> <li>▪ Situation continentale</li> <li>▪ Relation aux autres eaux</li> <li>▪ Reliefs</li> <li>▪ Relations aux régimes de vent majeurs (temps, côté sous le vent)</li> </ul>	500 à 1000	1 à 10	1 à 6 mois
Climat local	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Altitude relative</li> <li>▪ Relation aux eaux</li> <li>▪ Végétation</li> <li>▪ Développement/densité/trafic</li> </ul>	1 à 10	0.01 à 0.1	1 à 24h
Microclimat	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Topographie</li> <li>▪ Conditions des sols</li> <li>▪ Type de végétation</li> <li>▪ Formes des constructions</li> <li>▪ Types des eaux</li> </ul>	0.1	0.01	24h

**Étendue spatiale, temporelle et facteurs environnementaux définissant  
les différentes échelles du climat**

(Hamel Khalissa, 2005)



# 1. LE SOLEIL



## 1. Le soleil

La connaissance des mouvements et des positions du soleil pour un observateur terrestre, permet de mettre à jour les principales spécificités d'ensoleillement et de ressources solaires d'un site.

Ces données solaires:

1. fixent déjà un certain nombre de contraintes ou d'attitudes à adopter pour la **prise en compte des facteurs solaires dans le projet**.
2. Au delà, elles facilitent l'utilisation de techniques simples de **contrôle et d'évaluation de l'ensoleillement** des différentes composantes du bâtiment.

(source: <http://audience.cerma.archi.fr>)

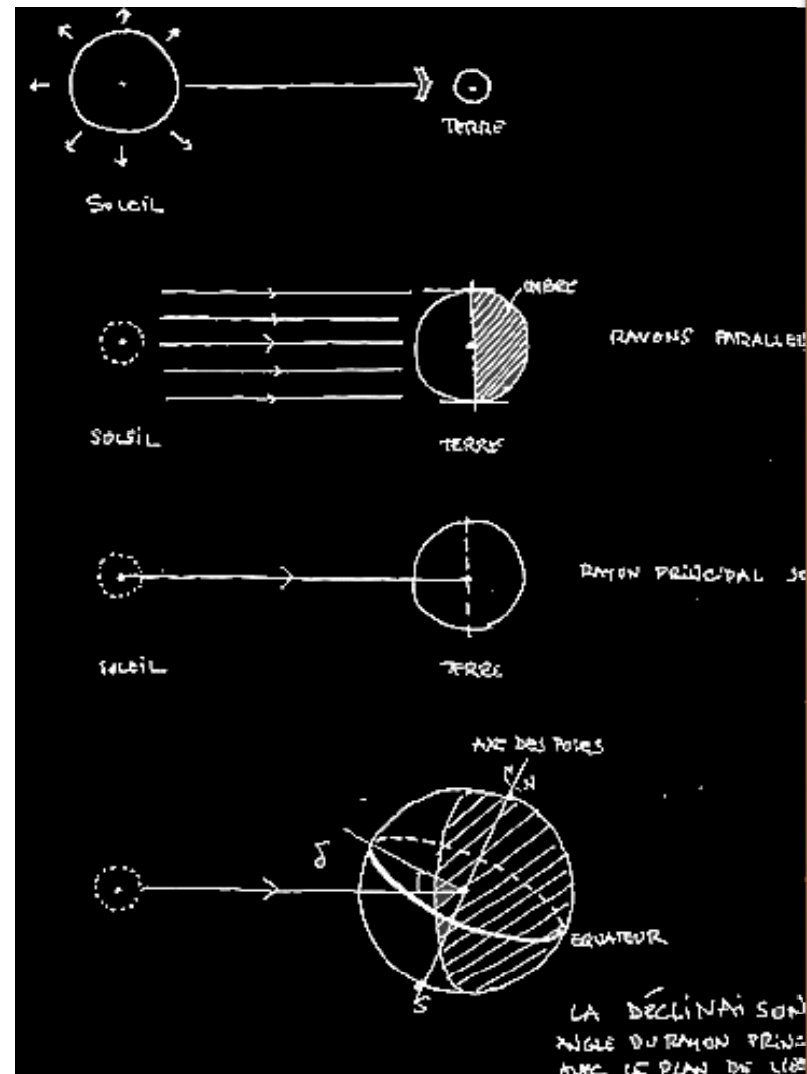




## 1. Le soleil

On peut considérer que le soleil, situé à quelques 150 millions de km de la terre, émet, comme une source lumineuse située à l'infini, des rayons solaires parallèles vers la terre. Le contour d'ombre produit sur la terre (approximée comme une sphère) est un grand cercle de celle-ci et sépare la terre en deux hémisphères, l'un exposé au soleil, l'autre à l'ombre. A la partie éclairée, correspond le jour, à la partie ombrée, la nuit.

Les rayons solaires parallèles, en raison du mouvement annuel de la terre par rapport au soleil, varient au cours de l'année. Leur inclinaison avec le plan de l'équateur terrestre est représentée par un angle, la déclinaison, positif ou négatif, suivant que le rayon principal frappe au dessus, vers l'hémisphère Nord, ou dessous vers l'hémisphère Sud. Ainsi, les zones géographiques terrestres sont soumises différemment, au cours de l'année, à l'ensoleillement.



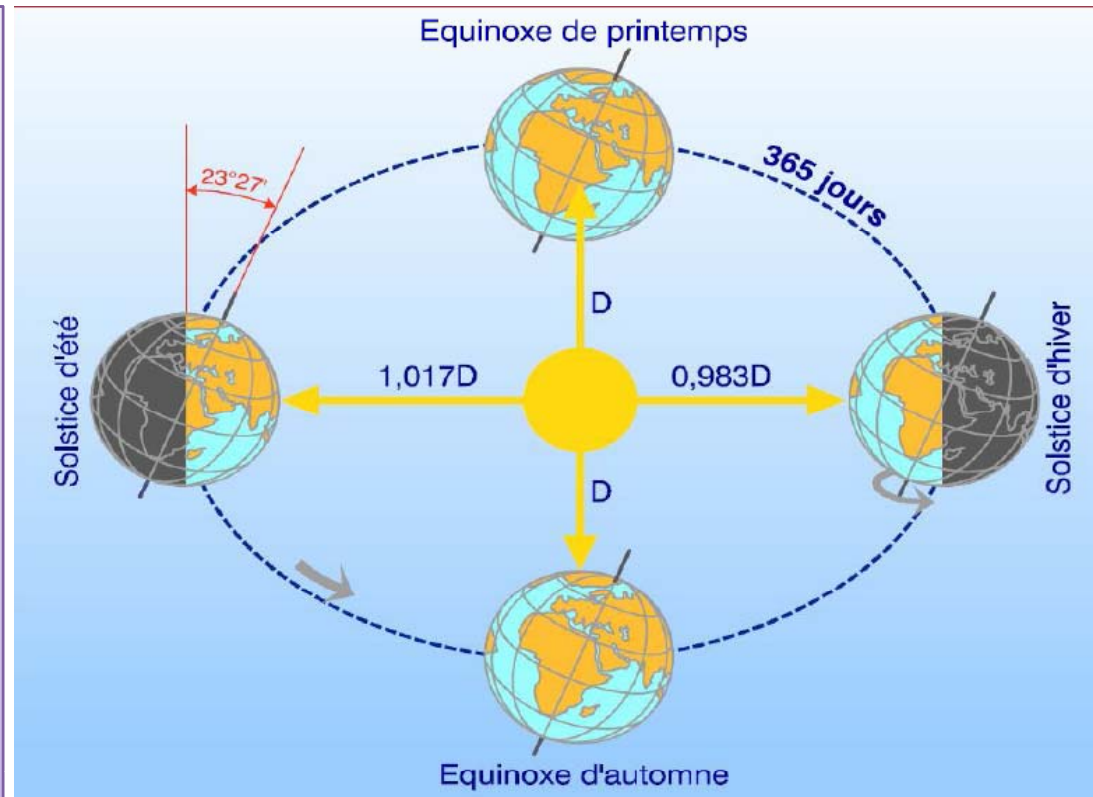
(source: <http://audience.cerma.archi.fr>)



## 1. Le soleil

### Le mouvement annuel de la terre autour du soleil

La valeur de la déclinaison est indépendante de la position de l'observateur sur la terre. Elle ne dépend que du temps saisonnier, qui lui résulte seulement de la position de la terre par rapport au soleil. Elle est spécifique d'une date de l'année.



(source: LIÉBARD A. & DE HERDE A., 2005)

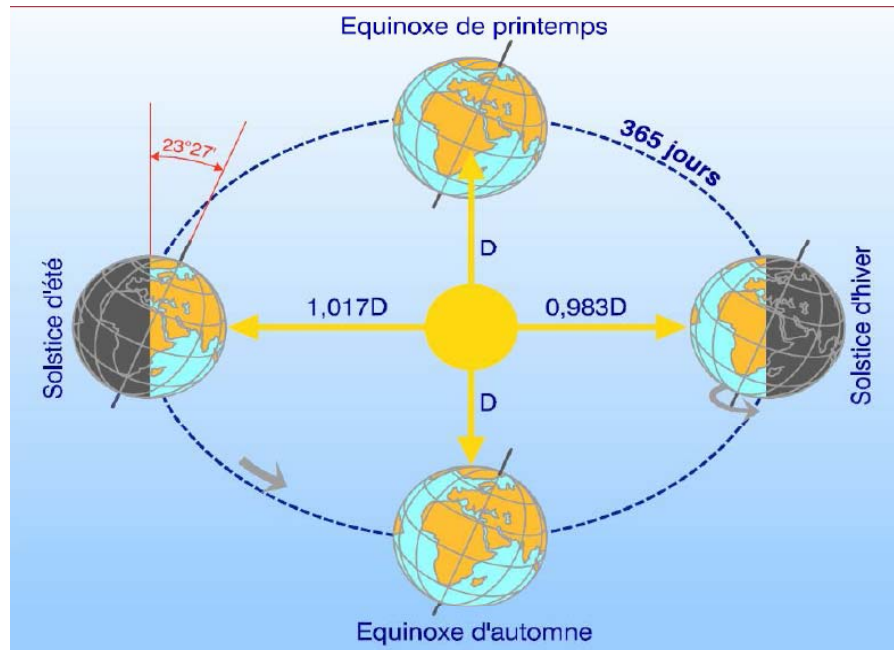
Sa variation peut donc s'appréhender en examinant le mouvement annuel de rotation de la terre autour du soleil.

(source: <http://audience.cerma.archi.fr>)

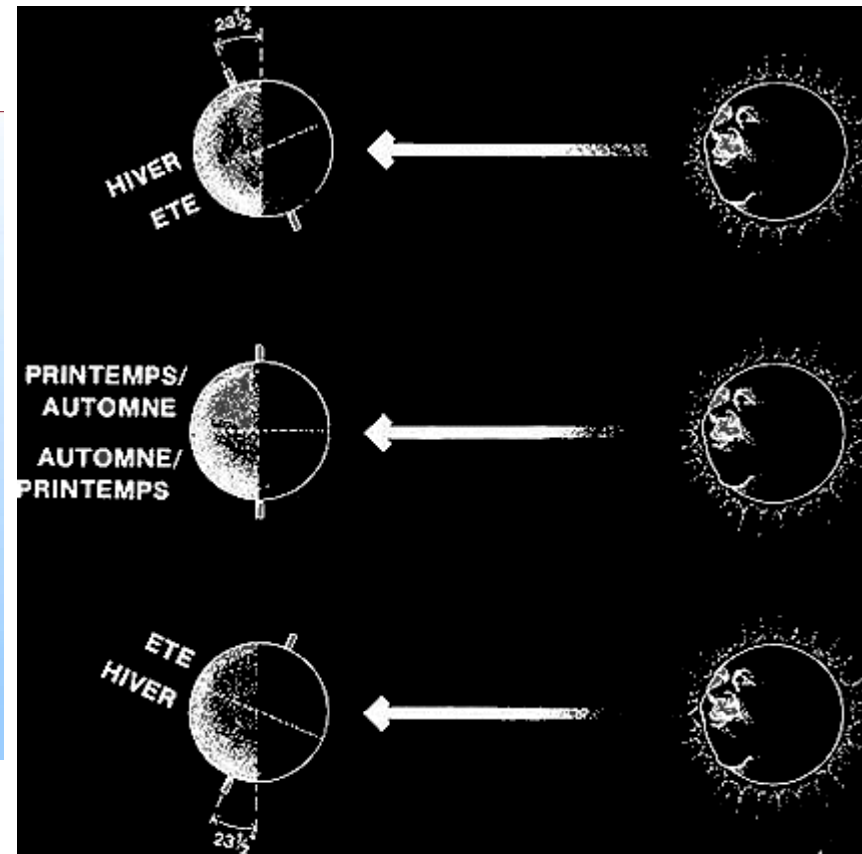


1. Le soleil

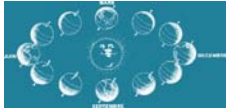
Le mouvement annuel de la terre autour du soleil



(source: LIÉBARD A. & DE HERDE A., 2005)

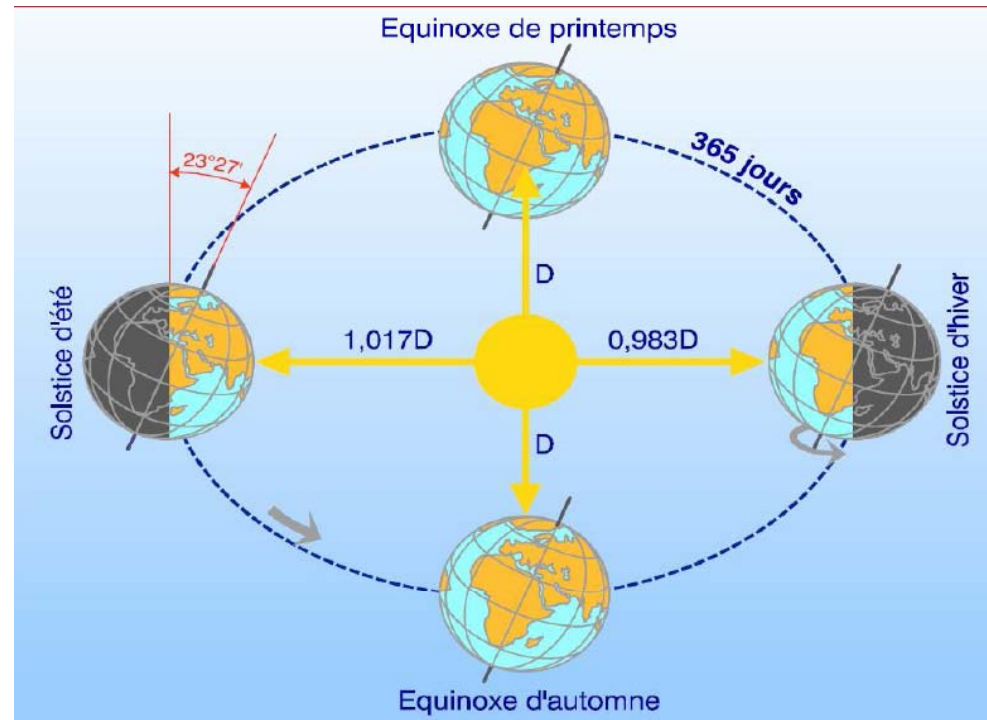


(source: <http://audience.cerma.archi.fr>)



## 1. Le soleil

### Le mouvement annuel de la terre autour du soleil

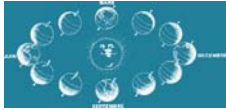


(source: LIÉBARD A. & DE HERDE A., 2005)

On peut considérer, avec quelques simplifications, que :

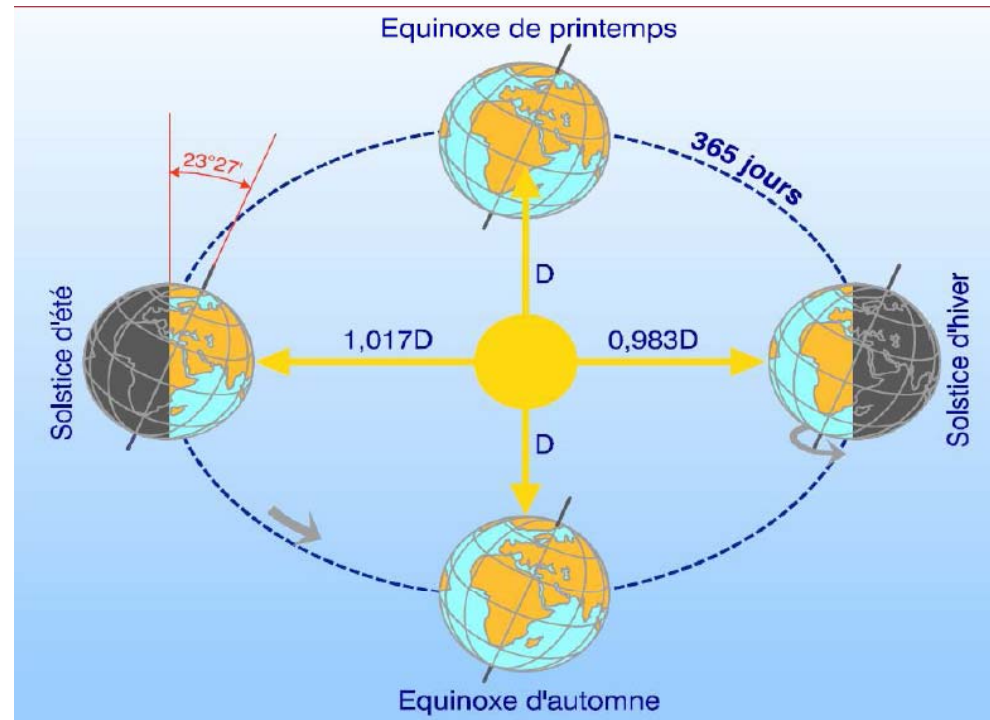
1. La **trajectoire** décrite par la terre autour du soleil est un **cercle**; la trajectoire est en fait elliptique, le soleil occupant un des foyers de l'ellipse.

(source: <http://audience.cerma.archi.fr>)



## 1. Le soleil

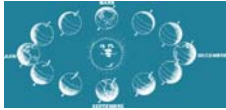
### Le mouvement annuel de la terre autour du soleil



(source: LIÉBARD A. & DE HERDE A., 2005)

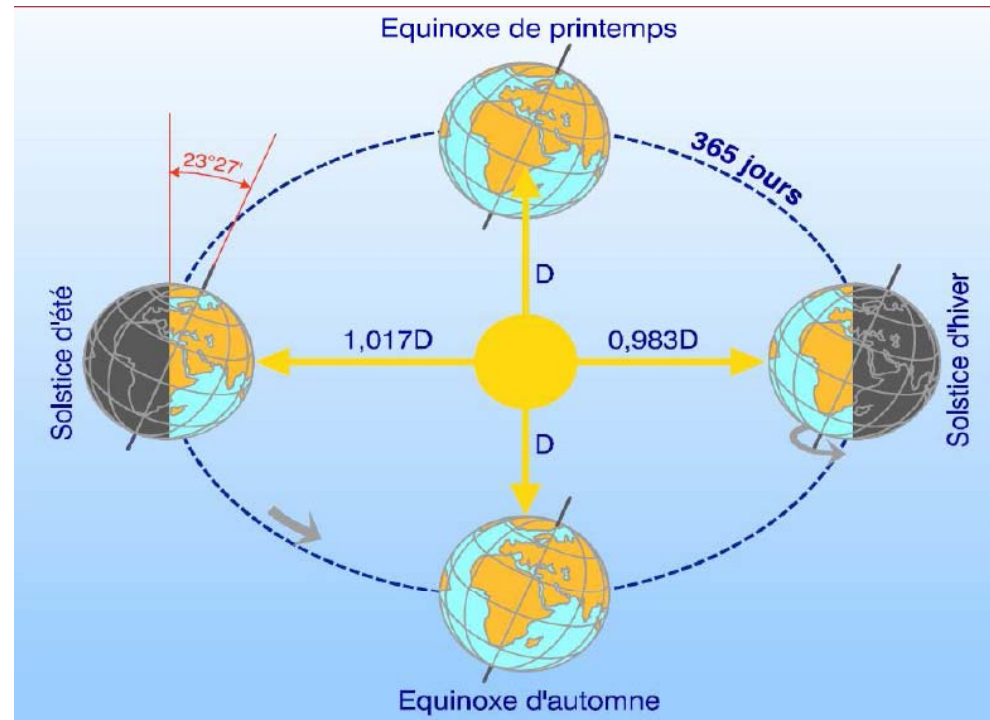
2. Le mouvement de la terre sur sa trajectoire est uniforme, la terre se déplaçant à **vitesse constante**.

(source: <http://audience.cerma.archi.fr>)



## 1. Le soleil

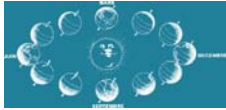
### Le mouvement annuel de la terre autour du soleil



(source: LIÉBARD A. & DE HERDE A., 2005)

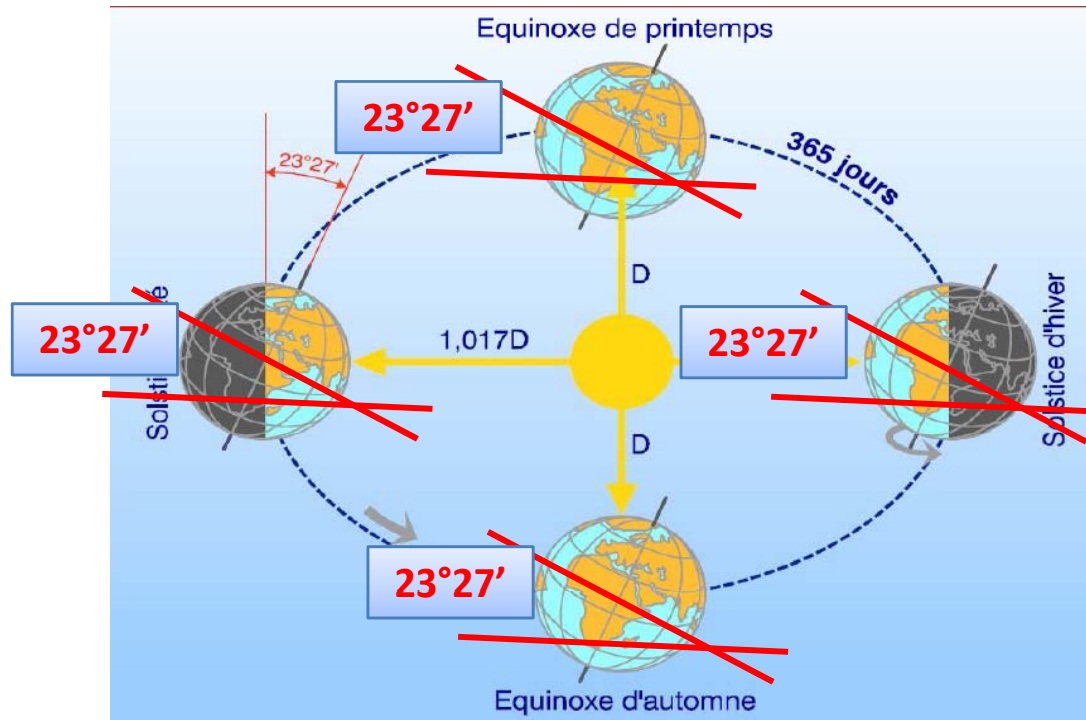
3. La durée du parcours est d'une année ; le déplacement de la terre sur sa trajectoire circulaire est donc d'environ **1° par jour** ( $360^\circ / 365\text{jours}$ ).

(source: <http://audience.cerma.archi.fr>)



## 1. Le soleil

### Le mouvement annuel de la terre autour du soleil



(source: LIÉBARD A. & DE HERDE A., 2005)

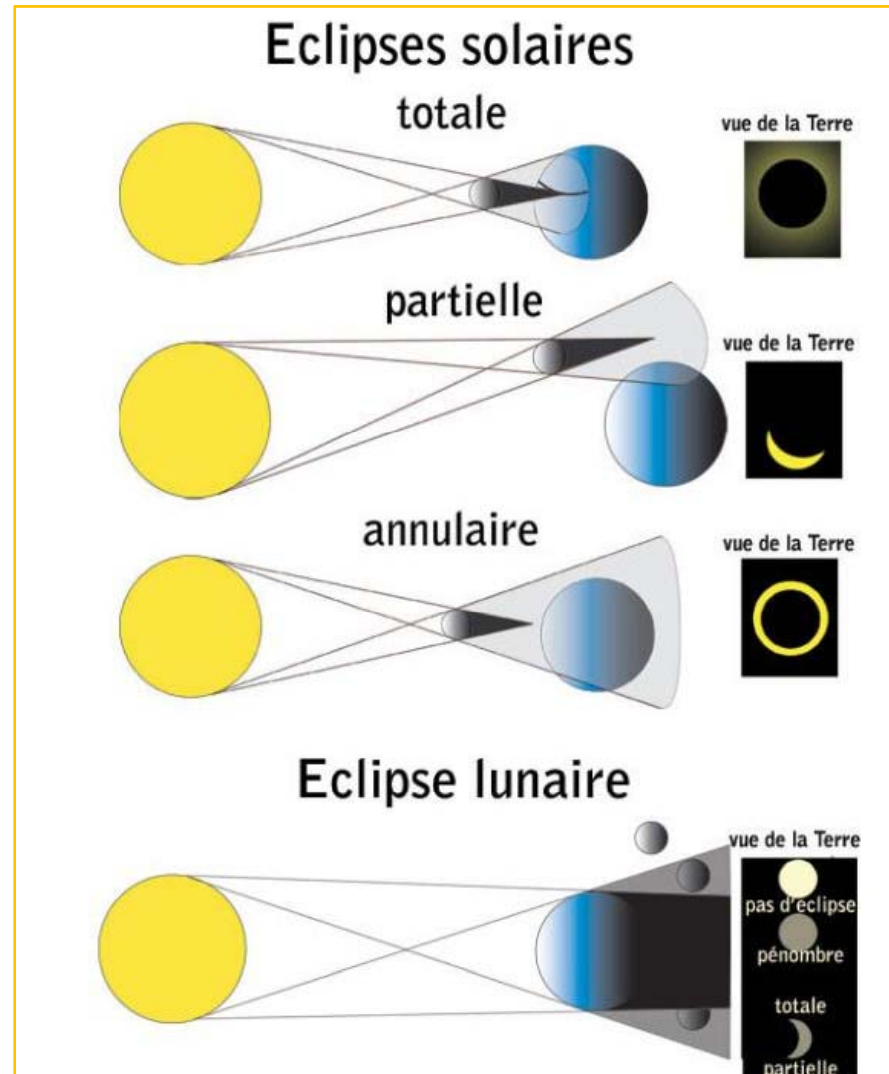
4. Le plan qui contient la trajectoire de la terre autour du soleil fait un angle de  $23^{\circ}27'$  avec le plan de l'équateur ; on l'appelle **l'écliptique**. C'est dans ce plan qu'un objet placé entre le soleil et la terre peut produire des éclipses.

(source: <http://audience.cerma.archi.fr>)



## 1. Le soleil

### Le mouvement annuel de la terre autour du soleil



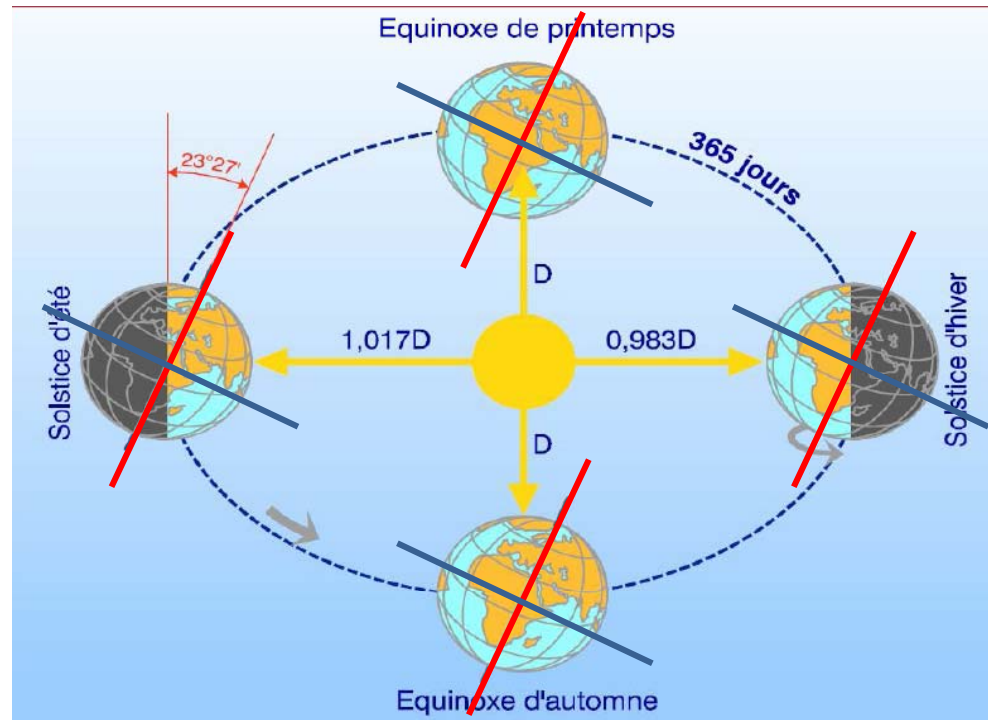
(Source: [http://media4.obspm.fr/public/AMC/pages\\_tps/impression.html](http://media4.obspm.fr/public/AMC/pages_tps/impression.html))





## 1. Le soleil

### Le mouvement annuel de la terre autour du soleil



(source: LIÉBARD A. & DE HERDE A., 2005)

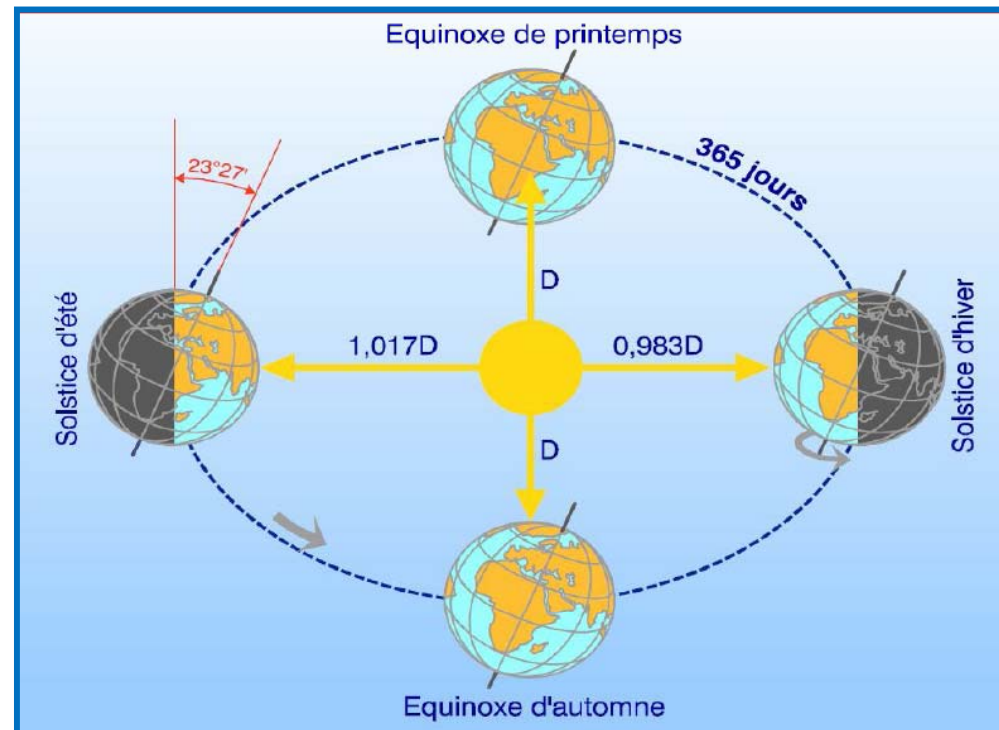
5. Lors de son déplacement, l'axe des pôles de la terre (perpendiculaire à l'équateur terrestre) reste parallèle à lui-même ; le mouvement annuel de la terre autour du soleil s'apparentant ainsi à un mouvement géométrique de translation s'effectuant sur une trajectoire circulaire.

(source: <http://audience.cerma.archi.fr>)



## 1. Le soleil

### Le mouvement annuel de la terre autour du soleil



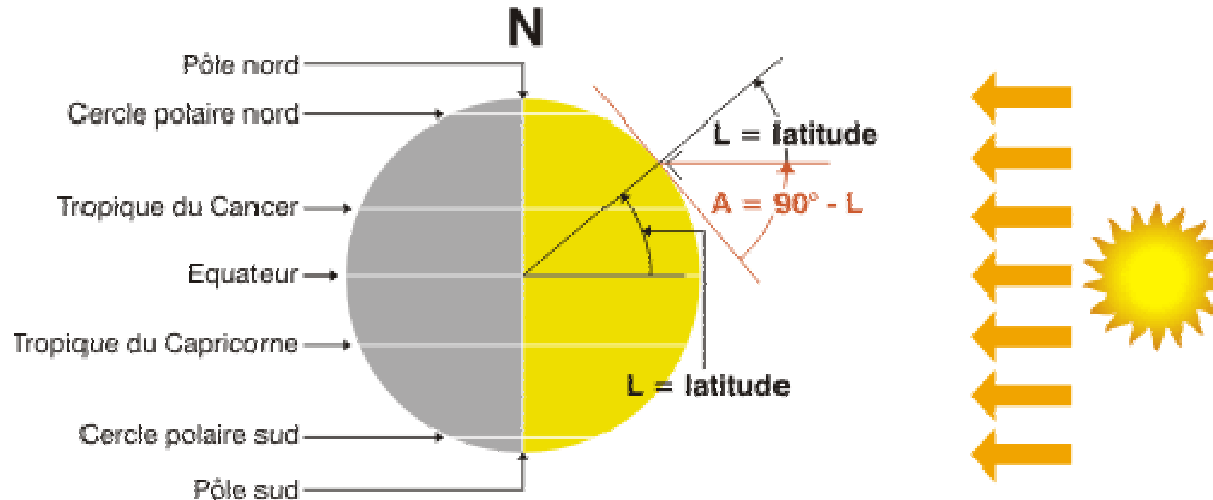
(source: LIÉBARD A. & DE HERDE A., 2005)

L'examen des propriétés géométriques du mouvement de la terre autour du soleil dans le plan de l'écliptique permet de déterminer que la déclinaison varie au cours de l'année, de  $-23^{\circ}27'$  à  $+23^{\circ}27'$  et que ses variations décrivent une sinusoïde. Le sens des variations de la déclinaison peut être appréhendée au travers des 4 positions clés suivantes, elle correspondent respectivement :

(source: <http://audience.cerma.archi.fr>)



## 1. Le soleil



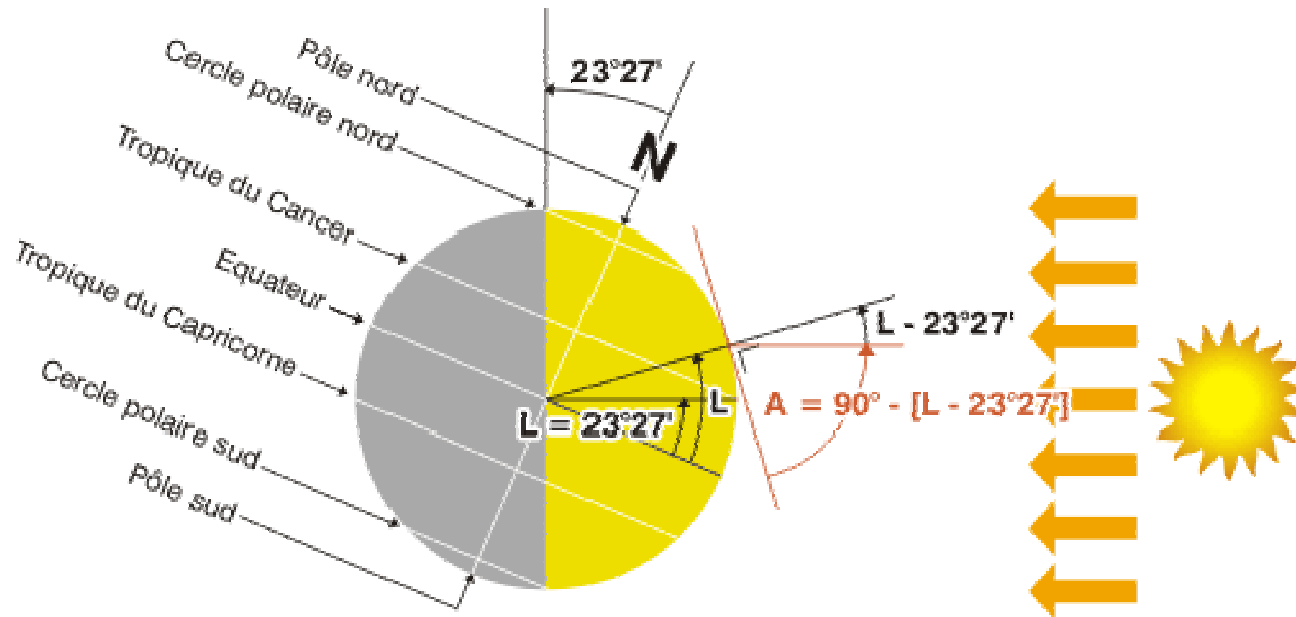
**Aux équinoxes de printemps et d'automne** (21 mars, 21 septembre), à midi, le rayonnement est perpendiculaire à l'équateur (latitude  $0^\circ$ ) et partout sur le globe, les jours et les nuits sont de durée égale. C'est à ce moment que la hauteur du Soleil à midi est la plus facile à calculer. En effet, sa hauteur est égale à l'angle complémentaire de la latitude.

$$H = 90^\circ - L$$

(Source: Energie+, 2012)



## 1. Le soleil



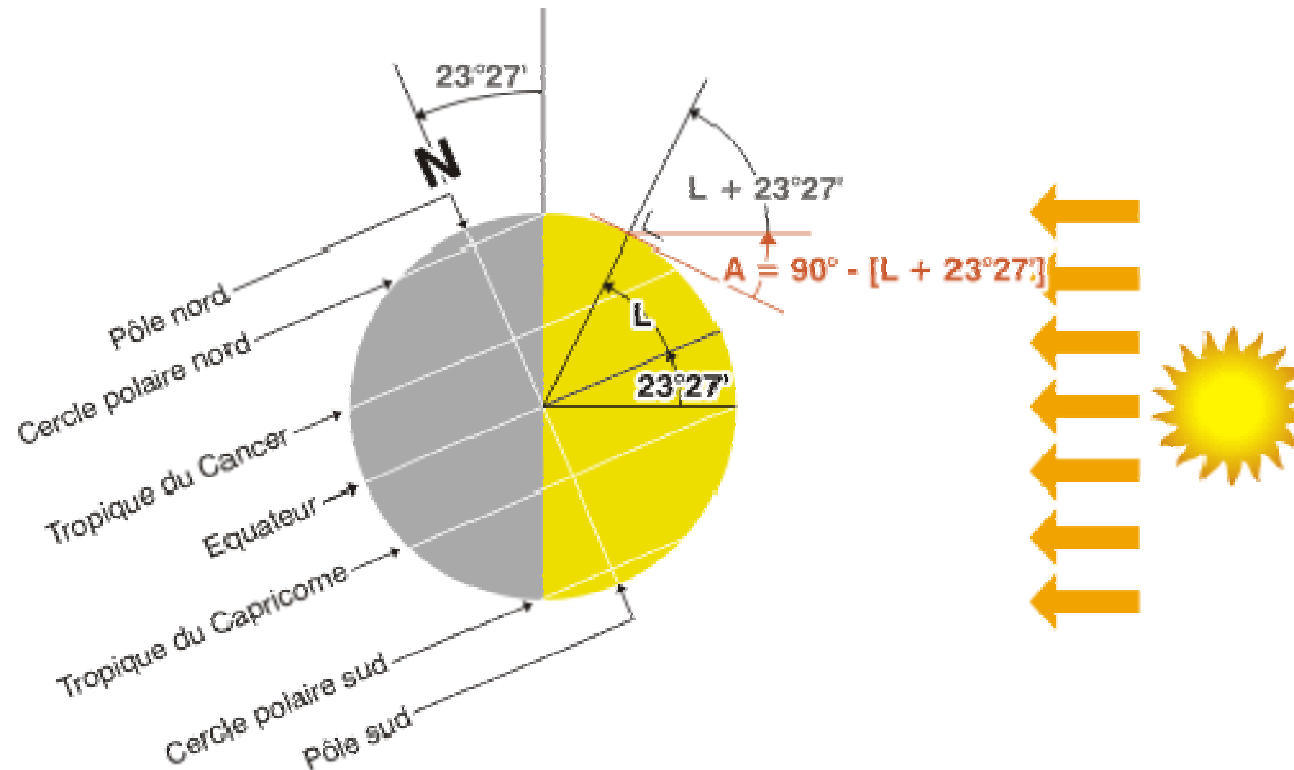
**Au solstice d'été** (21 juin), la terre est inclinée vers les rayons solaires et, à midi, ceux-ci sont perpendiculaires au tropique du cancer (latitude  $23^{\circ}27'$  N). Le Soleil ne se couche jamais dans les régions du globe situées à l'intérieur du cercle arctique (celui-ci se trouvant  $23^{\circ}27'$  au-dessous du pôle Nord). Une personne vivant à la latitude de  $66^{\circ}33'$  N ( $90^{\circ} - 23^{\circ}27'$ ) devrait veiller jusqu'à minuit pour voir le Soleil se promener aux alentours du nord, s'abaisser jusqu'à toucher l'horizon et commencer à s'élever de nouveau vers le secteur est du ciel. La hauteur du Soleil à midi (solaire) est de  $23^{\circ}27'$  supérieure à celle de l'équinoxe.

$$H = 90^{\circ} - L + 23^{\circ}27'$$

(Source: Energie+, 2012)



## 1. Le soleil



Au **solstice d'hiver** (22 décembre), l'angle d'inclinaison est inversé et c'est le tropique du capricorne (latitude  $23^{\circ}27'$  S) qui bénéficie d'un rayonnement perpendiculaire. La hauteur du Soleil à midi est de  $23^{\circ}27'$  inférieure à celle de l'équinoxe.

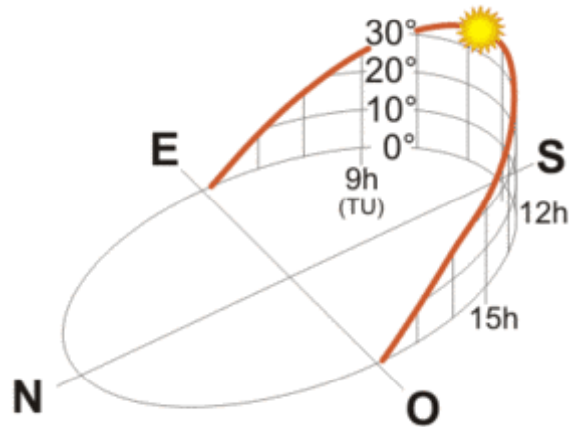
$$H = 90^{\circ} - L - 23^{\circ}27'$$

(Source: Energie+, 2012)

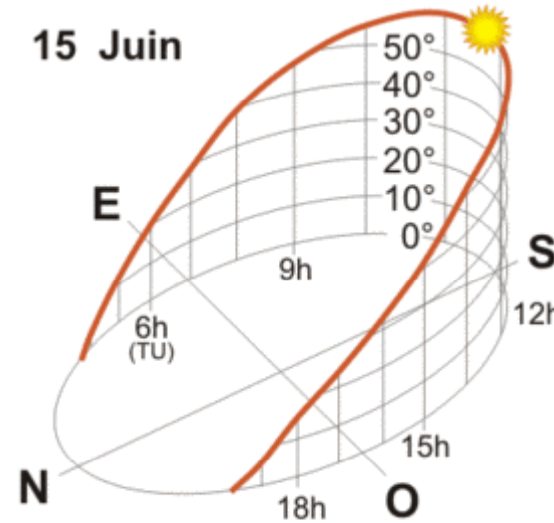


1. Le soleil

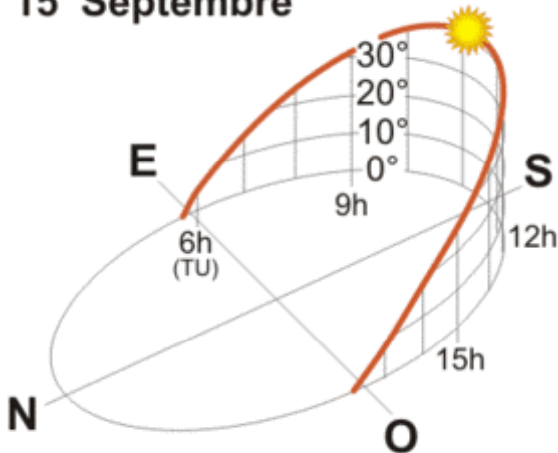
15 Mars



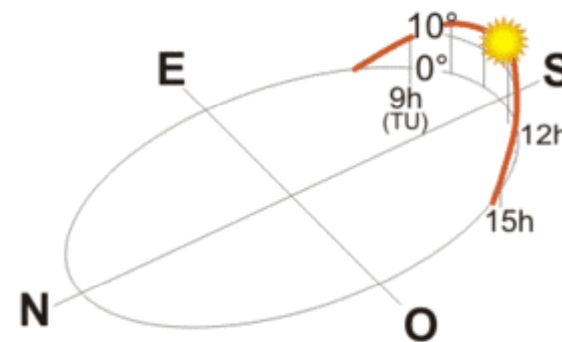
15 Juin



15 Septembre



15 Décembre



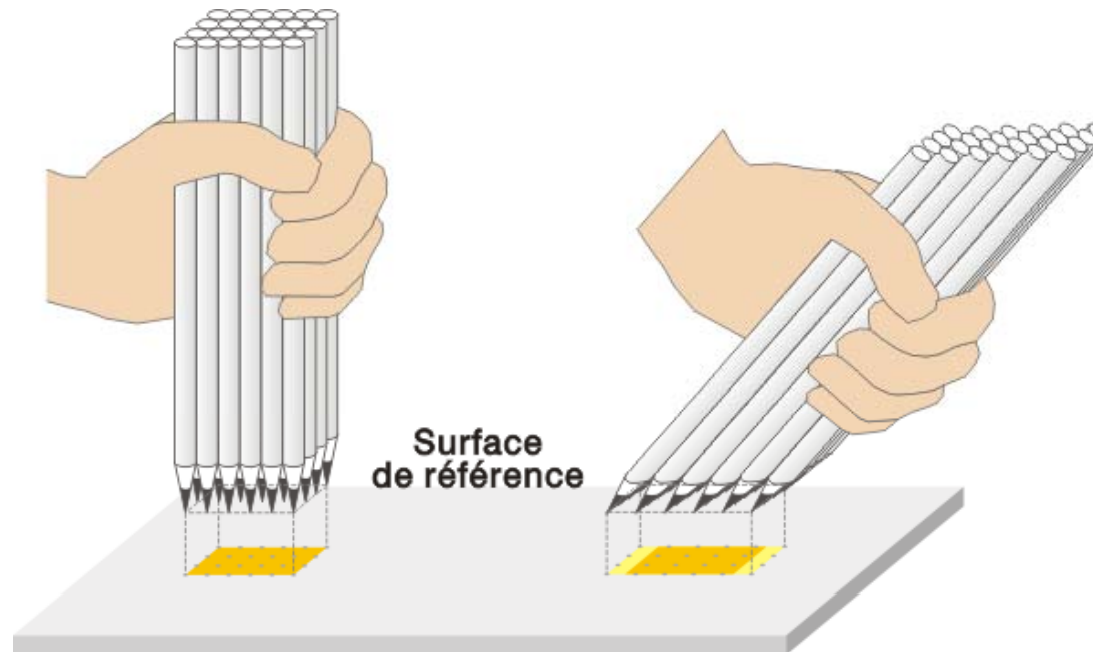
(Source: Energie+, 2012)



## 1. Le soleil

### L'irradiation solaire incidente

L'angle que font les rayons du Soleil avec une surface détermine la densité énergétique que reçoit cette surface. Puisque le rayonnement solaire arrive sur la Terre sous forme d'un faisceau parallèle, une surface perpendiculaire à ces rayons intercepte la densité maximale d'énergie. Et si l'on incline la surface à partir de cette position perpendiculaire, son éclairement diminue.



(Source: Energie+, 2012)

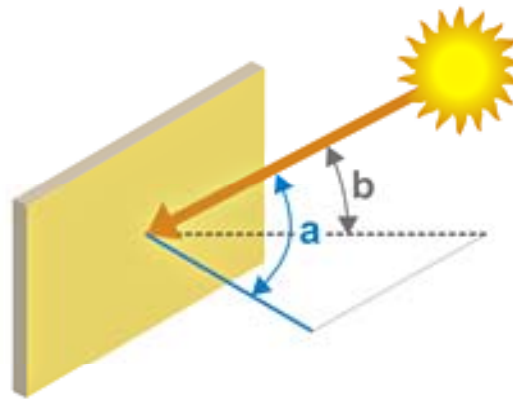


## 1. Le soleil

### L'irradiation solaire incidente

Pourcentage du rayonnement intercepté par une paroi en fonction de l'angle d'incidence

Angle d'incidence (degré)	Rayonnement intercepté (pourcentage)
0	100,0
5	99,6
10	98,5
15	96,5
20	94,0
25	90,6
30	86,6
35	81,9
40	76,6
45	70,7
50	64,3
55	57,4
60	50,0
65	42,3
70	34,2
75	25,8
80	17,4
85	8,7
90	0,0



**a** : angle d'incidence  
**b** : hauteur angulaire

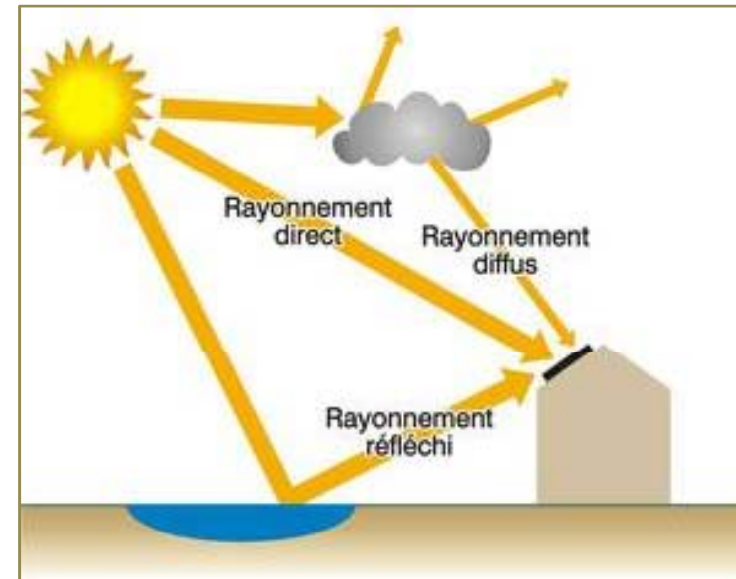
(Source: Energie+, 2012)





## L'irradiation solaire incidente

Le rayonnement total reçu sur une surface, appelé irradiation solaire incidente (ou encore éclairement énergétique global), est défini par la somme de trois composantes :



**L'irradiation directe**, provenant directement du Soleil. Cette composante s'annule si le Soleil est caché par des nuages ou par un obstacle.

**L'irradiation diffuse**, correspondant au rayonnement reçu de la voûte céleste, hors rayonnement direct. Cette énergie diffusée par l'atmosphère et dirigée vers la surface de la Terre, peut atteindre 50 % du rayonnement global reçu, lorsque le Soleil est bas sur l'horizon, et 100 % pour un ciel entièrement couvert.

**L'irradiation réfléchie**, correspondant au rayonnement réfléchi par l'environnement extérieur, en particulier le sol, dont le coefficient de réflexion est appelé "albedo".

(Source: Energie+, 2012)



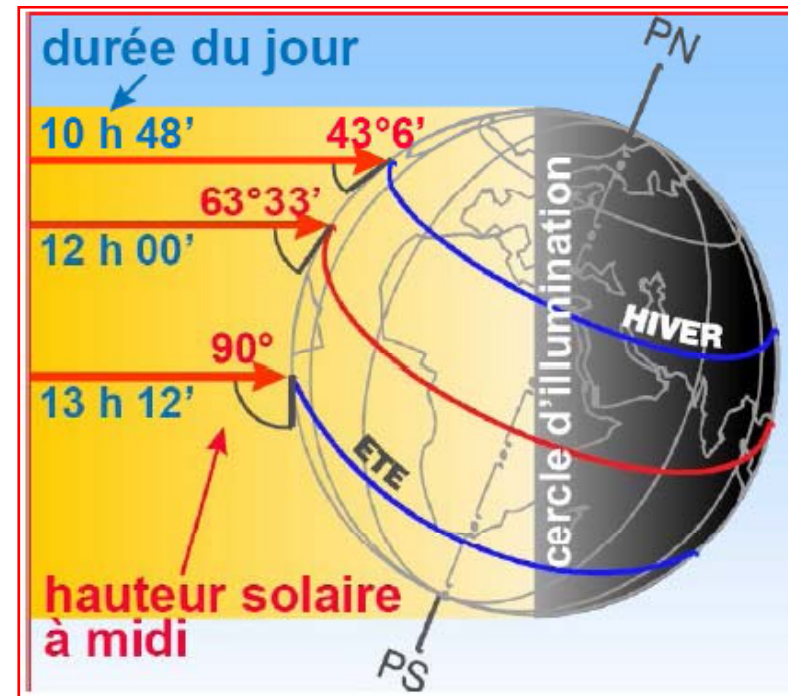
## 1. Le soleil

### Le mouvement diurne de la terre sur elle-même

Au cours d'une journée, la terre tourne autour d'elle-même présentant ainsi un secteur géographique différent face au soleil. Ce deuxième mouvement de rotation s'effectue :

- autour de l'axe des pôles ;
- dans un mouvement uniforme, donc à vitesse constante, d'Ouest en Est.
- en 24 heures.

A chaque heure, la rotation est donc de  $15^\circ$  ( $360^\circ / 24\text{heures}$ ).



(source: LIÉBARD A. & DE HERDE A., 2005)

Au cours de ce mouvement diurne, à une date donnée, un point A situé à la surface de la terre va donc successivement se trouver placer dans une situation particulière par rapport au soleil et voir son état d'éclairement modifié.

(source: <http://audience.cerma.archi.fr>)



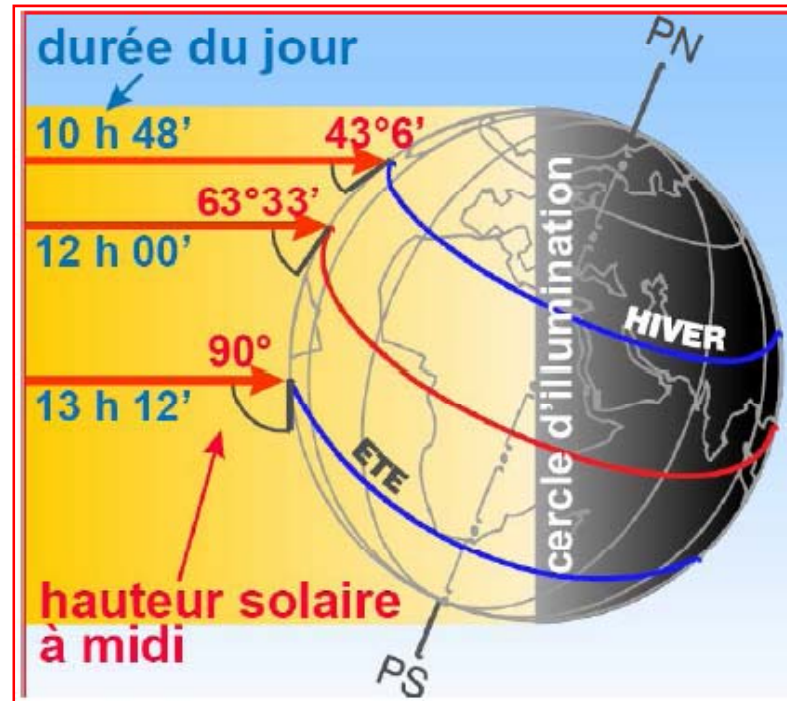
## 1. Le soleil

### Le mouvement diurne de la terre sur elle-même

Ainsi, il passera :

-d'un état limite entre l'ombre et la lumière, correspondant au lever du jour ; le point A appartient au contour d'ombre de la terre, le rayon solaire étant tangent au point A.

- à un état d'ensoleillement maximum lorsque le point A fera face au soleil (plus précisément lorsque le soleil sera dans le plan du méridien du lieu A, plan qui contient l'axe des pôles et le point A, et qui correspond au plan Nord-Sud du lieu) ; il est alors 12 Heures Solaires pour ce point ;



(source: LIÉBARD A. & DE HERDE A., 2005)

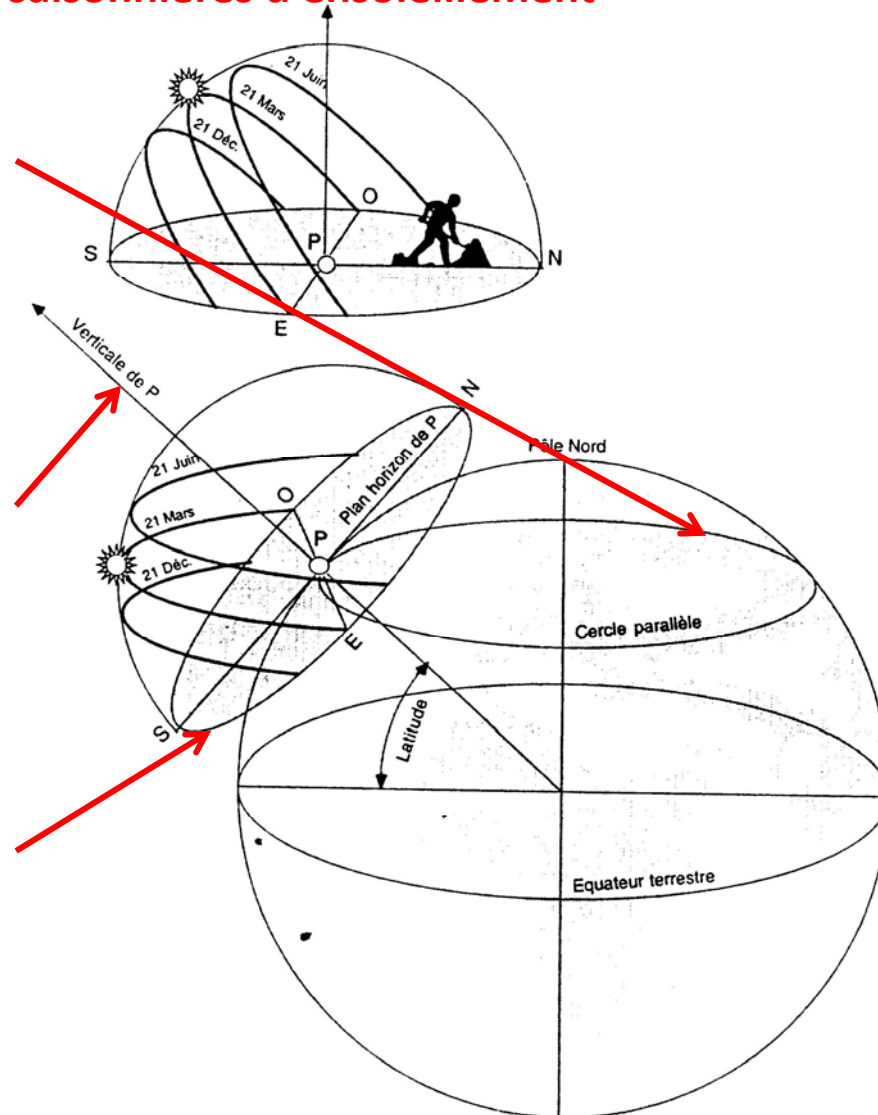
(source: <http://audience.cerma.archi.fr>)



## 1. Le soleil

### La latitude et les conditions saisonnières d'ensoleillement

- La position d'un lieu sur la terre est déterminée par **sa latitude**, angle entre la droite joignant le point considéré sur la terre et le centre de la terre avec le plan de l'équateur terrestre.
- Cette droite constitue la **verticale du lieu**. La latitude de l'équateur est  $0^\circ$ , celle des pôles  $90^\circ$ , respectivement Nord ou Sud.
- Le **plan horizontal du lieu** est tangent à la sphère terrestre et perpendiculaire à la verticale du lieu.



(source: <http://audience.cerma.archi.fr>)

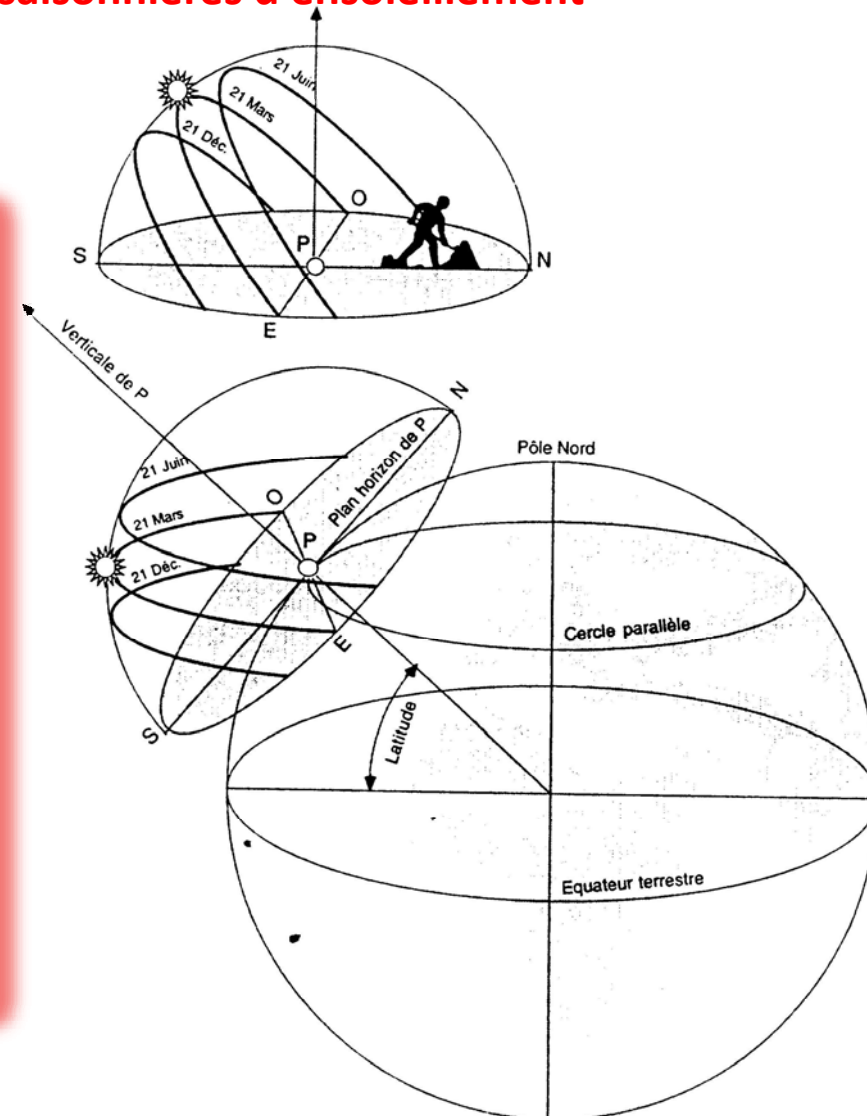
(source: Mazouz, sans date)



## 1. Le soleil

### La latitude et les conditions saisonnières d'ensoleillement

Selon le lieu, donc selon la latitude, les conditions d'ensoleillement sont différentes au cours de l'année. On peut, en chaque latitude, déterminer précisément ces conditions et obtenir les coordonnées terrestres du soleil correspondantes.



(source: <http://audience.cerma.archi.fr>)

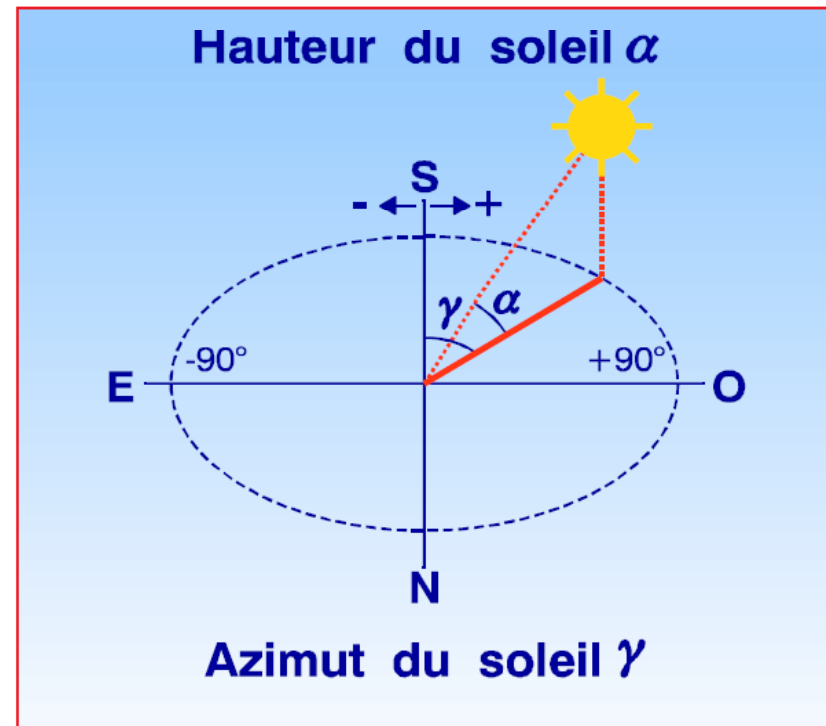
(source: Mazouz, sans date)



## 1. Le soleil

### Les coordonnées solaires

Afin de mieux maîtriser l'incidence du rayonnement solaire sur un bâtiment ou un site quelconque, en vue d'adopter une stratégie de gain (chauffage passif en hiver) ou de protection solaire (rafraîchissement par ombrage des surfaces l'été), la connaissance de la course du soleil dans le ciel devient une donnée incontournable.



Coordonnées solaires.

(source: LIÉBARD A. & DE HERDE A., 2005)

Pour ce faire, deux angles solaires nous permettent de localiser momentanément la position de l'astre à savoir, les angles horizontaux ou **azimuts et les angles verticaux** appelés **hauteurs**. La direction du rayonnement solaire devient ainsi connue.

(Source: Boutaba, 2009/2010)



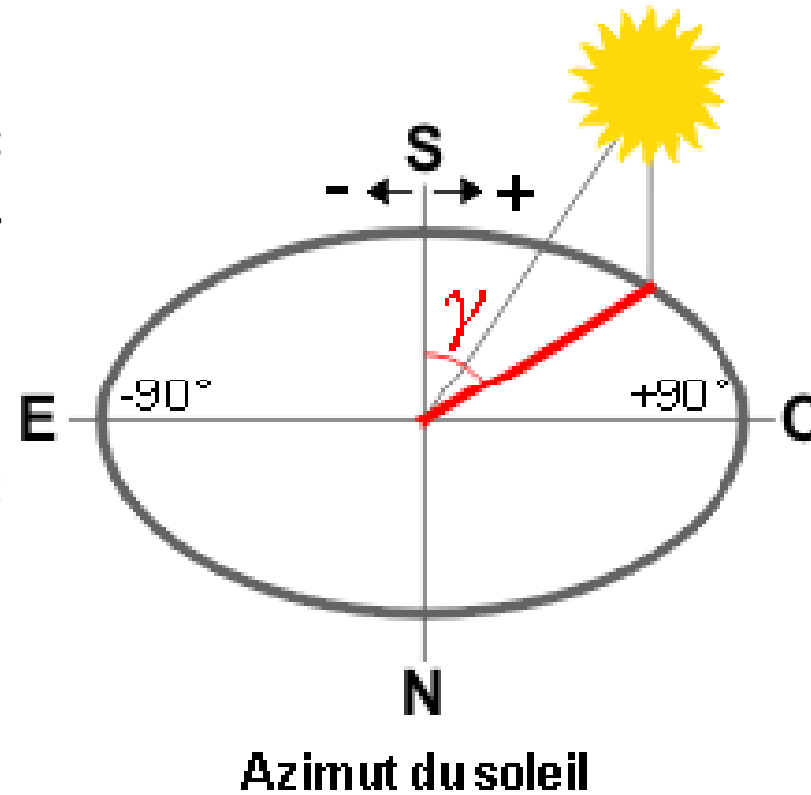
## 1. Le soleil

### Les coordonnées solaires

#### L'azimut solaire

L'azimut solaire " $\gamma$ " est l'angle produit entre le plan vertical passant à la fois par le soleil et par le lieu considéré, et le plan vertical Nord-Sud.

Cet angle vaut  $0^\circ$  au sud et conventionnellement s'ouvre positivement vers l'ouest et négativement vers l'est.



Azimut du soleil

(Source: Boutaba, 2009/2010)



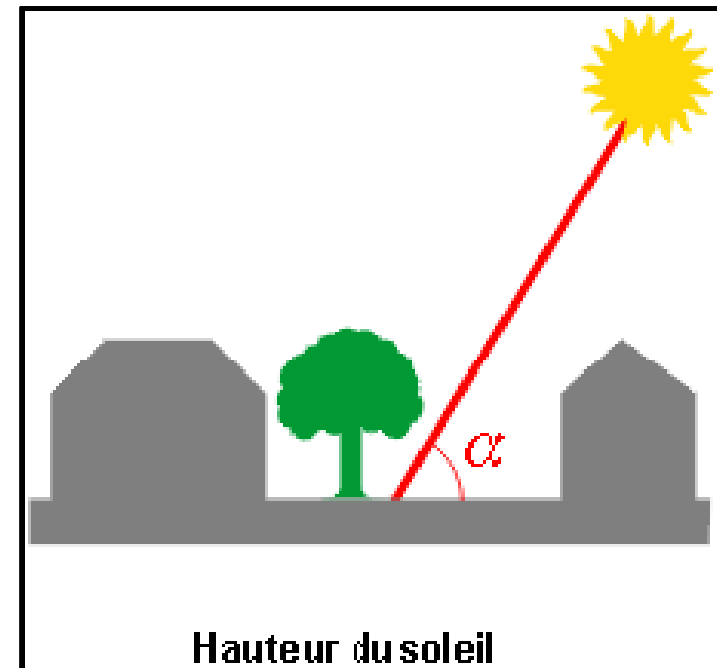
## 1. Le soleil

### Les coordonnées solaires

#### La hauteur angulaire

La hauteur " $\alpha$ " du soleil est l'angle formé par les rayons solaires et le plan horizontal.

De l'horizon vers la voûte céleste, elle est comprise entre  $0^\circ$  et  $90^\circ$ .



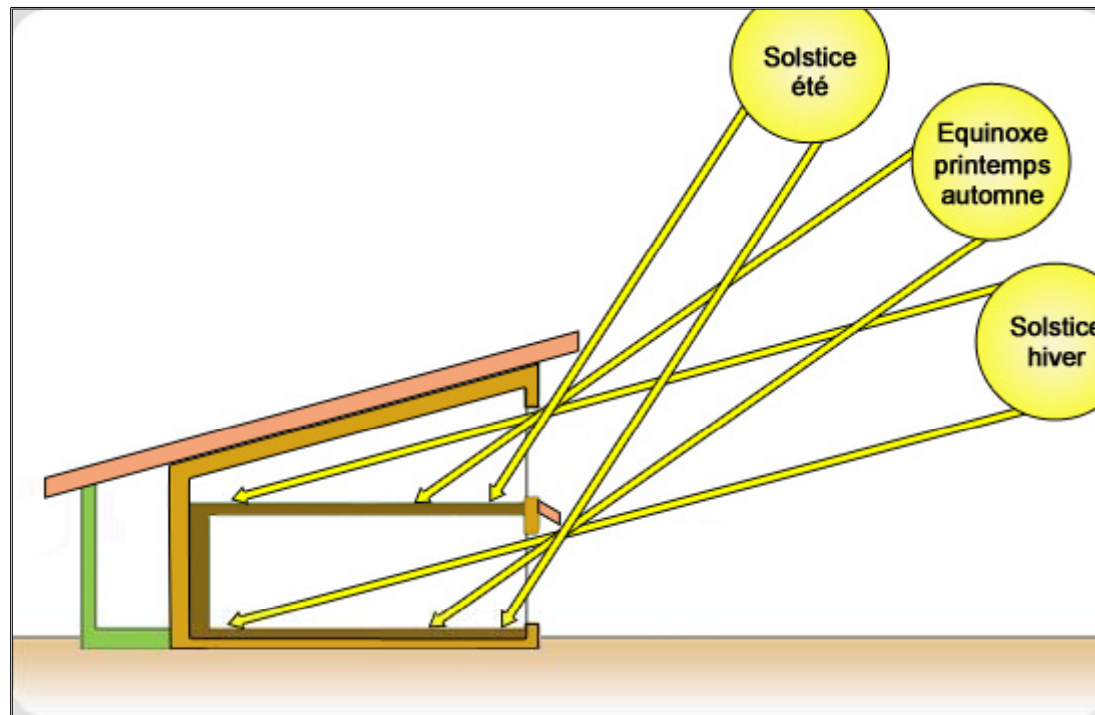




## 1. Le soleil

### Les coordonnées solaires

#### La hauteur angulaire



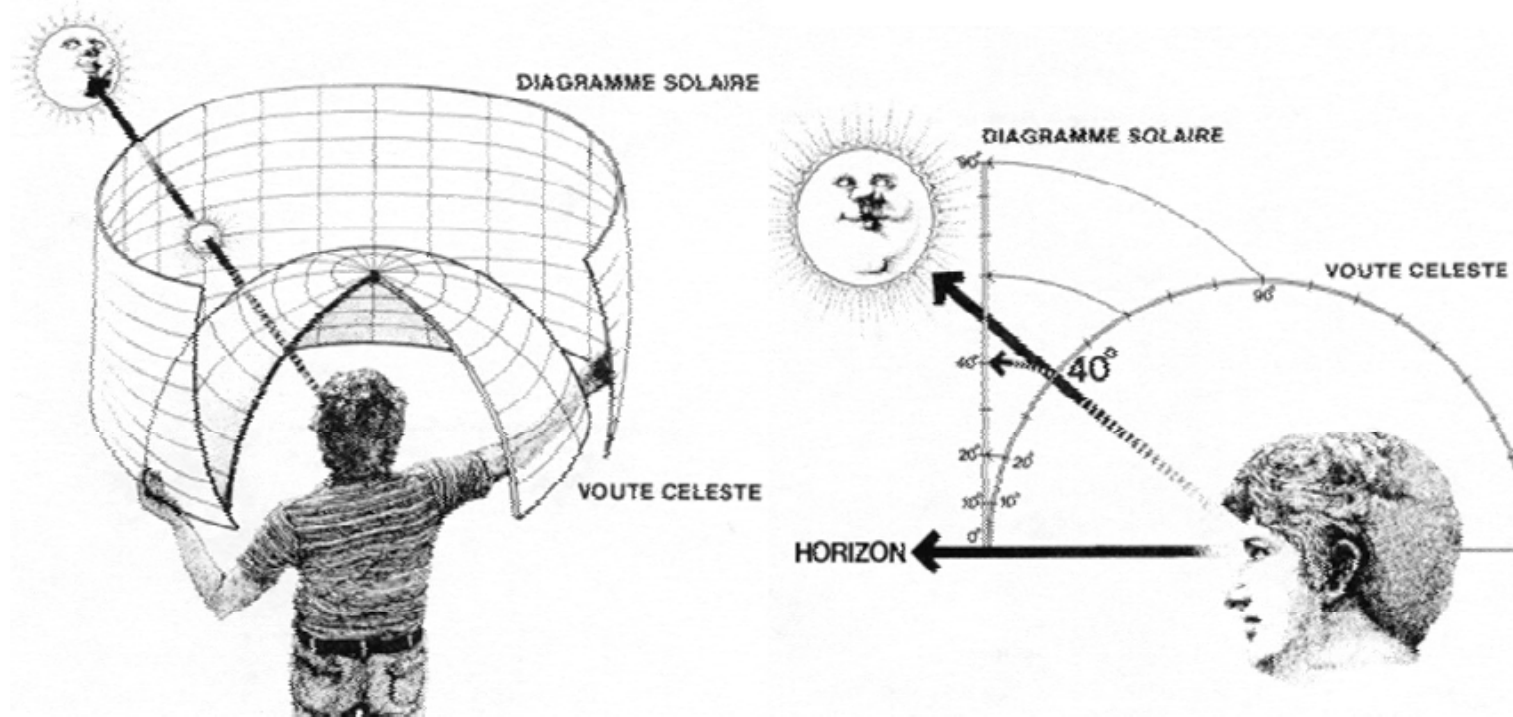
**La hauteur " $\alpha$ " du soleil dans les différentes saisons.**

(Source: <http://www.ecoloti.com/La-protection-solaire.html>)



## 1. Le soleil

### DIAGRAMMES SOLAIRES : PROJECTIONS SOLAIRES.



Le diagramme solaire est une représentation plane de la trajectoire du soleil vue depuis un point de la surface terrestre. C'est une observation de la course du soleil à travers le ciel.

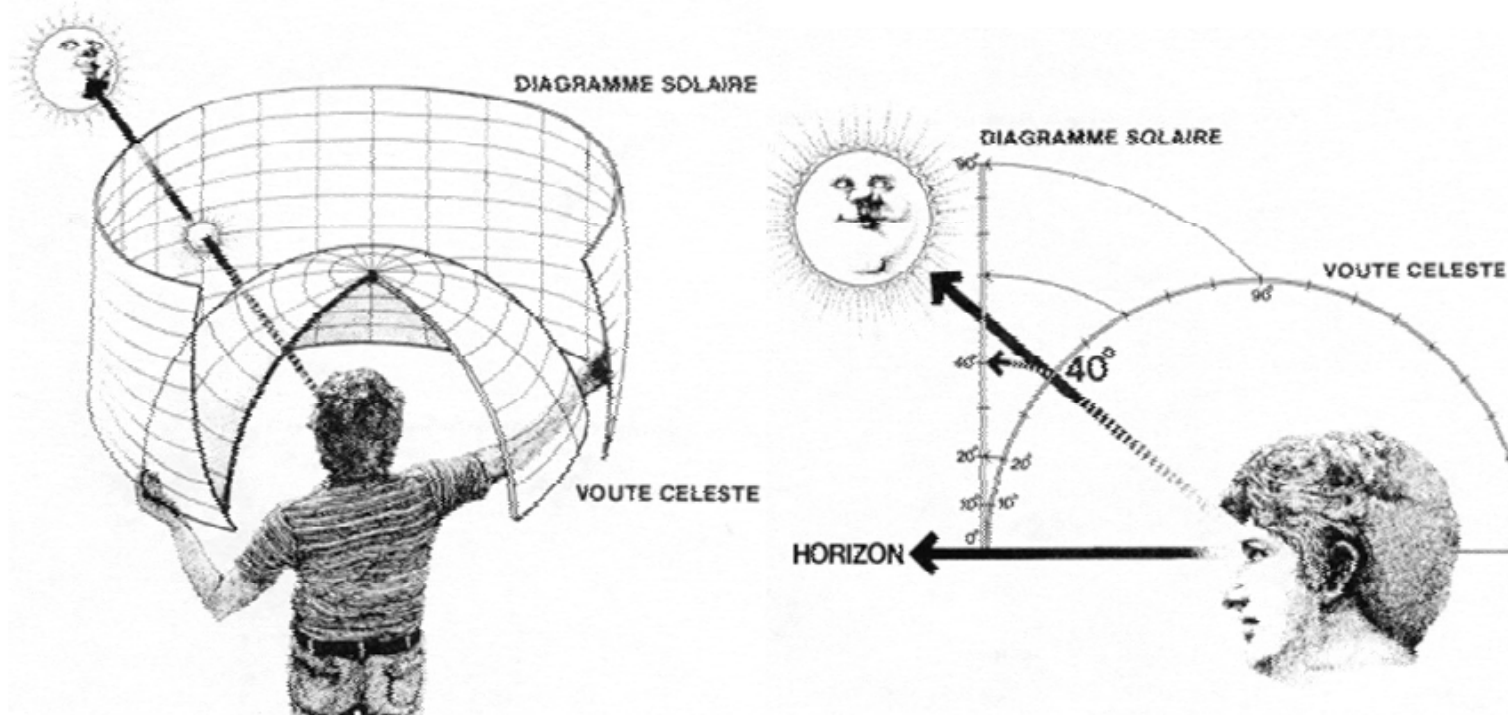
Pour représenter graphiquement ce déplacement solaire, il existe diverses projections angulaires dont **la projection sphérique** (équidistante, orthographique et stéréographique) à axe zénithal et **la projection cylindrique**.

(Source: Boutaba, 2009/2010)



## 1. Le soleil

### DIAGRAMMES SOLAIRES : PROJECTIONS SOLAIRES.

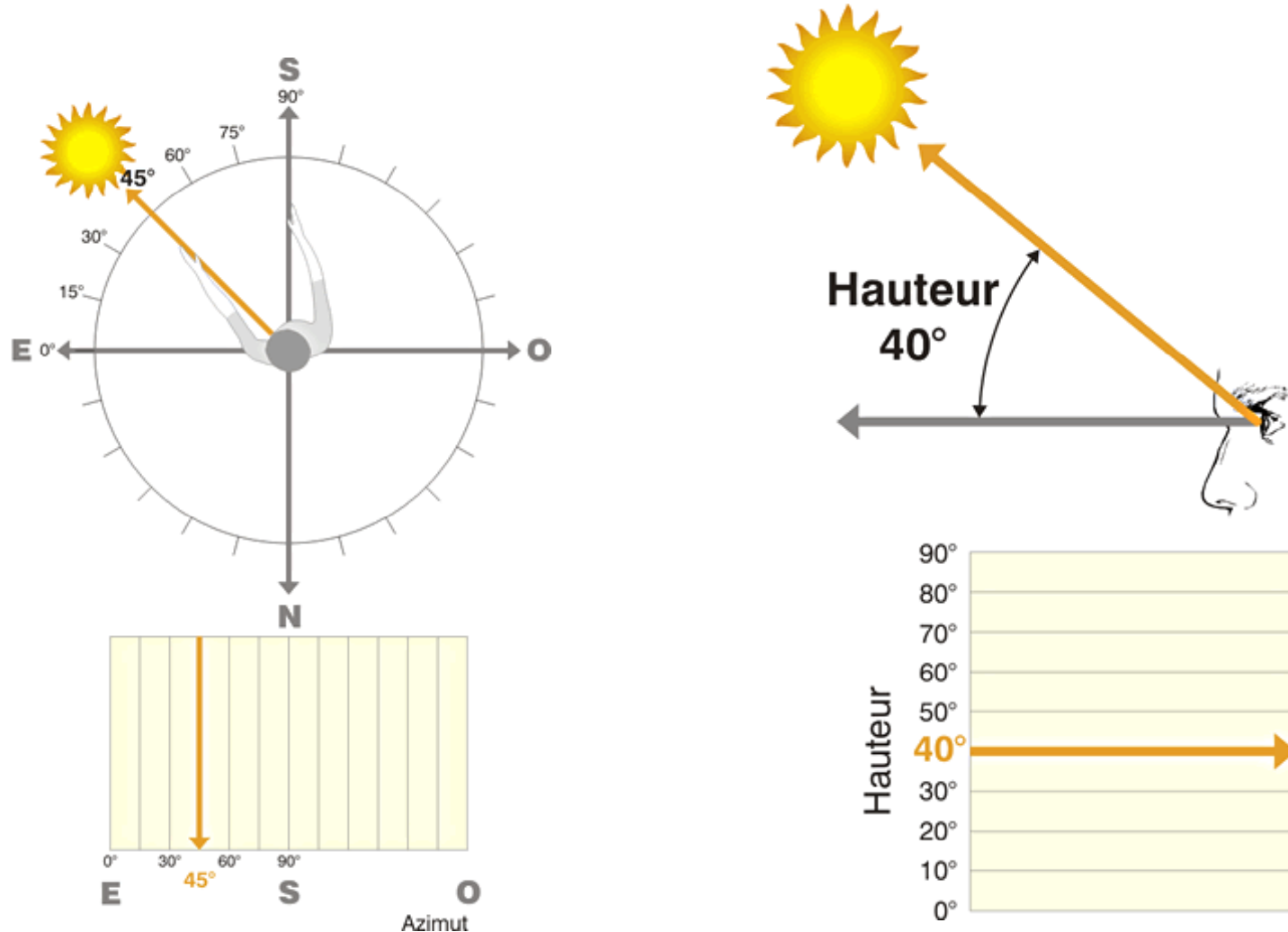


La voûte céleste est la partie visible du ciel dans toutes les directions au-dessus de l'horizon. Le quadrillage du diagramme solaire représente les angles horizontaux et verticaux des points de la voûte céleste. Tout se passe comme si l'observateur repérait l'azimut et la hauteur du soleil sur un hémisphère transparent au-dessus de lui et comme si, ensuite, il **étirait** cette **portion de sphère en cylindre vertical**.



# 1. Le soleil

## DIAGRAMMES SOLAIRES EN PROJECTION CYLINDRIQUE.

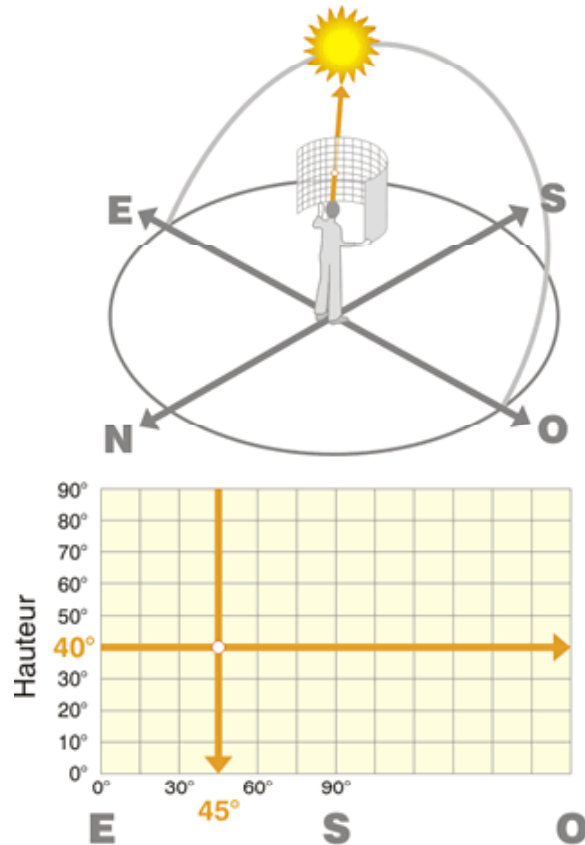


(Source: Energie+, 2012)

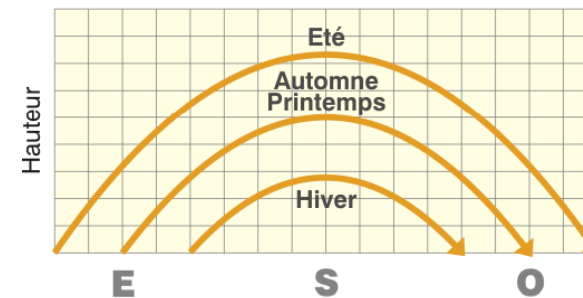
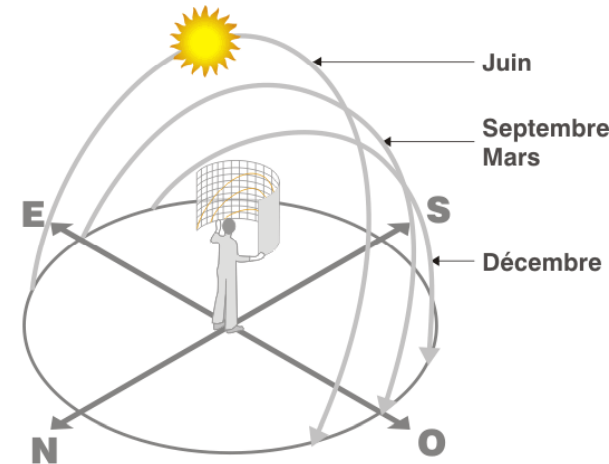


## 1. Le soleil

### DIAGRAMMES SOLAIRES EN PROJECTION CYLINDRIQUE.



Lorsque l'on connaît l'azimut et la hauteur solaire, on n'a aucune peine à situer la **position** du soleil dans le ciel.



En joignant les différentes localisations du soleil à divers moments de la journée, on obtient le tracé de la **course du soleil**.

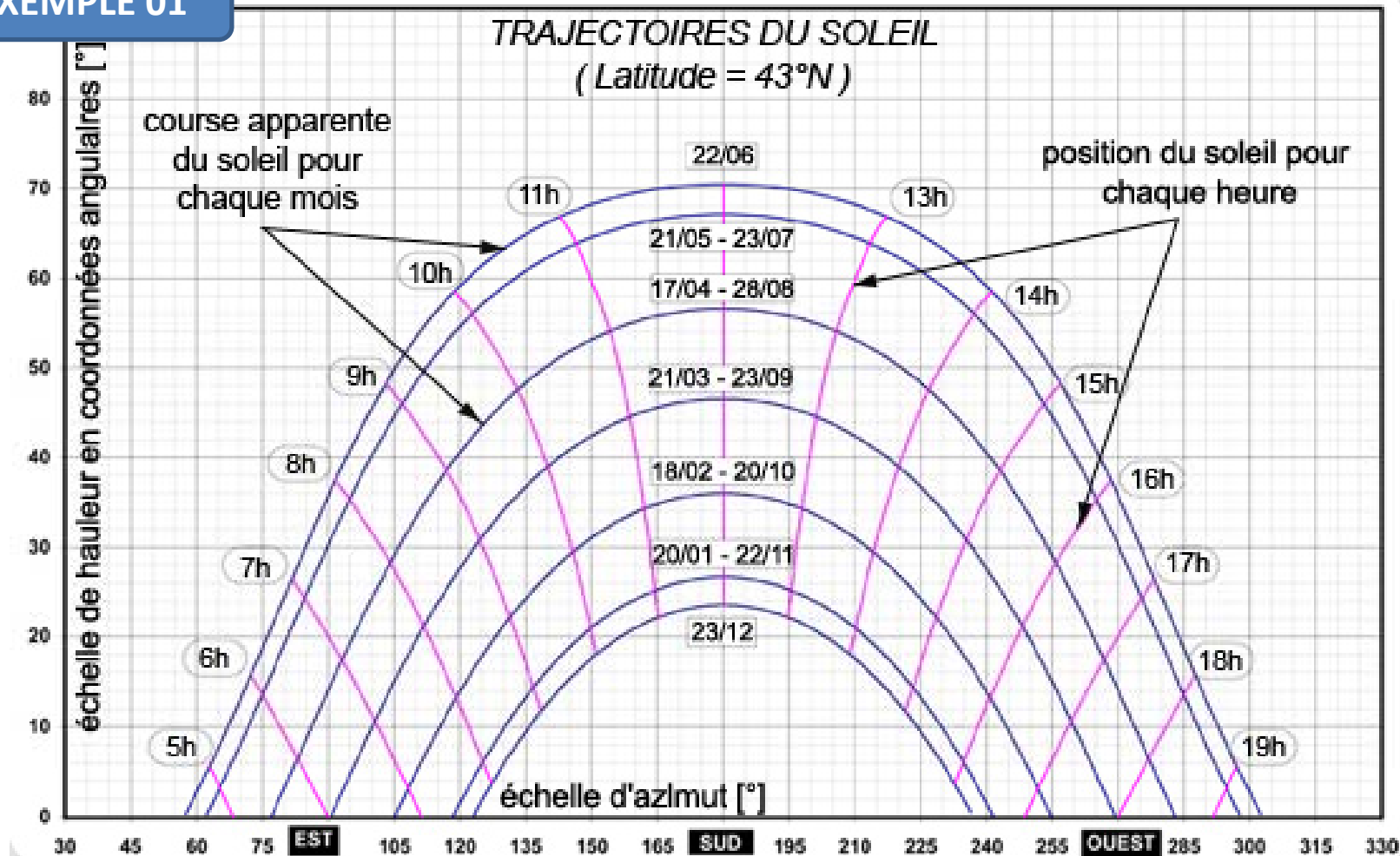
(Source: Energie+, 2012)



## 1. Le soleil

### DIAGRAMMES SOLAIRES : PROJECTIONS SOLAIRES.

#### EXEMPLE 01

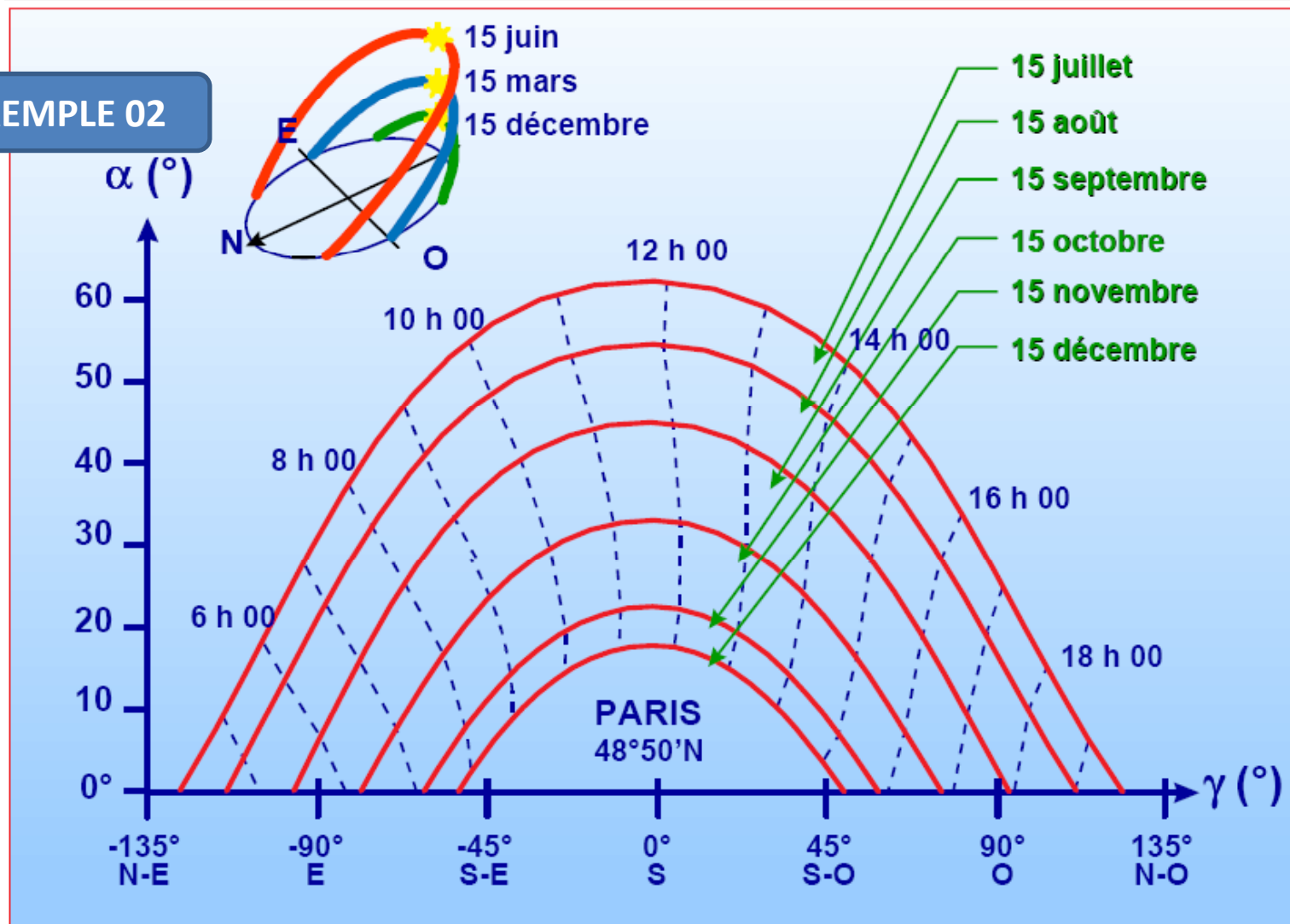


(Source: <http://www.ecoloti.com/La-protection-solaire.html>)



1. Le soleil

EXEMPLE 02



Courbes solaires en projection cylindrique (Paris).

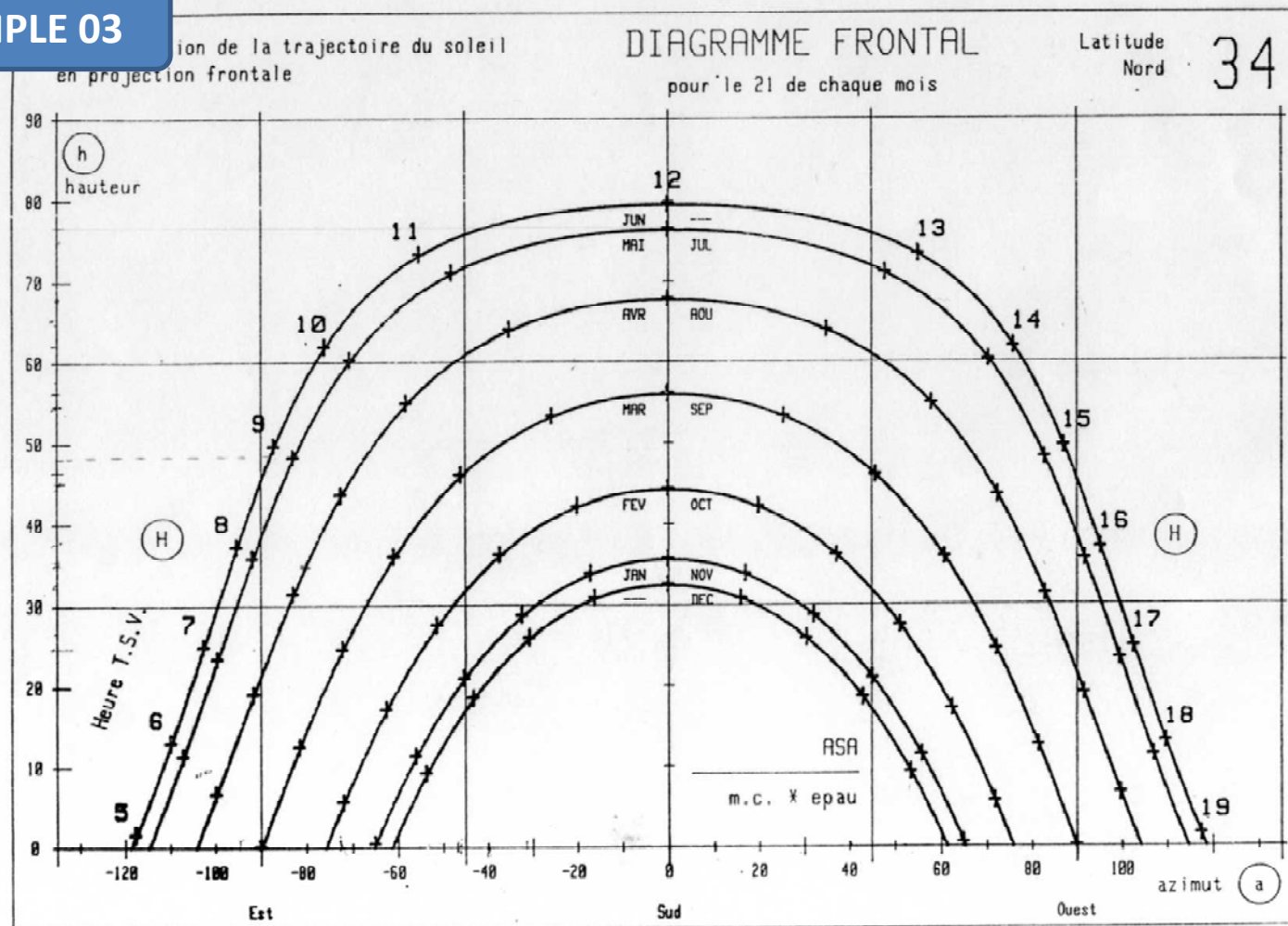
(source: LIÉBARD A. & DE HERDE A., 2005)



1. Le soleil

DIAGRAMMES SOLAIRES : PROJECTION CYLINDRIQUE.

EXEMPLE 03



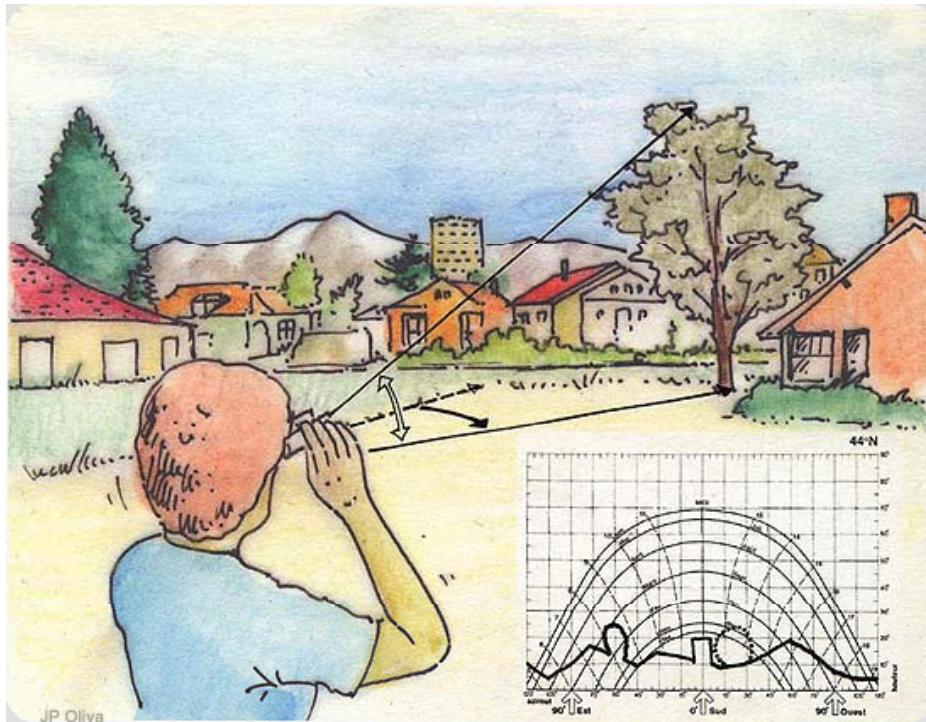
(Source: CAPDEROU, 1985)





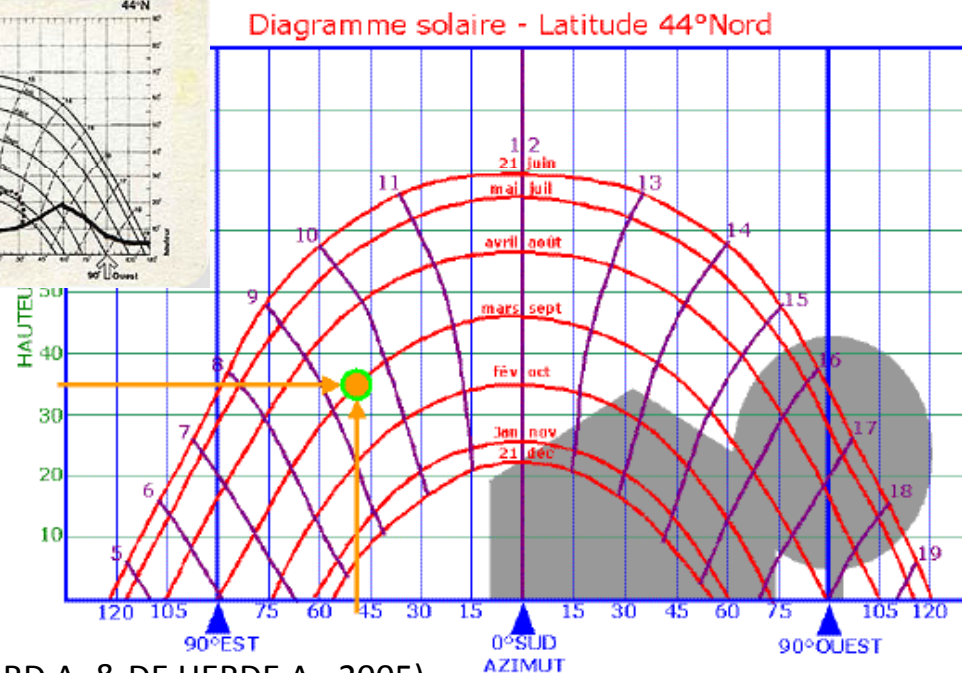
## 1. Le soleil

### DIAGRAMMES SOLAIRES : PROJECTION CYLINDRIQUE.



(Source: <http://www.ecoloti.com>)

Ce diagramme permet de reporter les masques solaires (maisons, arbres, colline...) d'un lieu précis.

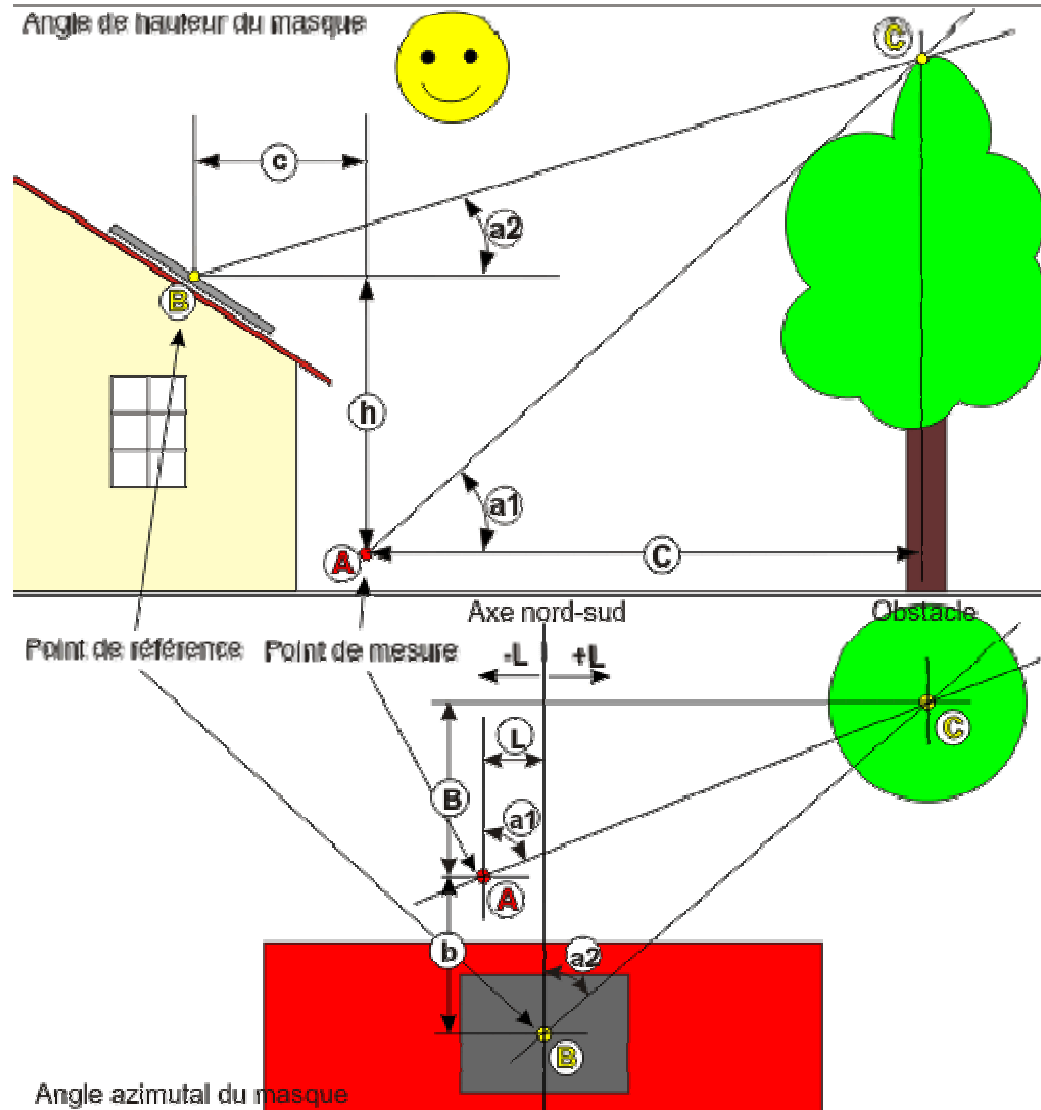


(Source: LIÉBARD A. & DE HERDE A., 2005)



# 1. Le soleil

## DIAGRAMMES SOLAIRES : PROJECTION CYLINDRIQUE.

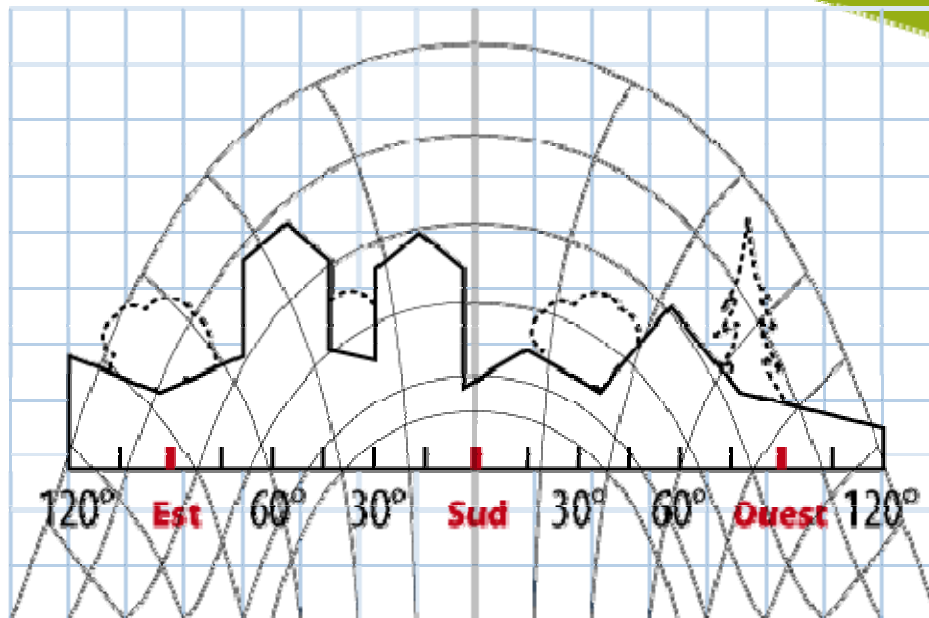
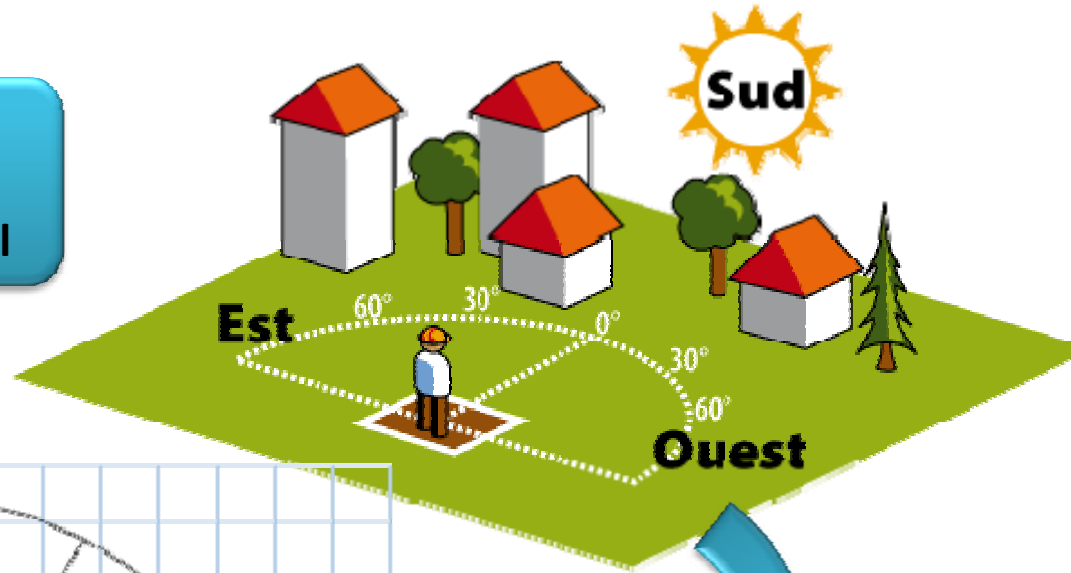




# 1. Le soleil

## DIAGRAMMES SOLAIRES : PROJECTION CYLINDRIQUE.

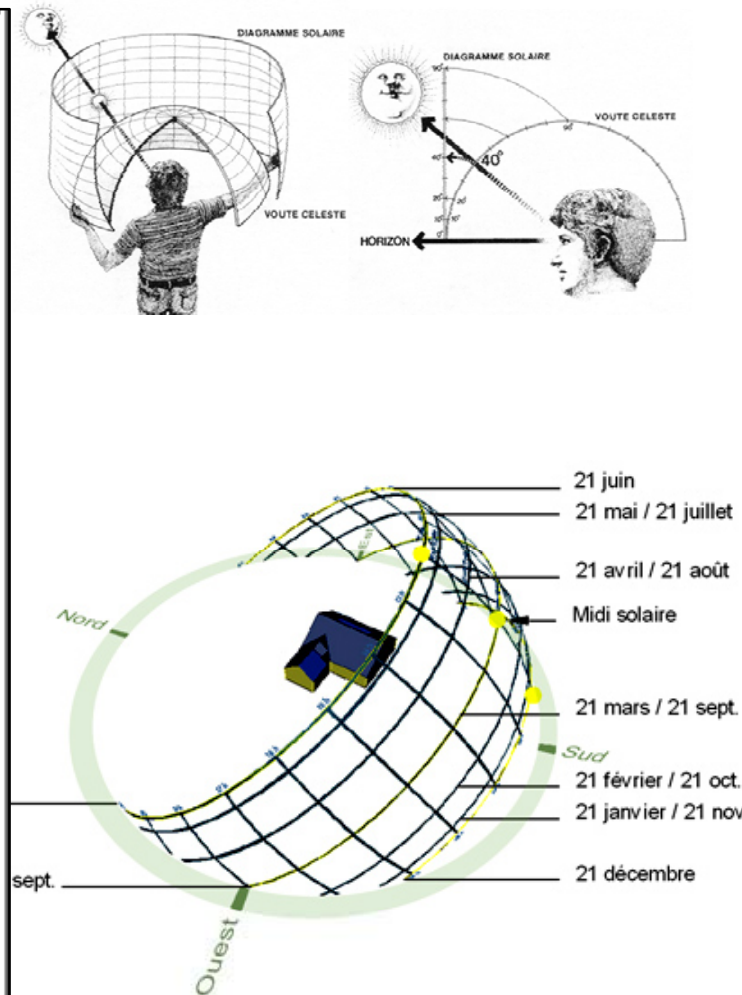
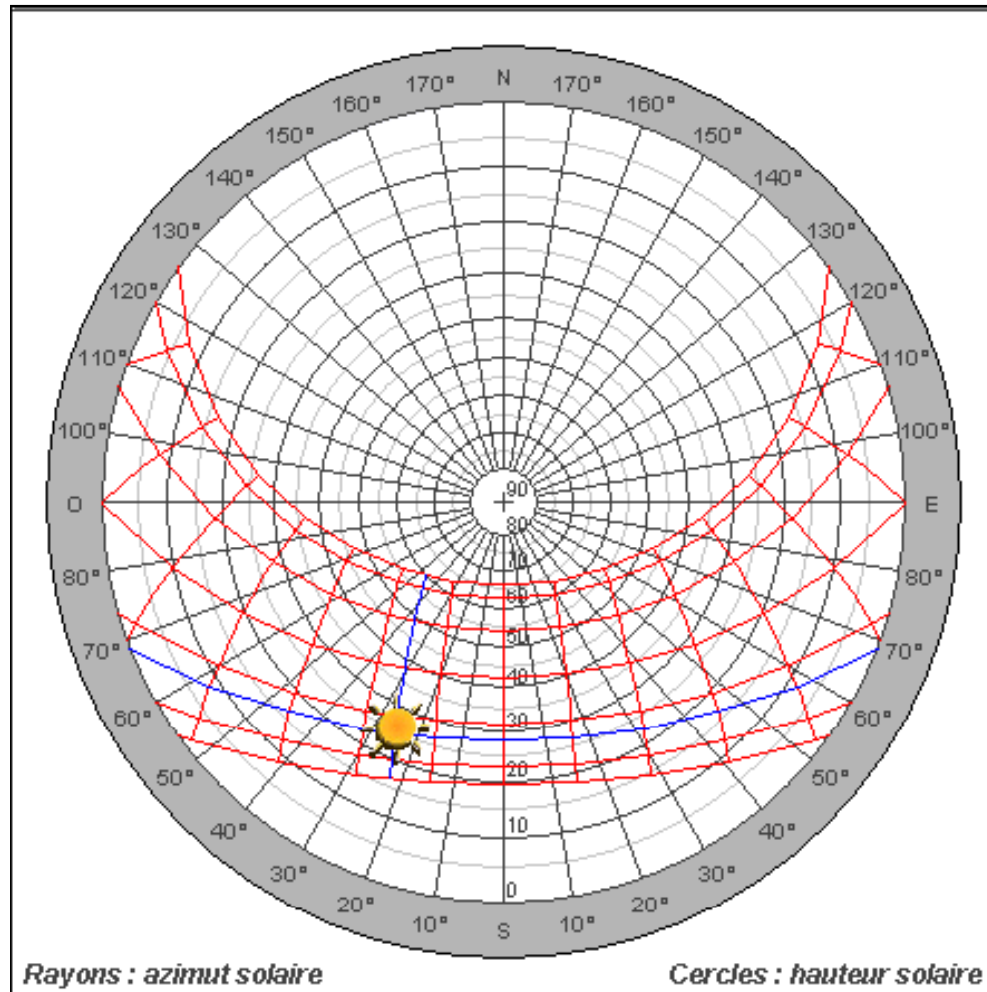
Report des masques permanents sur le diagramme solaire frontal





1. Le soleil

DIAGRAMMES SOLAIRES : PROJECTION STEREOGRAPHIQUE.

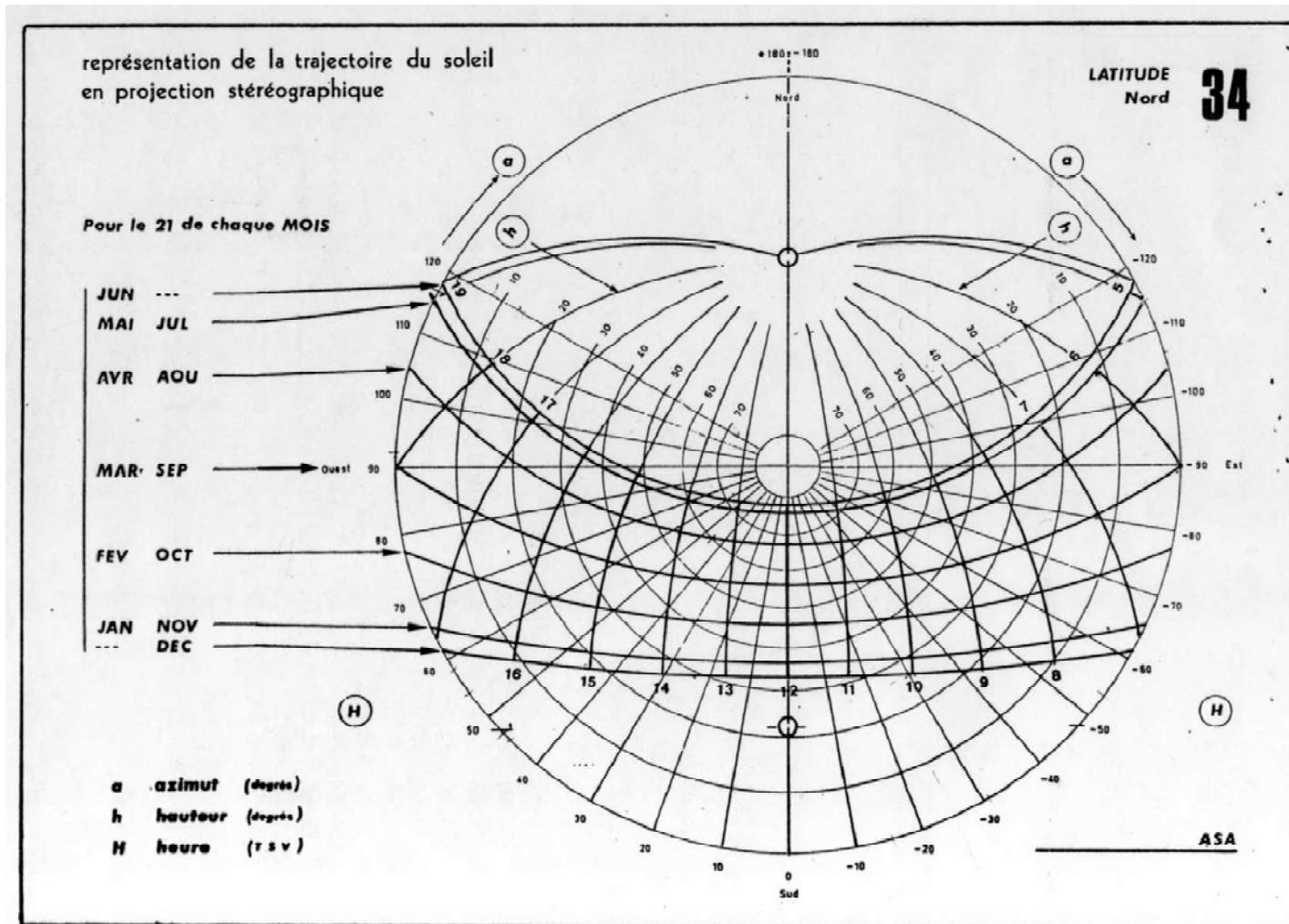


(Source: <http://audience.cerma.archi.fr>)



# 1. Le soleil

## DIAGRAMMES SOLAIRES : PROJECTION STEREOGRAPHIQUE.

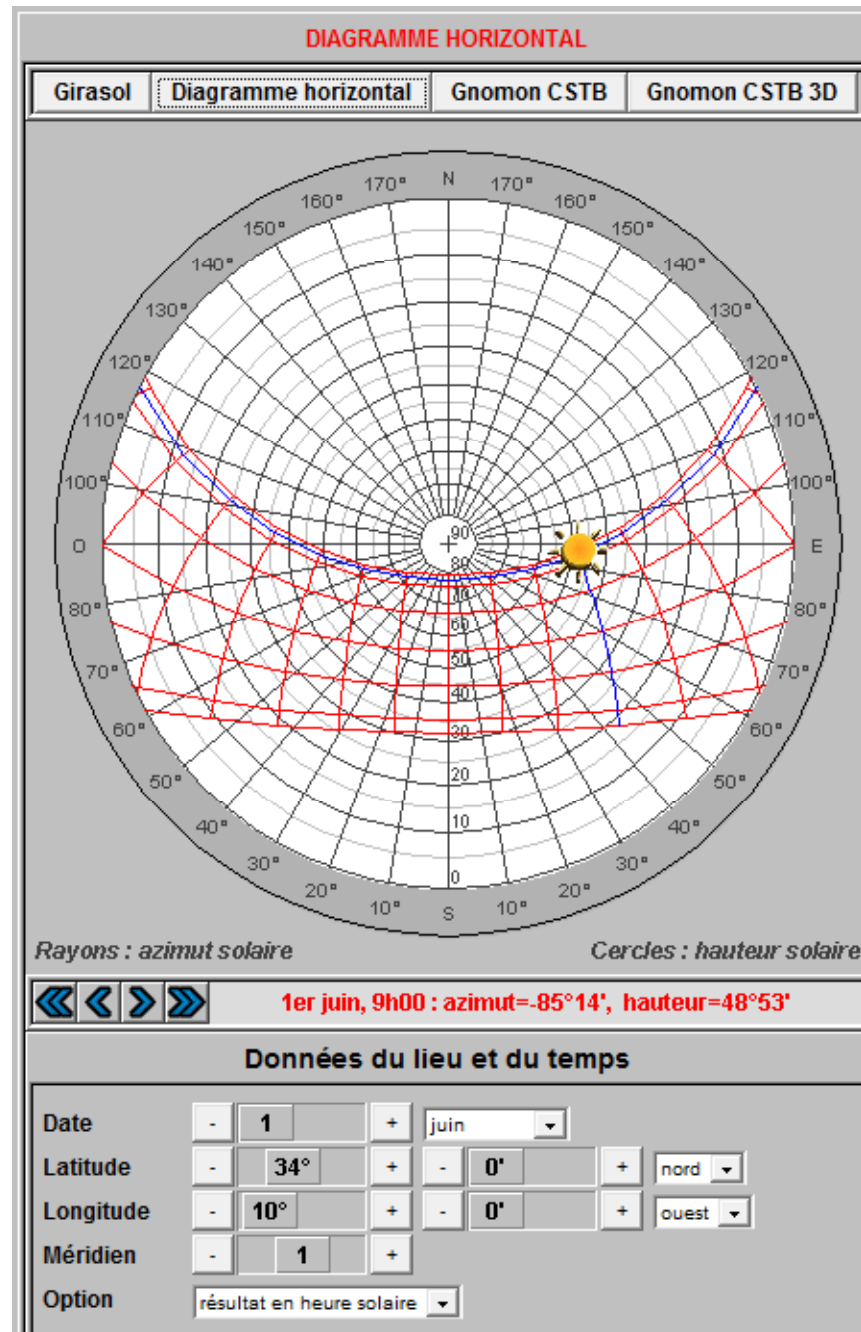


(Source: CAPDEROU, 1985)



Outil:  
« Diagramme solaire »  
développé par le  
CERMA.

(Source: <http://audience.cerma.archi.fr>)



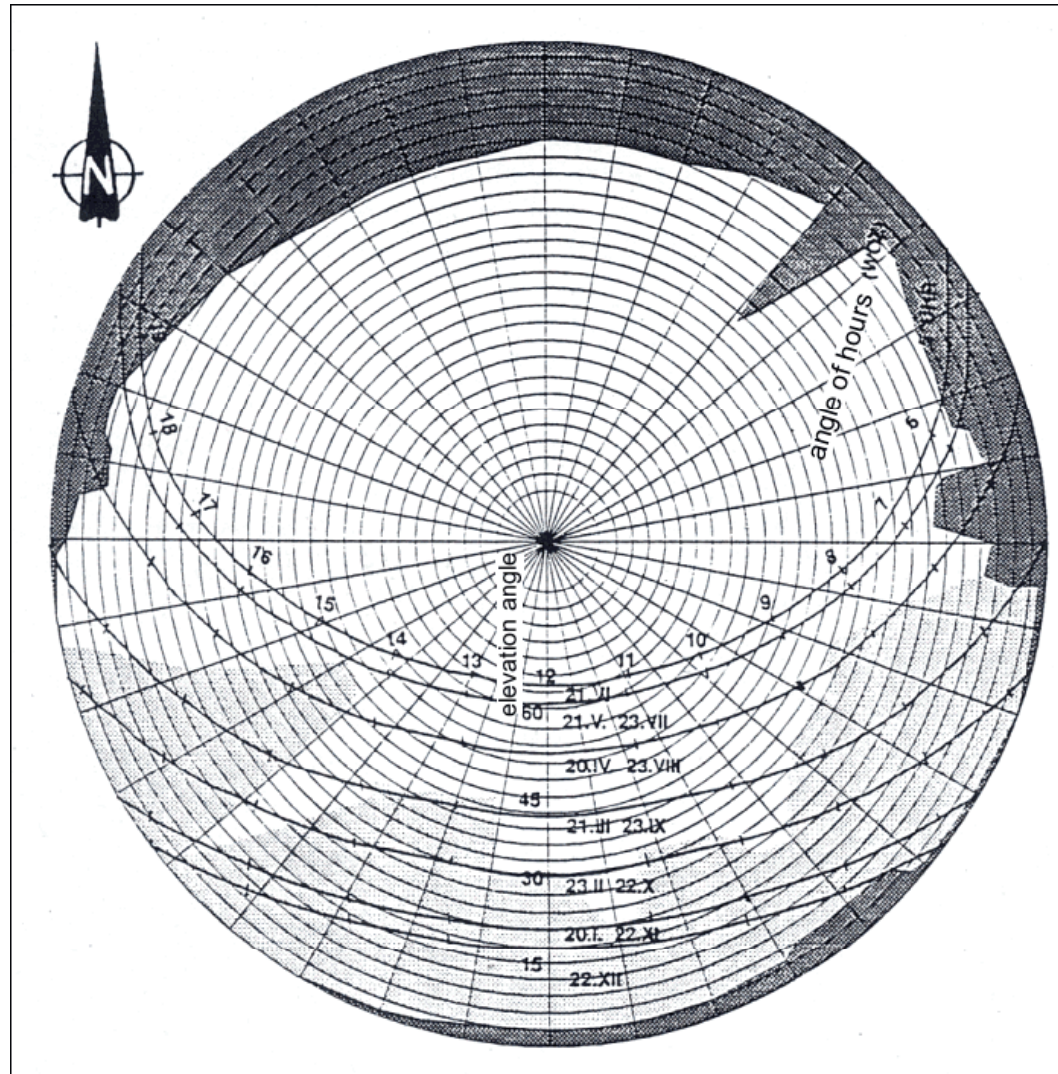


## 1. Le soleil

### DIAGRAMMES SOLAIRES : PROJECTIONS STEREOGRAPHIQUE.

#### EXEMPLE 01

Le diagramme stéréographique comme moyen pour déterminer les masques de l'environnement





## 1. Le soleil

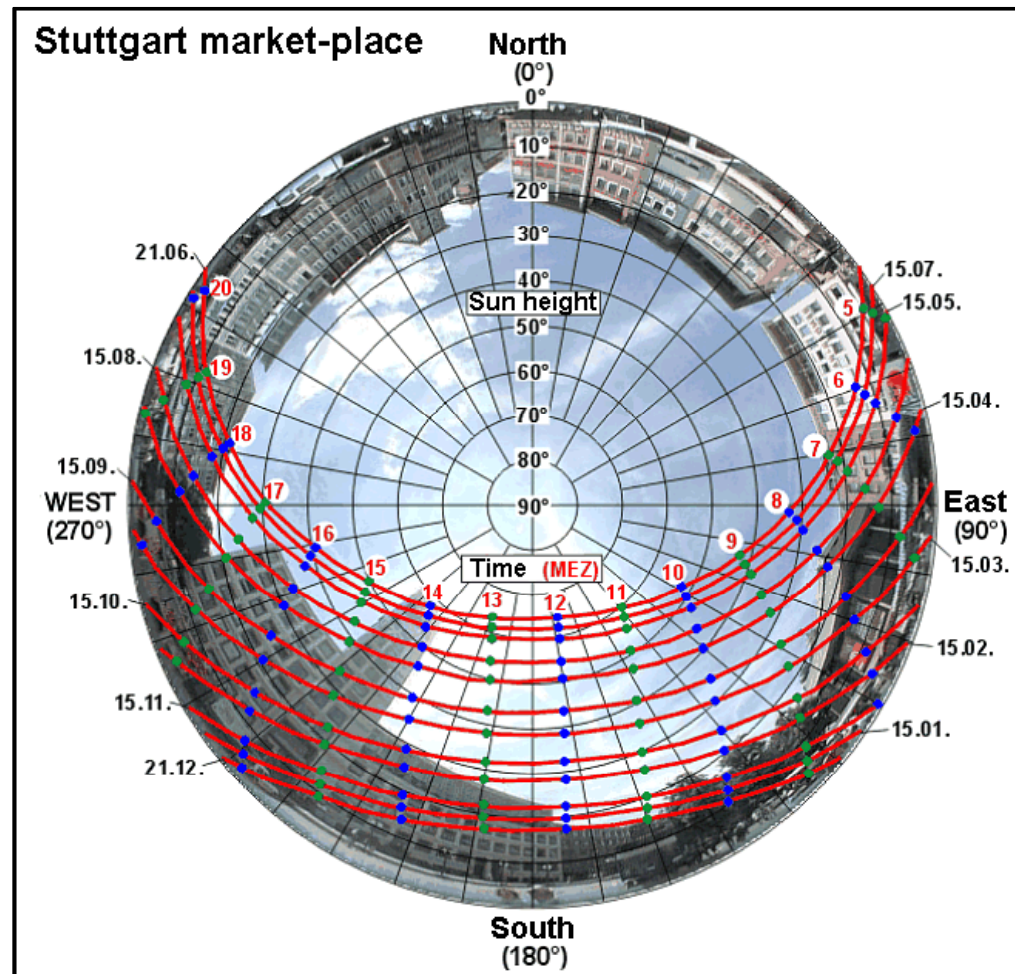
### DIAGRAMMES SOLAIRES : PROJECTIONS STEREOGRAPHIQUE.

#### EXEMPLE 02

Une photo fish-eye du lieu considéré, combinée au diagramme solaire peut préciser:

- les masques de l'environnement.
- le lever et le coucher réels du soleil au point voulu.
- La durée d'ensoleillement.
- L'estimation du taux des composantes limitant le champ visuel.

(Source: BOUTABA, 2007)



(Source: [http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/Climate\\_Booklet/kap\\_3/kap\\_3-2-2.htm#](http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/Climate_Booklet/kap_3/kap_3-2-2.htm#))





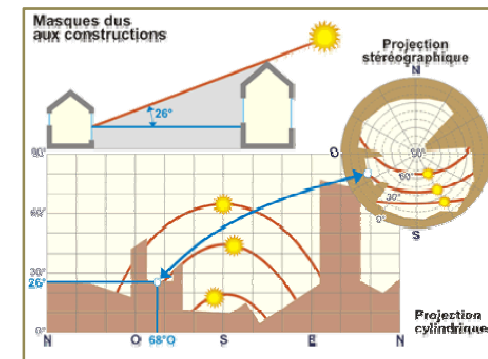
## 1. Le soleil

### LES OBSTACLES A L'ENSOLEILLEMENT

Des masques solaires peuvent être occasionnés par le relief, la végétation existante, les bâtiments voisins, ou encore par des dispositifs architecturaux liés au bâtiment lui-même.

Les constructions constituent des écrans fixes pour leur voisinage. Leur rôle peut être positif si l'on recherche une protection contre le Soleil : c'est le cas des villes méditerranéennes traditionnelles, où l'étroitesse des ruelles et la hauteur des bâtiments réduisent considérablement le rayonnement direct et fournissent un ombrage bienvenu.

Par contre, ce rôle peut être négatif si les bâtiments voisins masquent le Soleil alors qu'on souhaite bénéficier d'apports solaires. En effet sous notre climat, durant les mois d'hiver, environ 90 % des apports solaires interviennent entre **9 h et 15 h solaire**. Tous les masques de l'environnement (immeubles ou grands arbres, qui interceptent le Soleil pendant ces heures) gêneront grandement l'utilisation des gains solaires.



(Source: Energie+, 2012)



## 1. Le soleil

### LES OBSTACLES A L'ENSOLEILLEMENT

Dans le cas d'une **conception solaire passive**, il importera donc de mesurer l'impact de cet effet de **masquage**. Pour ce faire, on représentera sur un diagramme cylindrique ou stéréographique les courbes de la *course solaire* annuelle et la **silhouette des bâtiments voisins**. On repèrera ainsi facilement les **périodes où l'ensoleillement** est disponible et on pourra calculer les facteurs de **réduction des gains solaires**.

Ce diagramme des masques nous permet d'optimiser la répartition des ouvertures de la maison (fenêtres, porte-fenêtres, balcon, terrasse), pour bénéficier des calories gratuites en hiver (réduction des besoins en chauffage) et de l'ombre bienfaisante en été (évitant la clim énergivore).

(Sources: Energie+, 2012

<http://www.architecte-gresivaudan.com/bioclimatique>)



## 1. Le soleil

### LES OBSTACLES A L'ENSOLEILLEMENT



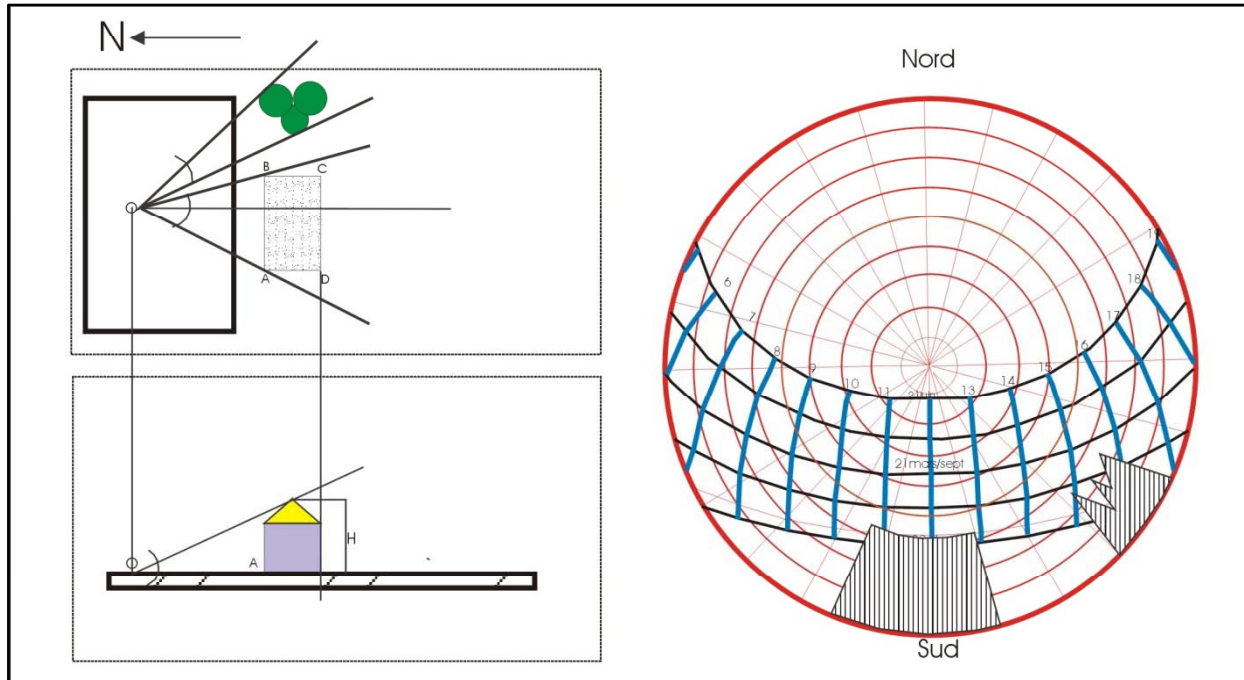
L'emploi de matériaux réfléchissants (vitrages) peut également influencer l'exposition effective d'un bâtiment. Ainsi, un édifice orienté nord et doté de larges vitrages clairs pour tirer parti de la lumière naturelle peut se retrouver dans une situation sud si on construit en face un bâtiment équipé de vitrages réfléchissants, précisément pour se protéger de l'ensoleillement. A l'évidence, les conditions de confort, dans le premier bâtiment, sont profondément modifiées par la construction du second.

(Source: Energie+, 2012)



## 1. Le soleil

### LES OBSTACLES A L'ENSOLEILLEMENT



(Source: MAZOUZ, 2007)

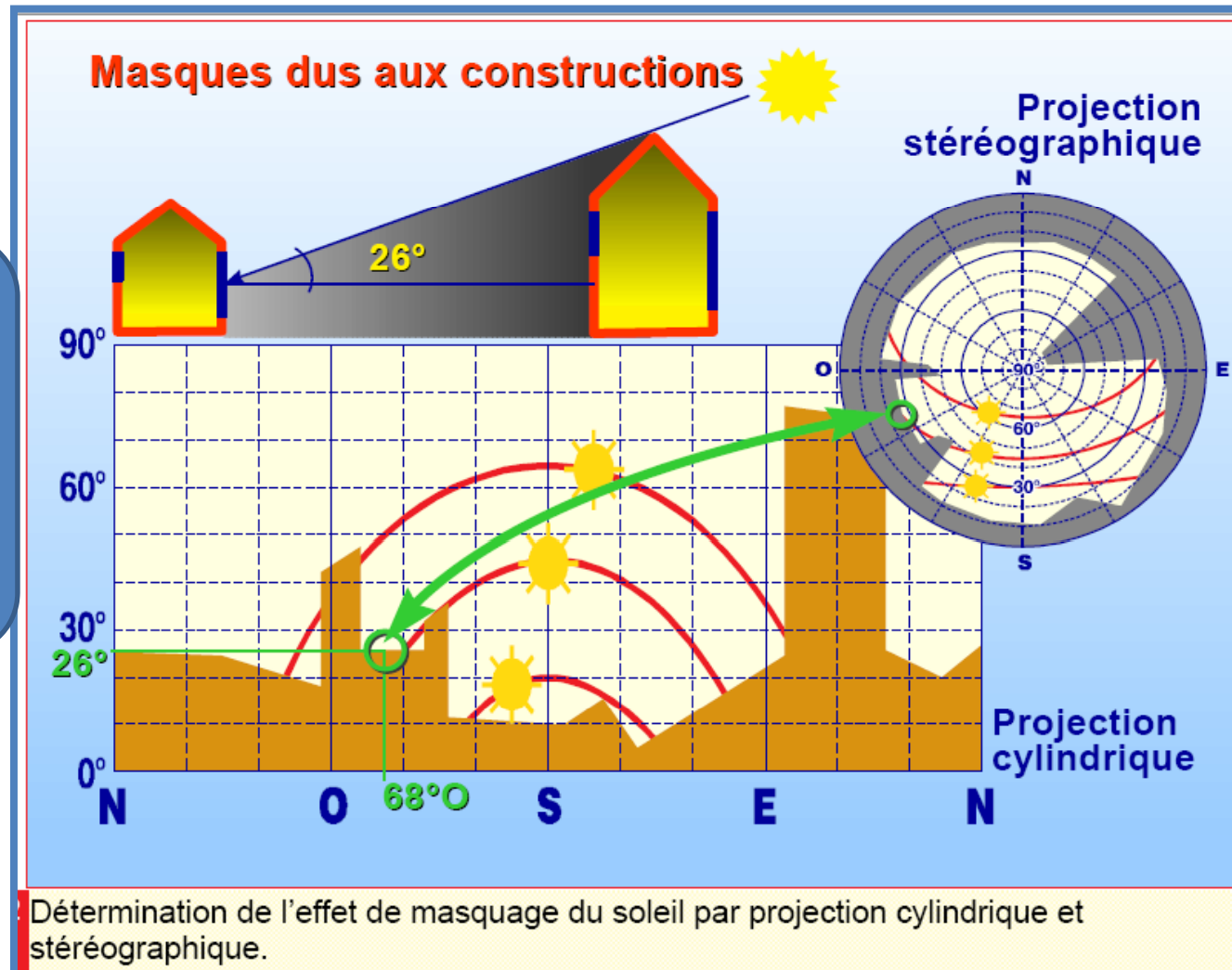
**Le diagramme stéréographique sert à déterminer les masques de l'environnement et à l'évaluation de l'ensoleillement au niveau du plan de masse.**

En reportant au moyen des angles horizontaux et verticaux (hauteur et azimut) les obstructions existantes sur le diagramme solaire, on pourra faire par la suite une évaluation du degré d'exposition ou d'occultation du bâtiment à construire.



## 1. Le soleil

## LES OBSTACLES A L'ENSOLEILLEMENT



Comme on peut jongler entre les deux types de projections solaires.

(Source: LIÉBARD A. & DE HERDE A., 2005)

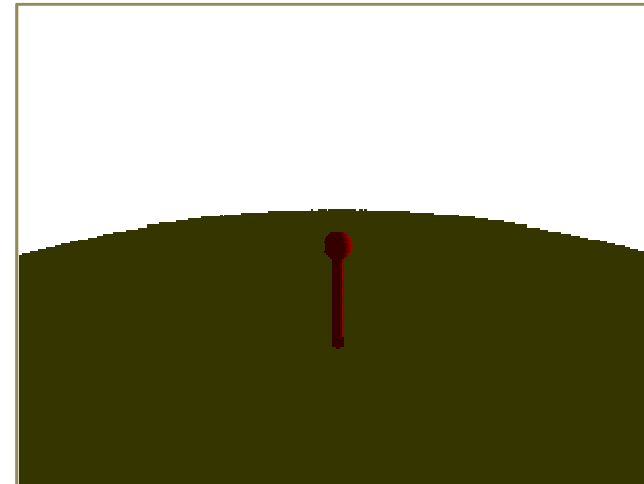


## 1. Le soleil

### Simulation de l'ensoleillement en plan de masse par la maquette

#### Simulateur des ombres (diagramme des ombres ou le gnomon)

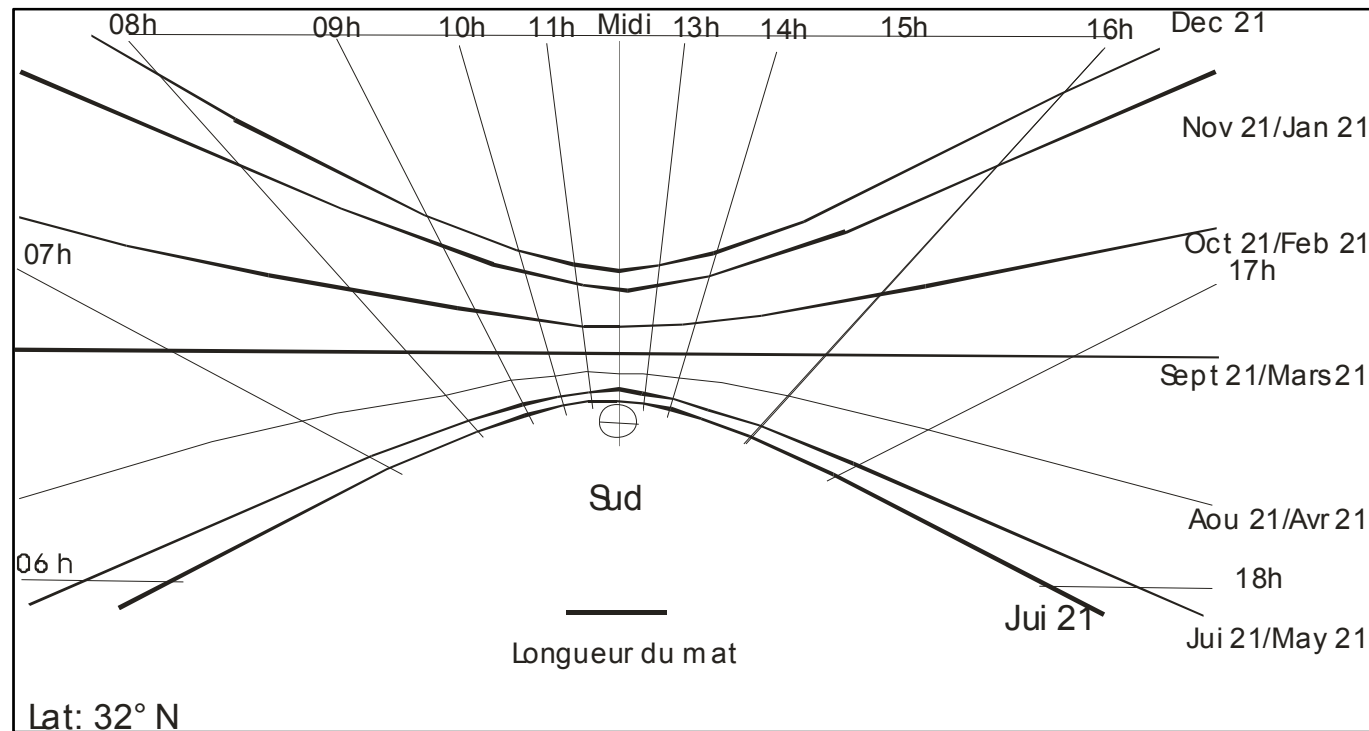
Le principe repose sur un bâton planté dans le sol et projette son ombre sur un plan sur lequel on peut déterminer, à la suite d'observations préalablement établies, les heures de la journée et les période de l'année.





## 1. Le soleil

### Simulation de l'ensoleillement en plan de masse par la maquette



### Simulateur des ombres (diagramme des ombres ou le gnomon)

L'évaluation de l'ombre en plan de masse devient compliquée avec la densité croissante. La maquette offre un outil facile à étudier. Photocopier **le simulateur des ombres** (diagramme des ombres ou le **Gnomon**) pour une latitude proche de la latitude indiquée ensuite suivre les étapes suivantes:

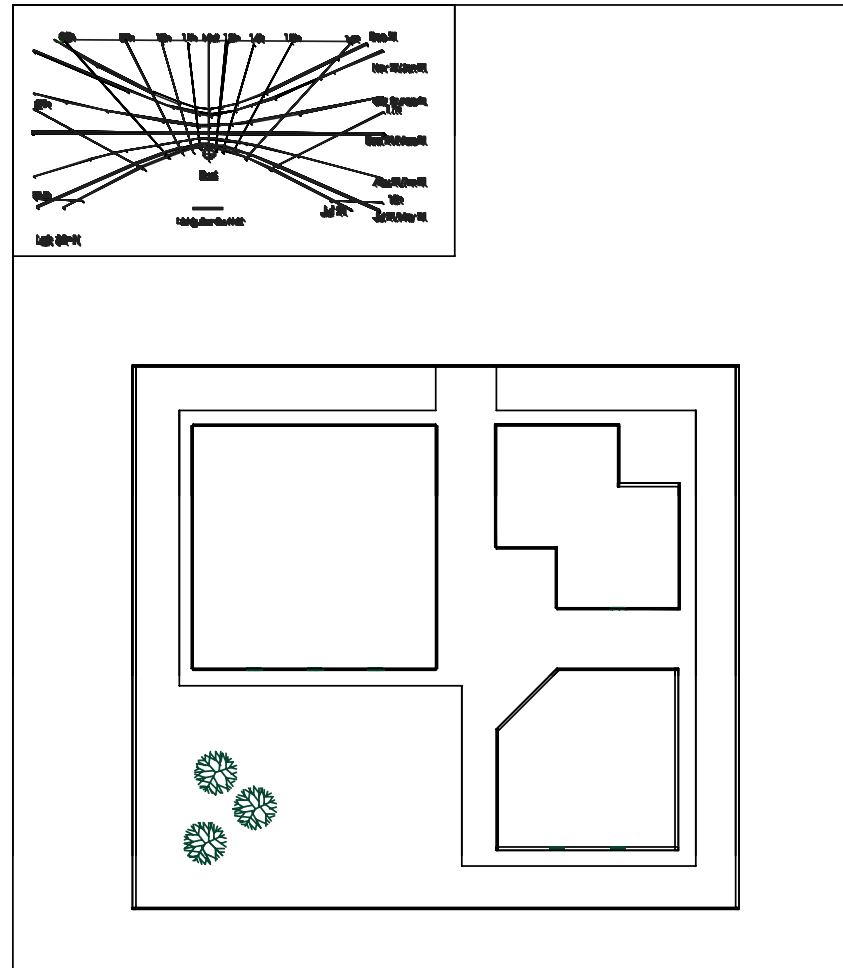
(Source : MAZOUZ, 2007)



## 1. Le soleil

### Simulation de l'ensoleillement en plan de masse par la maquette

1. Sur une surface plane coller le diagramme des ombres dans un coin.



(Source : MAZOUZ, 2007)

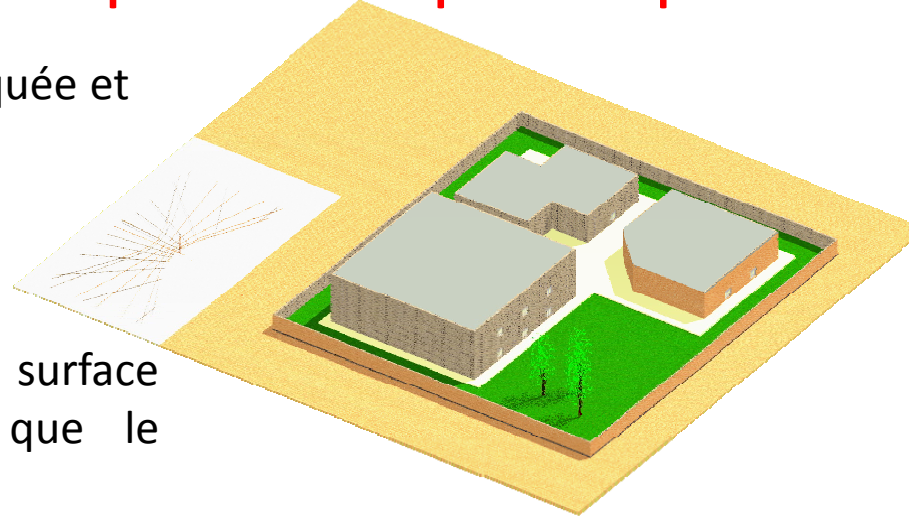




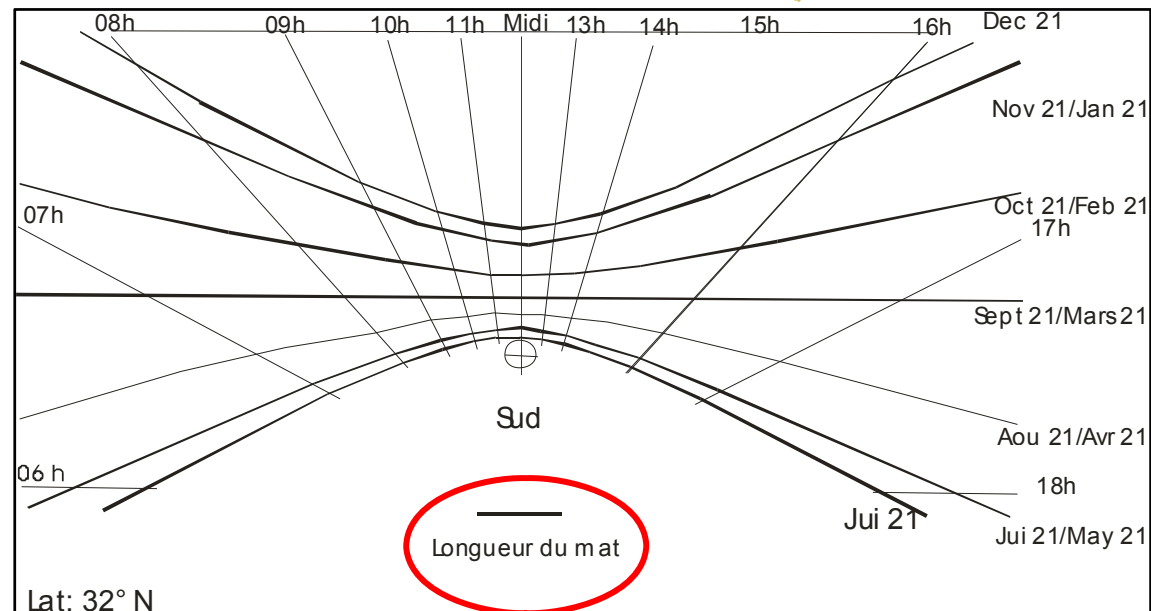
## 1. Le soleil

### Simulation de l'ensoleillement en plan de masse par la maquette

2. Découper un mât à la dimension indiquée et le coller à l'endroit indiqué.



3. Placer la maquette à simuler sur la surface plane avec la même orientation que le diagramme.



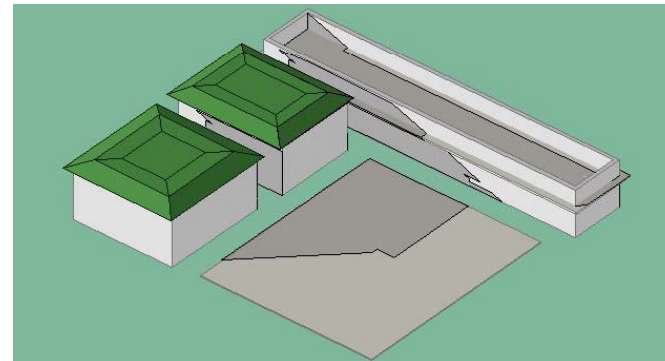
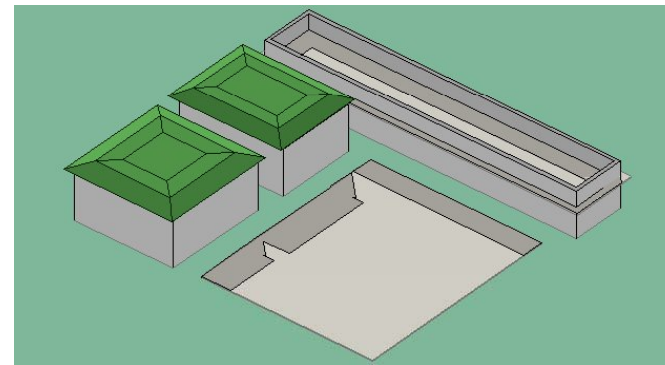
(Source : MAZOUZ, 2007)



## 1. Le soleil

### Simulation de l'ensoleillement en plan de masse par la maquette

4. Simuler l'ombrage de la maquette à des dates et à des horaires choisis suivant l'intersection de la trajectoire de l'ombre du mat et des courbes mensuelles et horaires.

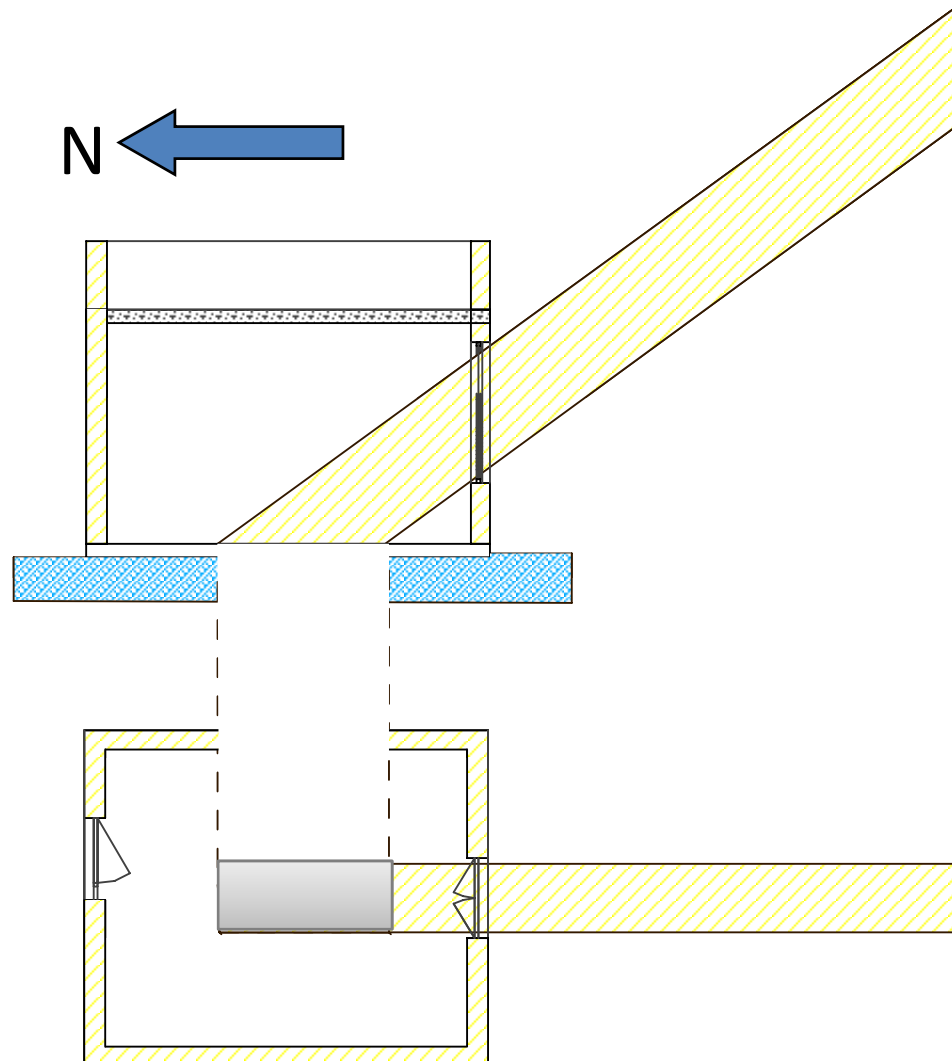


(Source : MAZOUZ, 2007)



## 1. Le soleil

## Evaluation de l'ensoleillement des espaces intérieurs



Dessin de la  
tache solaire

Heure	Azimut	Alt
9h	315°	45°
12h	0°	65°

(Source : MAZOUZ, 2007)



## 1. Le soleil

### Le temps solaire vrai et l'heure légale

Le calcul exact des coordonnées angulaires du soleil nécessite la connaissance du **temps solaire vrai TSV**, et le temps diurne est exprimée en Heure Solaire Vraie.

**Quelle est la relation entre ce Temps Solaire Vrai et l'heure de nos montres (heure légale du lieu) appelée Temps Légal TL ?**

Les passages successifs du soleil au méridien du lieu délimitent le **Jour Solaire Vrai**, qui compte tenu des conditions non totalement uniforme des mouvements de la terre, varie au cours de l'année, pouvant atteindre une différence en plus ou en moins de 15 à 16 minutes. Le **Temps Solaire Moyen TSM**, défini en considérant les mouvements totalement uniformes, diffère donc du Temps Solaire Vrai, d'une valeur donnée par l'équation du temps qui fixe le retard ou l'avance du Temps Solaire Moyen :

$$\text{TSV} = \text{TSM} + \text{correction du temps}$$

(Source: <http://audience.cerma.archi.fr>)

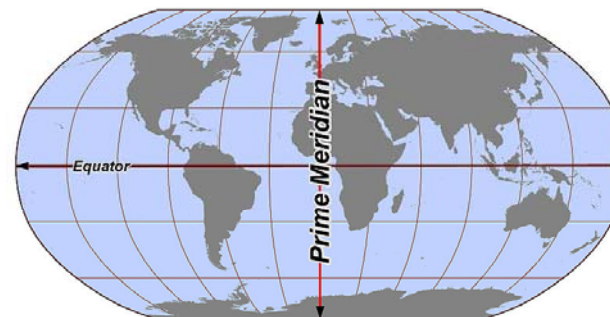


## 1. Le soleil

### Le temps solaire vrai et l'heure légale

Le **Temps Universel TU** correspond au Temps Solaire Moyen TSM au **méridien de Greenwich**, choisi comme méridien origine. Une correction de longitude (1 heure par 15° de longitude, soit 4' par degré de longitude) négative pour les lieux de longitudes Ouest, positive pour les longitudes Est, est appliquée pour obtenir le Temps Solaire Moyen au lieu considéré.

$$\text{TU} = \text{TSM} + \text{correction de longitude}$$



(Source: <http://audience.cerma.archi.fr>)



## 1. Le soleil

### Le temps solaire vrai et l'heure légale

Enfin, le **Temps Légal TL** dérive du temps universel suivant le système des fuseaux horaires. Généralement, chaque pays adopte l'heure du fuseau horaire correspondant à la longitude de sa capitale. Mais, les exceptions sont nombreuses. On précise en fait le décalage du méridien retenu par rapport à Greenwich en heures (Time Zone) .

$$TL = TU + \text{Time Zone}$$

Pour passer de l'heure solaire à l'heure légale, on applique alors :

$$TL = TSV + \text{correction du Temps} + \text{correction de Longitude} + \text{Time Zone}$$

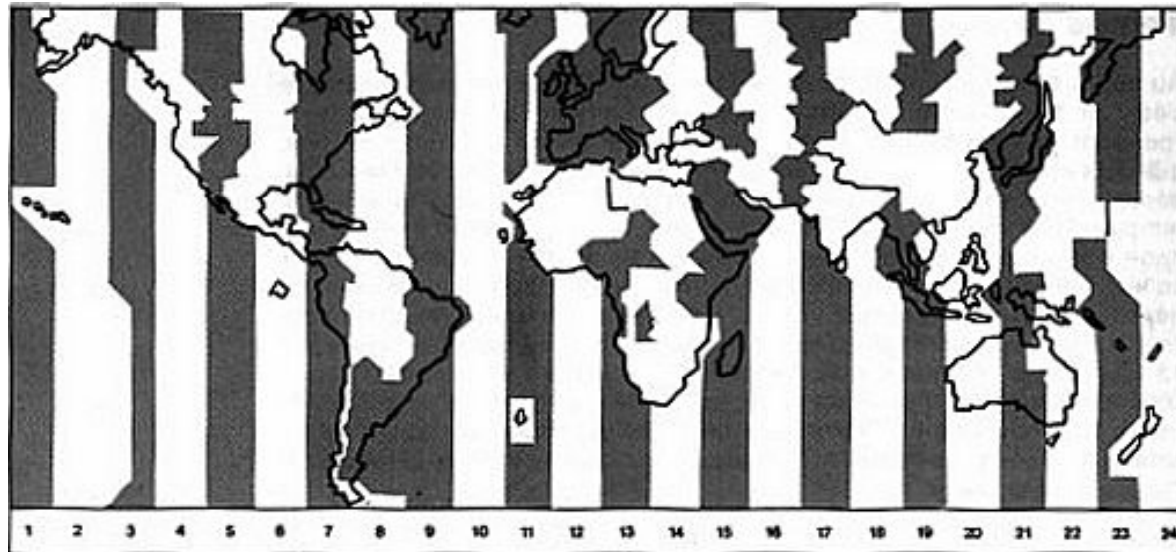


## 1. Le soleil

### Le temps solaire vrai et l'heure légale

L'opération inverse permet de passer du temps légal au Temps Solaire Vrai :

$$\text{TSV} = \text{TL} - (\text{correction du Temps} + \text{correction de Longitude} + \text{Décalage})$$



(Source: <http://audience.cerma.archi.fr>)

Pour plus d'information voir: Les décalages horaires (Guide de l'énergie solaire passive. Mazria)  
Voir aussi: [http://www.csbat.net/equipe/t03\\_geometrie.htm#s](http://www.csbat.net/equipe/t03_geometrie.htm#s)



## 1. Le soleil

### Le temps solaire vrai et l'heure légale

Exemple:

Quelle heure est-il à la montre d'une personne située à Biskra à midi solaire ?

#### Heure solaire / Heure légale

Si on considère la terre comme étant ronde. Pour en faire le tour, il faut faire  $360^\circ$

1. Le soleil fait le tour de la terre en 24 heures. Donc pour se déplacer de  $1^\circ$ , le soleil met 4 minutes ( $24 \text{ h} \times 60 \text{ mn} / 360^\circ$ )

2. Biskra est situé à dans l'hémisphère nord à  $5^\circ 44'$  Est de Greenwich.  $5^\circ 44'$  mn simplifié à 5,7 en mesure décimale, nous fait un décalage de  $5,7 \times 4 \text{ mn} = 22,8$  minutes, disons 23 mn.

3. Le soleil se levant à l'Est et se couchant à l'Ouest, il est midi solaire à Biskra, avant qu'il ne soit midi solaire à Greenwich.

avec un décalage horaire de [GMT + 1] quand il est midi solaire à Biskra il est 12h37 à la montre.





# 1. Le soleil

## Outils de simulation solaire

(Source: <http://audience.cerma.archi.fr>)

Info solaire (CERMA)

**Données du lieu et du temps**

Date: 1 janvier

Latitude: 34° nord

Longitude: 5° est

Méridien: 0

Option: résultat en heure solaire

Hauteur de la tige (portée de l'ombre): 100

calculer 100% Calcul terminé

Info solaire (CERMA) - Résultats

Général Trajectoire solaire Ombre (1) Ombre (2)

**Données générales**

N° Jour	1
Déclinaison	-22°56'
Heure de lever	7h06
Heure de coucher	16h54
Azimuth au lever	-62° est
Azimuth au coucher	62° ouest
Durée du jour	9h48

Info solaire (CERMA) - Résultats

Général Trajectoire solaire Ombre (1) Ombre (2)

**Hauteur et Azimut du soleil**

	Azimuth	Hauteur
8h	-53° 55'	9° 24'
9h	-43° 27'	18° 45'
10h	-30° 53'	26° 18'
11h	-16° 11'	31° 18'
12h	0° 00'	33° 02'
13h	16° 11'	31° 18'
14h	30° 53'	26° 18'
15h	43° 27'	18° 45'
16h	53° 55'	9° 24'



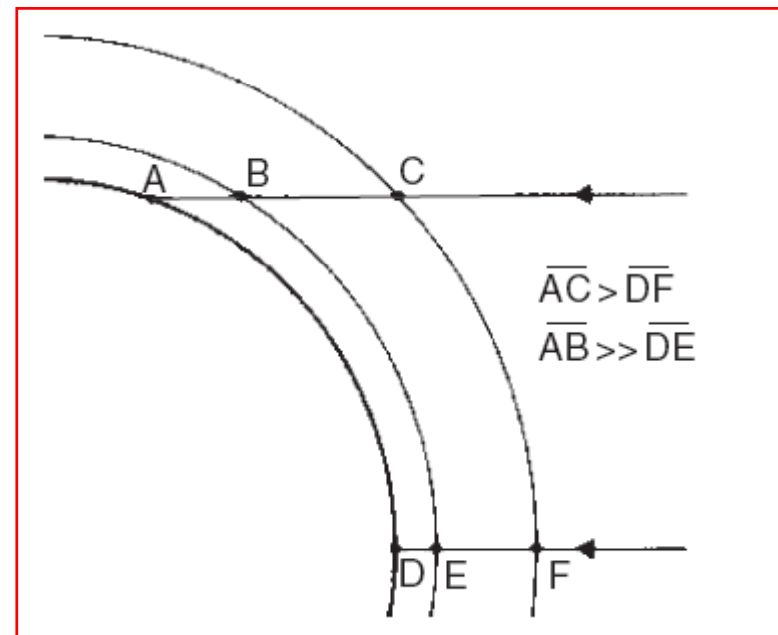
## 2. CLIMAT DE LA PLANÈTE, EFFET DE SERRE



## 2 Climat de la planète, effet de serre

Au niveau global, les climats sont formés par l'apport d'énergie (chaleur) solaire différentielle et l'émission de chaleur presque uniforme sur toute la surface de la terre. Les régions équatoriales reçoivent un apport d'énergie beaucoup plus que dans les zones plus proches des pôles. Cet écart est la principale force motrice des phénomènes atmosphériques (vents, formations et mouvements nuageuses, etc.), qui fournissent un mécanisme de transfert de chaleur à partir de l'équateur vers les pôles.

En l'absence de tels transferts de chaleur, la température moyenne dans le pôle nord serait de  $-40$ , plutôt que  $-17$  °C, et à l'équateur, elle serait d'environ  $33$  et non de  $27$  °C, comme à l'heure actuelle.



Longueurs du trajet de rayonnement à travers l'atmosphère

(Source: SZOKOLAY S. V., 2008)



## 2. Climat de la planète, effet de serre

### L'effet de serre:

Est un phénomène naturel important pour la survie de la planète. Il permet d'avoir une température moyenne sur Terre de 15° C contre (-18°C) si cet effet n'existait pas. Les gaz à effet de serre sont naturellement peu abondants dans l'atmosphère mais du fait de l'activité humaine, la concentration de ces gaz s'est sensiblement modifiée (la concentration de CO<sub>2</sub> a augmenté de 30% depuis une centaine d'années).

### Les changements climatiques:

Désignent une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes. les changements climatiques peuvent être attribués aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère, et à des causes naturelles.

(Source: <http://www.developpement-durable.gouv.fr>)



## 2 Climat de la planète, effet de serre

### Qu'est-ce que l'effet de serre naturel ? Un phénomène indispensable à la vie

La terre reçoit toute son énergie du soleil. Seule une partie de cette énergie est absorbée par la terre et l'atmosphère ; le reste étant renvoyé vers l'espace. Avec cette énergie, la terre s'échauffe et ce grâce aux gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère, qui empêchent les rayonnements infrarouges d'être renvoyés de la terre vers l'espace. L'effet de serre, phénomène naturel, est donc la condition indispensable à la vie sur terre. Sans lui, la température de notre planète serait alors de  $-18^{\circ}\text{C}$ , contre une moyenne actuelle de  $15^{\circ}\text{C}$ .



(Source: <http://www.developpement-durable.gouv.fr>)



## 2 Climat de la planète, effet de serre

**Pourquoi cet effet de serre s'accroît ? Les activités humaines rejettent des gaz à effet de serre dans l'atmosphère**

L'accroissement de la concentration de gaz à effet de serre, dont certains sont très efficaces en petite quantité, retient dans l'atmosphère davantage de rayonnement infrarouge. Ce surplus artificiel d'effet de serre provoque un réchauffement du climat. Les gaz dits à effet de serre, émis par les activités humaines, intensifient ce phénomène depuis deux siècles.

**D'où viennent les principaux gaz à effet de serre produits par l'homme ?**

Le gaz carbonique est surtout dû à la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz) par les transports, les bâtiments et à l'industrie. Le méthane provient des activités agricoles, de l'élevage, des ruminants, du riz et des décharges d'ordure. Le protoxyde d'azote vient des engrais azotés et de divers procédés chimiques. Les gaz fluorés sont essentiellement des gaz réfrigérants utilisés par les climatiseurs.



## 2 Climat de la planète, effet de serre

**Quels sont les effets observés à ce jour et les futures caractéristiques des changements climatiques ?**

Les émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine provoquent l'augmentation de la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, et, par conséquence, le réchauffement de notre planète. Ce constat a été confirmé et affiné par le Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (**GIEC**) dans son quatrième rapport publié en 2007. Celui-ci précise notamment que :

- Le réchauffement est dû à **l'activité humaine** ,
- Le réchauffement moyen constaté à la surface de la terre au cours du siècle écoulé s'élève à **0,74°C**,
- Le rythme d'accroissement actuel des concentrations de gaz à effet de serre (GES) provoquera un réchauffement moyen de **0,2° par décennie** durant les trente prochaines années. Les températures pourraient augmenter, d'ici **2100**, de **1,1°C à 6,4 °C**, suivant les différents scénario.
- Les émissions mondiales de gaz à effet de serre ont augmenté considérablement depuis l'époque préindustrielle. Rien qu'entre 1970 et 2004 elles ont augmenté de **70%** .

(Source: <http://www.developpement-durable.gouv.fr>)



## 2 Climat de la planète, effet de serre

A L'impact du réchauffement climatique se traduira dans au moins cinq domaines :

1. des **phénomènes climatiques aggravés** : multiplication de certains événements météorologiques extrêmes (tempêtes, inondations, sécheresses),
2. un **bouleversement** de nombreux **écosystèmes**, avec l'extinction de 20 à 30% des espèces animales et végétales, et des conséquences importantes également pour **les établissements humains** ;
3. des **crises** liées aux ressources **alimentaires** : dans de nombreuses parties du globe (Asie, Afrique, zones tropicales et sub-tropicales), les productions agricoles chuteront, provoquant de graves crises alimentaires, sources de conflits et de migrations,
4. des **dangers sanitaires** : le changement climatique aura vraisemblablement des impacts directs sur le fonctionnement des écosystèmes et sur la transmission des maladies animales, susceptibles de présenter des éléments pathogènes potentiellement dangereux pour l'homme,
5. des **déplacements de population** : l'augmentation du niveau de la mer (**18 à 59 cm d'ici 2100**) devrait provoquer l'inondation de certaines zones côtières (notamment les deltas en Afrique et en Asie) et causer la disparition de pays entiers (Maldives, Tuvalu), provoquant d'importantes migrations.

(Source: <http://www.developpement-durable.gouv.fr>)





## 2 Climat de la planète, effet de serre

**Quel consensus au niveau international et quel objectif pour l'avenir ?**

L'établissement d'un consensus autour d'une vision globale et partagée des enjeux du réchauffement climatique devient indispensable : l'article 2 de la Convention de Rio qui stipule que « ***les concentrations de gaz à effet de serre doivent être stabilisées à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique du système climatique*** » constitue au stade actuel l'unique référence en termes d'objectifs. L'objectif cherche aussi à réconcilier la maîtrise des émissions et la poursuite du développement économique d'une façon durable.



# 3. ÉLÉMENTS DES CLIMATS



### 3 Éléments des climats

L'ensemble des facteurs climatiques à considérer peuvent être classés en trois différentes catégories :

**Les FACTEURS  
ENERGETIQUES**

**ENERGETIQUES: Rayonnement solaire,  
Lumière et Température**

**LES FACTEURS  
HYDROLOGIQUES**

**Précipitations et Hygrométrie**

**LES FACTEURS  
MECANIQUES**

**Mouvement d'air soit les Vents**

(Source: ROUAG-SAFFIDINE Dj., 2007/08)



### 3 Éléments des climats

Les facteurs principaux qui interviennent directement dans l'étude d'un climat sont essentiellement:

- La température de l'air mesurée en °C à l'ombre à une hauteur de 1.2 & 1.8 m.
- L'humidité (en % de saturation de l'air en eau)
- Les radiations solaires (en Watts/m<sup>2</sup>)
- Le mouvement de l'air soit le vent (mesuré en m/s)
- Les précipitations (mesurées en mm)
- La nébulosité (nuages) (mesuré en Octets)

*(Source: ROUAG-SAFFIDINE Dj., 2007/08)*



# 4. CLASSIFICATION DES CLIMATS



## 4 classification des climats

Parmi les différents climats existants dans le monde, quatre (04) peuvent être classés comme principaux :



### Climat Froid

- avec un problème de température inconfortablement basse



### Climat Modéré

- avec un problème de dissipation inadéquate de chaleur : soit une surchauffe ou un refroidissement



### Climat Chaud et Sec (désertique)

- problème de surchauffe



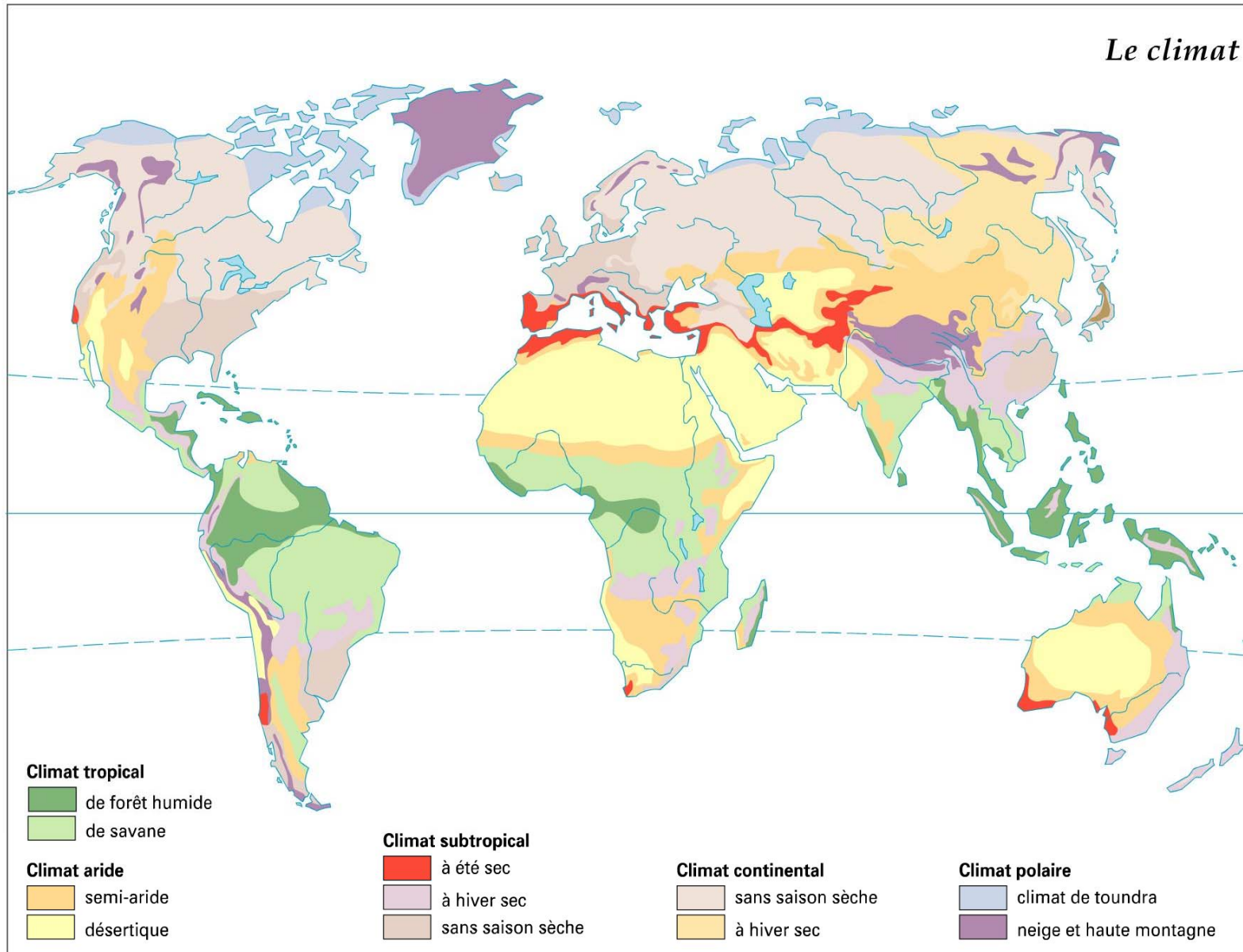
### Climat Chaud et Humide

- problème de surchauffe aggravé par l'humidité car le phénomène de rafraîchissement par évaporation est limité

Schéma par l'auteur  
(Source: ROUAG-SAFFIDINE Dj., 2007/08)



4 classification des climats





4 classification des climats

Globalement, le CLIMAT ALGÉRIEN se subdivise en 3 catégories:

- CLIMAT *TEMPÉRÉ* de Type Méditerranéen

LE TELL



- *CLIMAT CONTINENTAL*

LES HAUTES PLAINES



- *CLIMAT ARIDE ET SEC*

LE SAHARA







## 4 classification des climats

La NOTION D'ARIDITÉ n'a pas pour limites que les zones désertiques mais elle intègre aussi toutes les régions ayant des précipitations rares ou irrégulières.

INDICE D'ARIDITE (I) - développé par E.D. Martonne ; permet une classification préliminaire de n'importe quelle région.

$$I = P / (T_m + 10)$$

Où  $P$  = Somme des Précipitations annuelles

$T_m$  = Température moyenne annuelle

$I < 5$

*Indice d'Aridité Absolue ou hyper aridité*

$5 < I < 10$

*Indice d'Aridité*

$10 < I < 20$

*Indice de Semi - Aridité*

*Exemples d'Indices: Biskra = 4.6 / Tunis= 16 / Constantine= 19*

(Source: ROUAG-SAFFIDINE Dj., 2007/08)