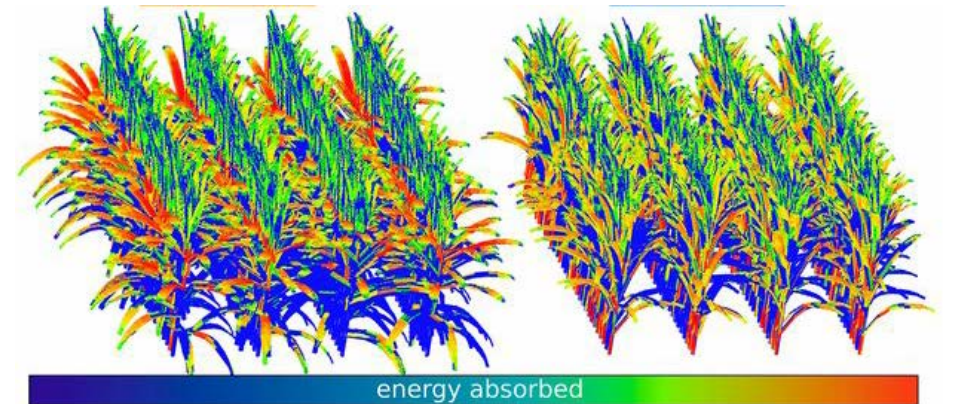


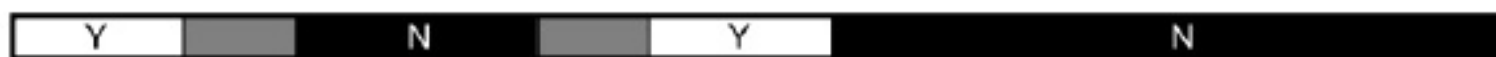
# Modélisation de l'interception de la lumière

C. Fournier



# Electromagnetic Spectrum

Penetrates Earth's Atmosphere?



Radiation Type  
Wavelength (m)

**Radio**  
 $10^3$

**Microwave**  
 $10^{-2}$

**Infrared**  
 $10^{-5}$

**Visible**  
 $0.5 \times 10^{-6}$

**Ultraviolet**  
 $10^{-8}$

**X-ray**  
 $10^{-10}$

**Gamma ray**  
 $10^{-12}$

Approximate Scale  
of Wavelength



Buildings

Humans

Butterflies

Needle Point

Protozoans

Molecules

Atoms

Atomic Nuclei

Frequency (Hz)



$10^4$

$10^8$

$10^{12}$

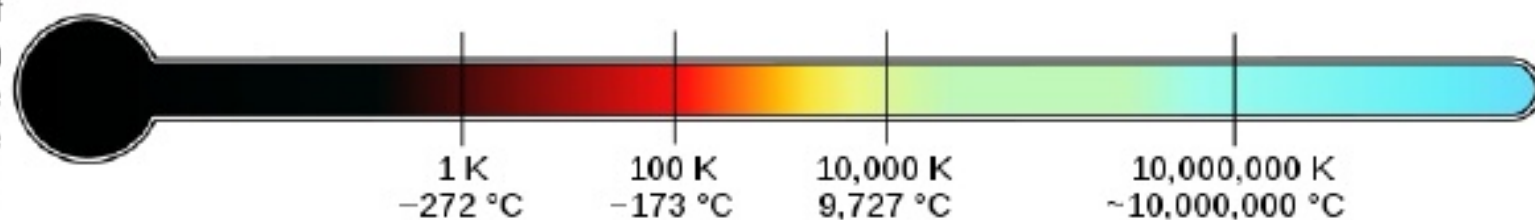
$10^{15}$

$10^{16}$

$10^{18}$

$10^{20}$

Temperature of  
objects at which  
this radiation is the  
most intense  
wavelength emitted



1 K  
-272 °C

100 K  
-173 °C

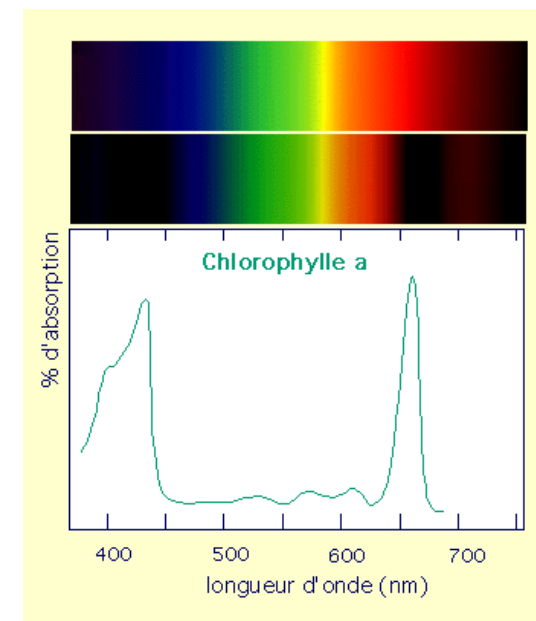
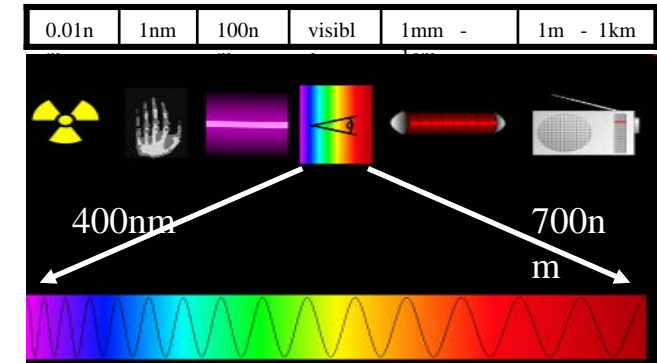
10,000 K  
9,727 °C

10,000,000 K  
~10,000,000 °C

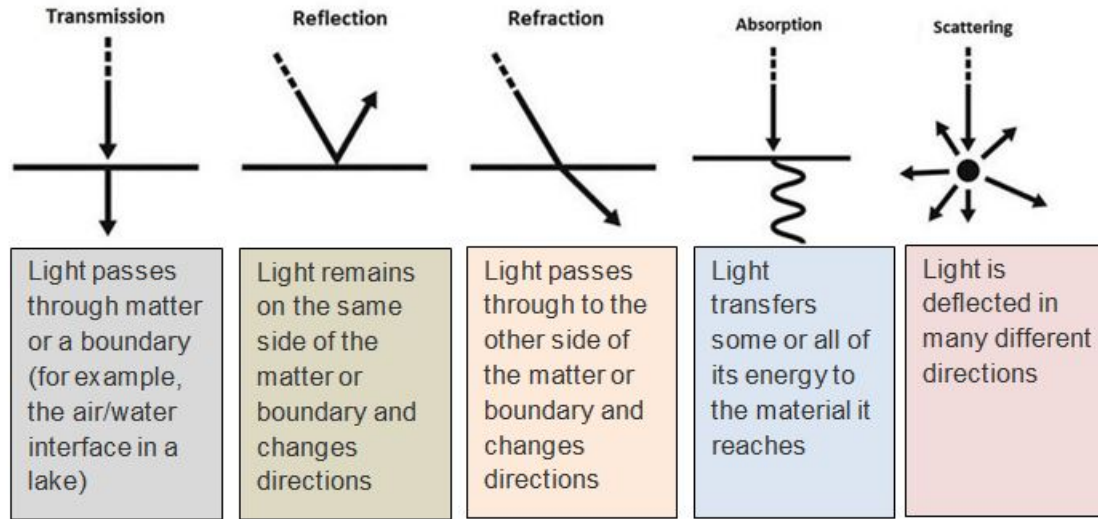
# Lumière et son utilisation par les plantes

## Domaine d'intérêt pour les plantes

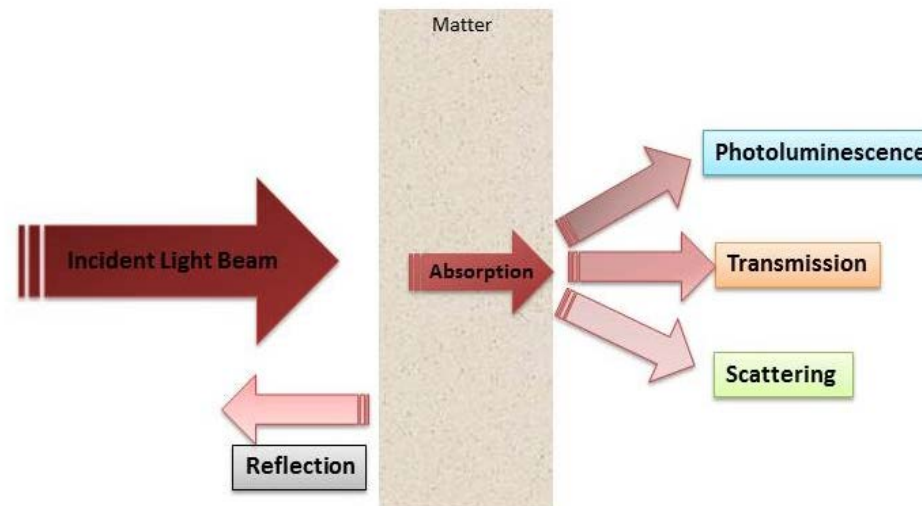
Longueur d'onde	Domaine
>10cm	Radio (150 kHz - 3 GHz)
3mm - 10cm	Micro-onde et radar (10cm±1cm, 3-100GHz)
300µm - 3mm	Terahertz (100GHz-10THz)
1µm - 300µm	Infrarouge
400nm - 700nm	Lumière visible: Rouge/Orange/Jaune/Vert/Bleu/Violet
10nm - 400nm	Ultraviolet
$10^{-11}$ m - $10^{-8}$ m	Rayon X
$10^{-14}$ m - $10^{-11}$ m	Rayon $\gamma$



# Interaction of light and matter



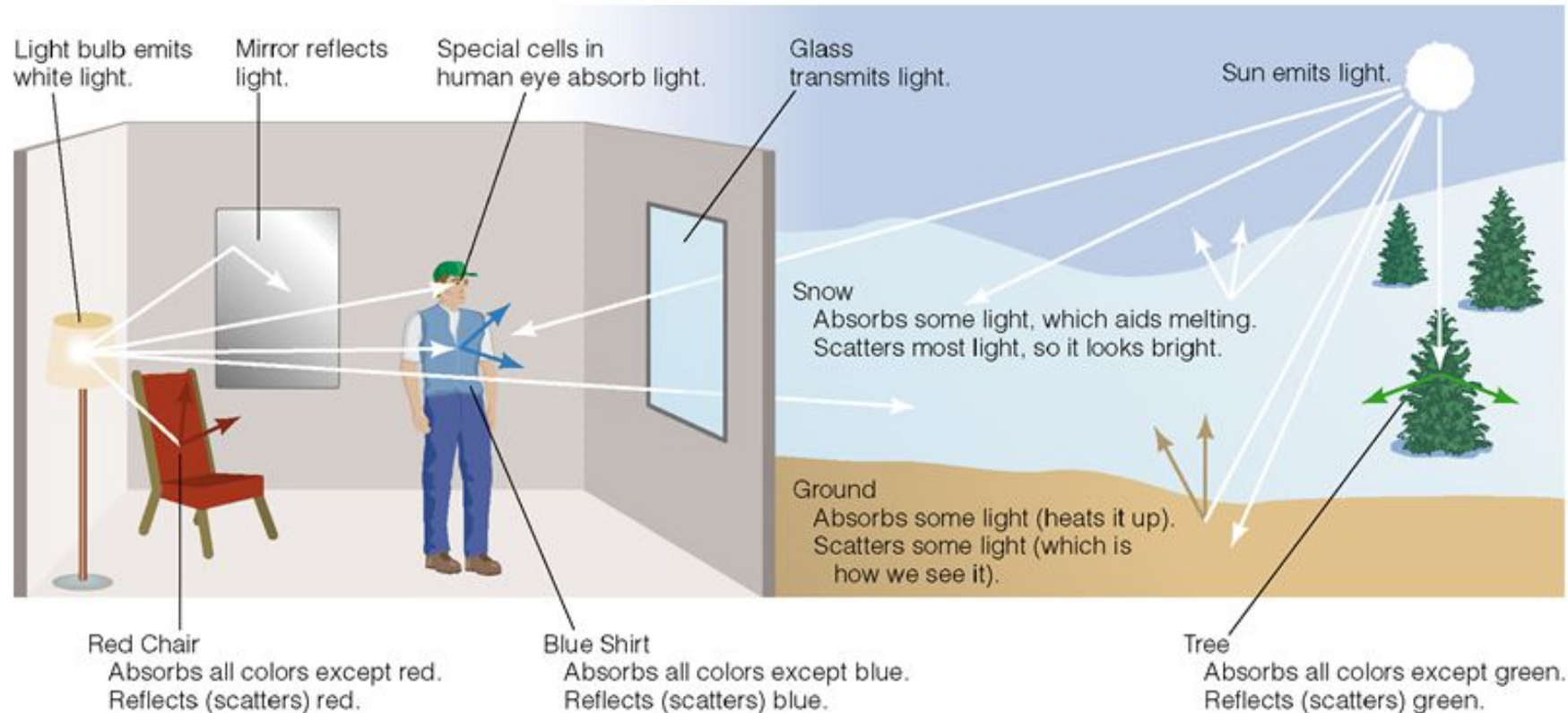
- Some or all of the light may be absorbed depending on the pigmentation of the object.



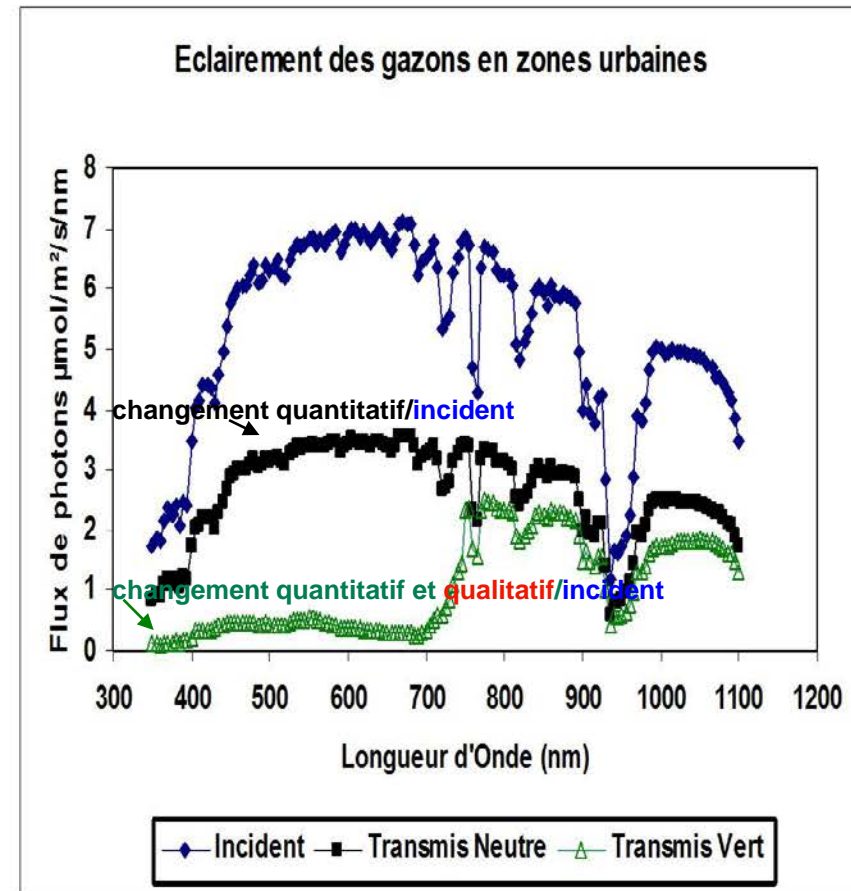
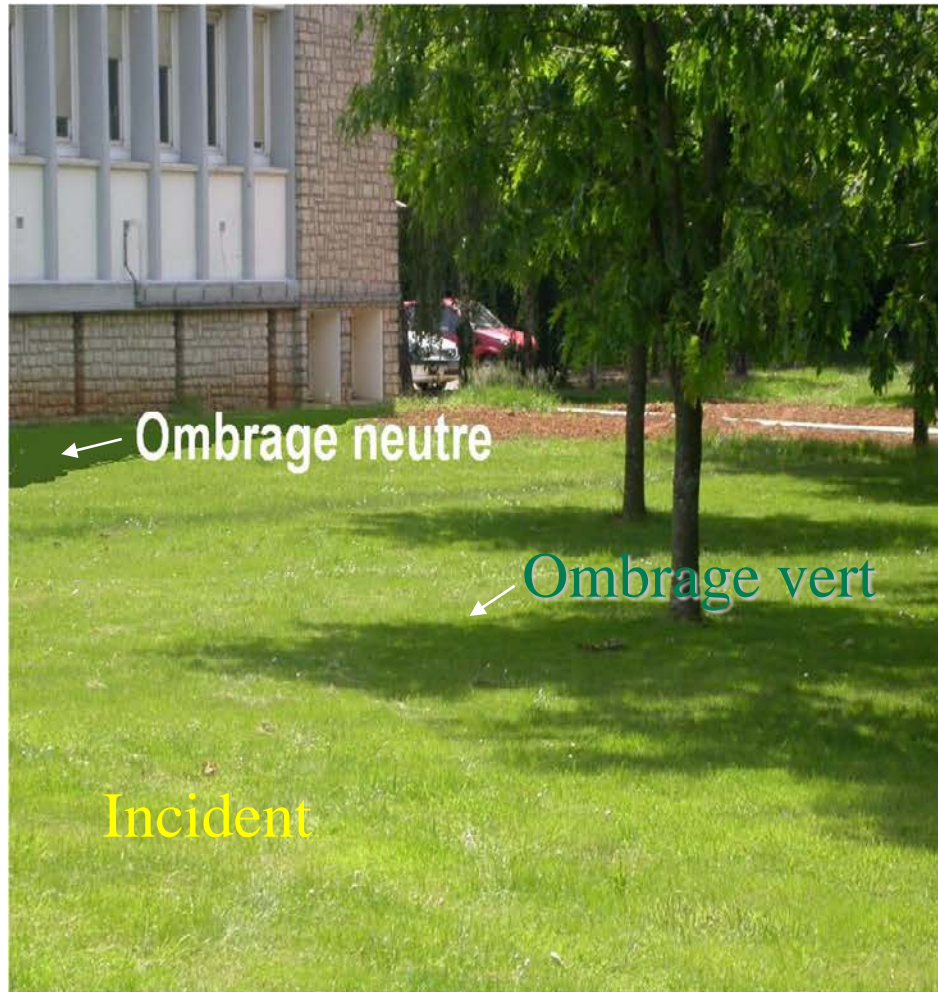


# Examples of Light/Matter Interaction

- Something that is white (to human eyes) means it reflect all the visible light...
- Something that is black (to human eyes) means that it absorbs all the visible light.

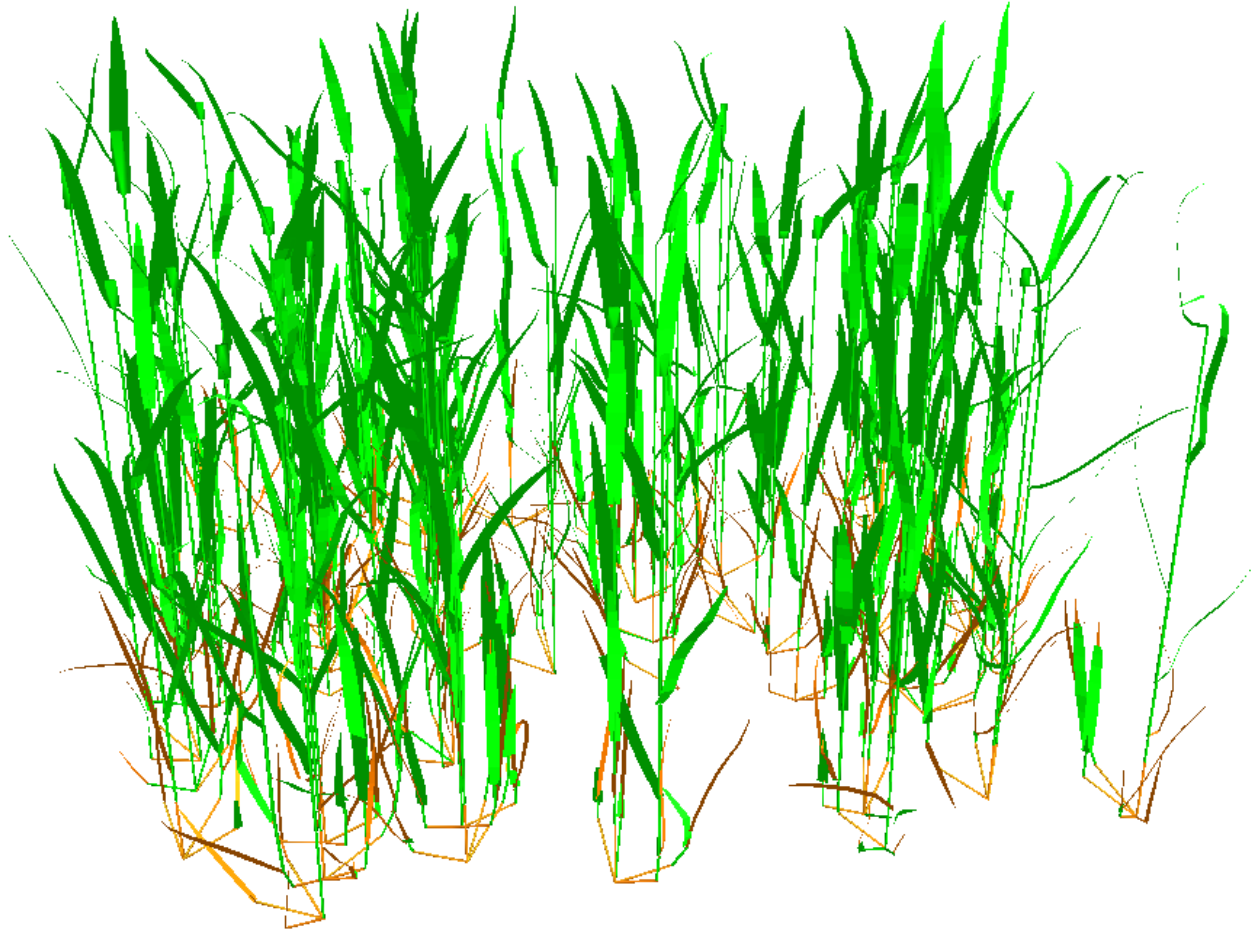


## Interactions à l'échelle du peuplement



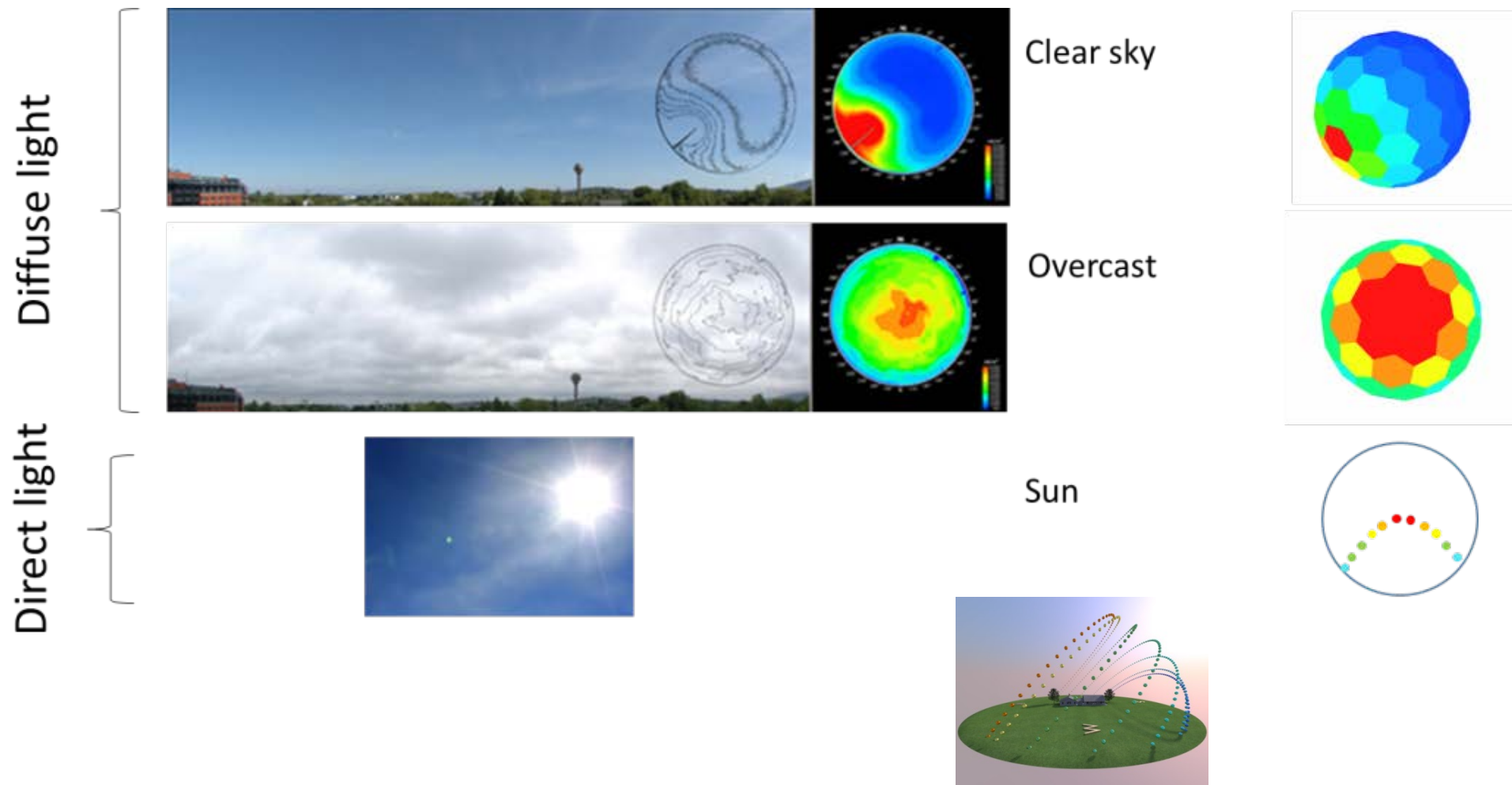
- Changements quantitatif et qualitatif (composition spectrale) de la lumière dus à l'interaction avec la végétation

# Modelisation sur structures 3D





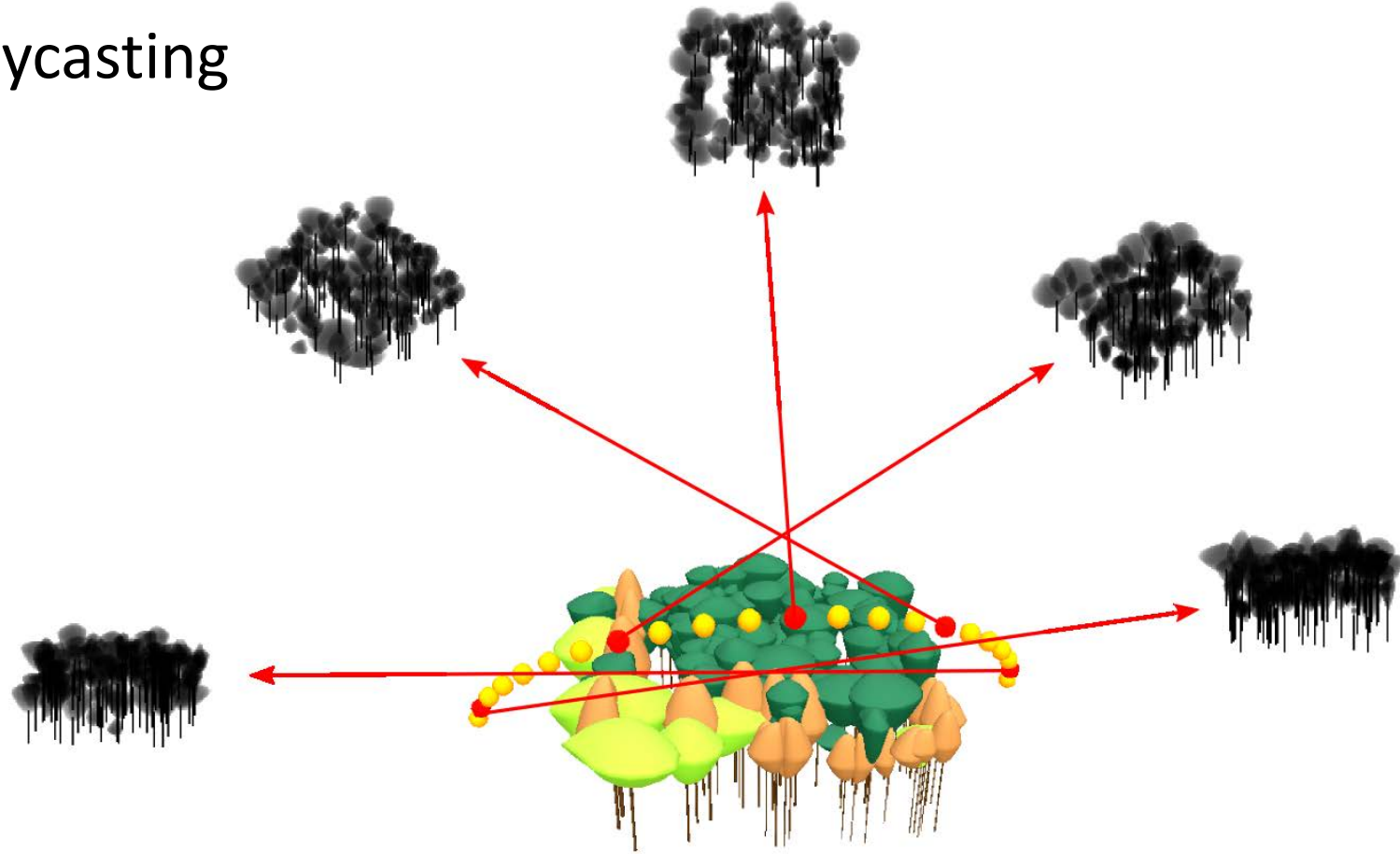
# Simulation de la luminance du ciel



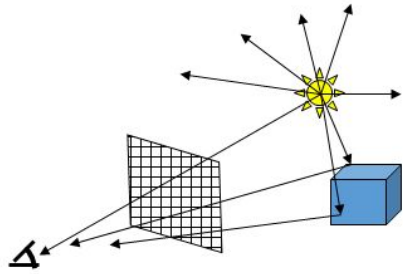


# Raycasting

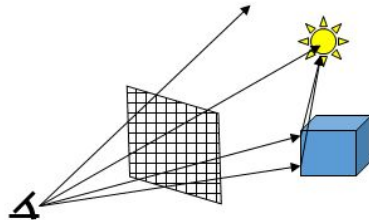
Raycasting



## Ray Tracing from Eye

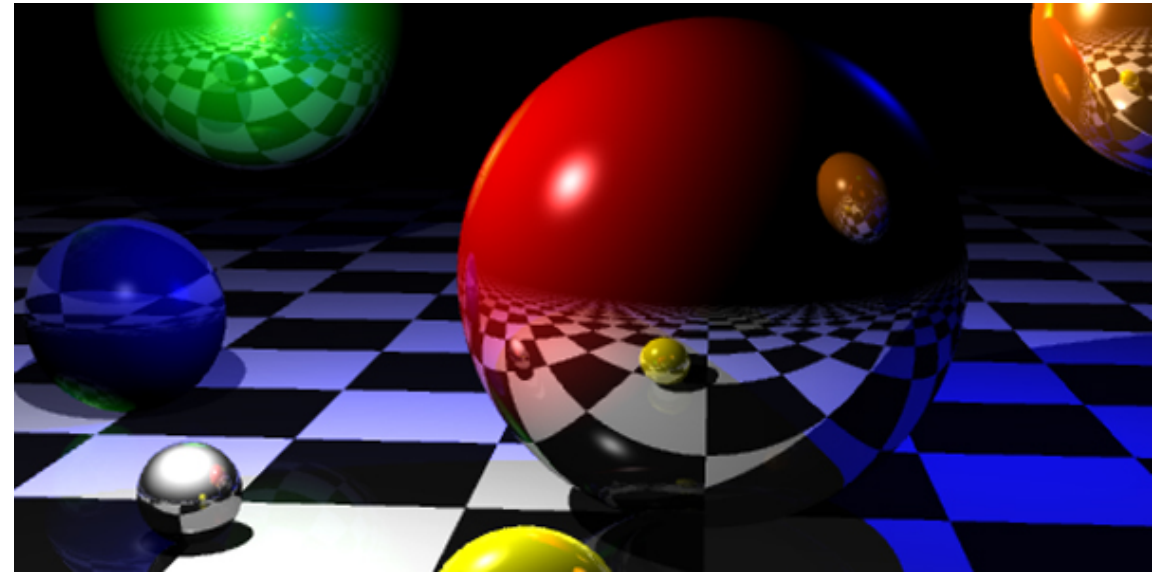


Tracing from light source

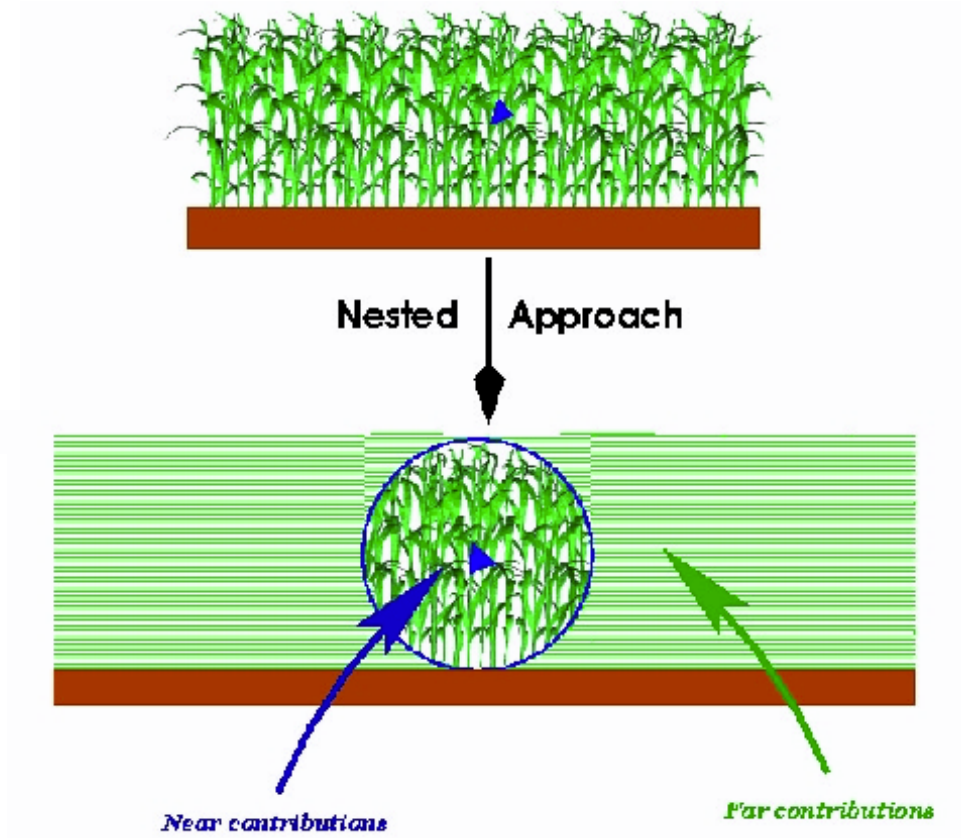
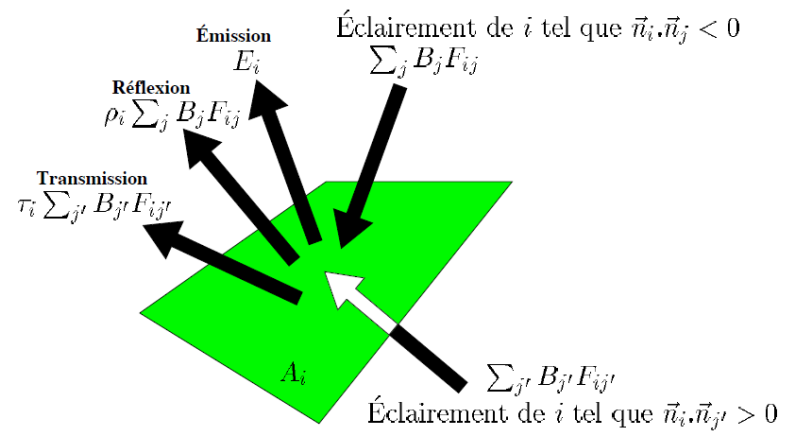
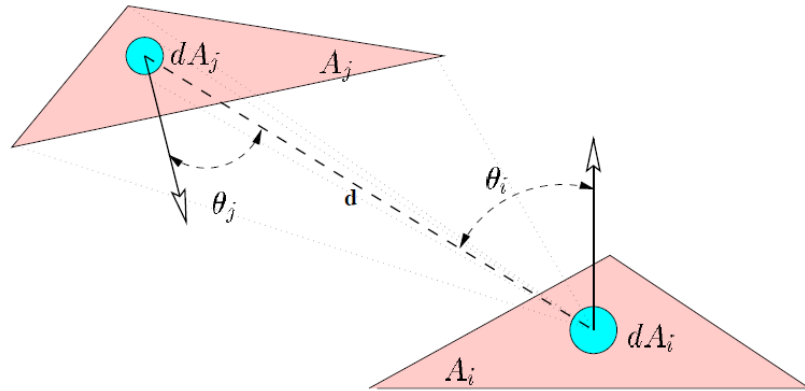


Traditional ray-tracing

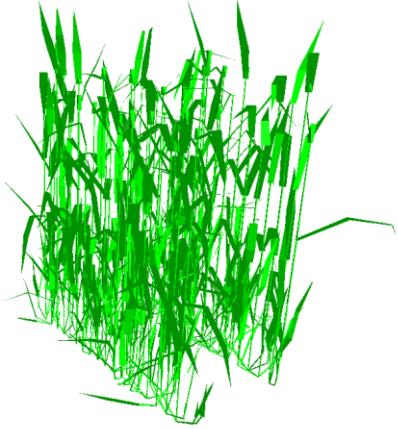
Starting at the light position traces many rays that never reach the eye. Thus the traditional ray-tracing method is to start at the eye and trace rays back-wards to the source.



# Radiosity



# Precision / computing time



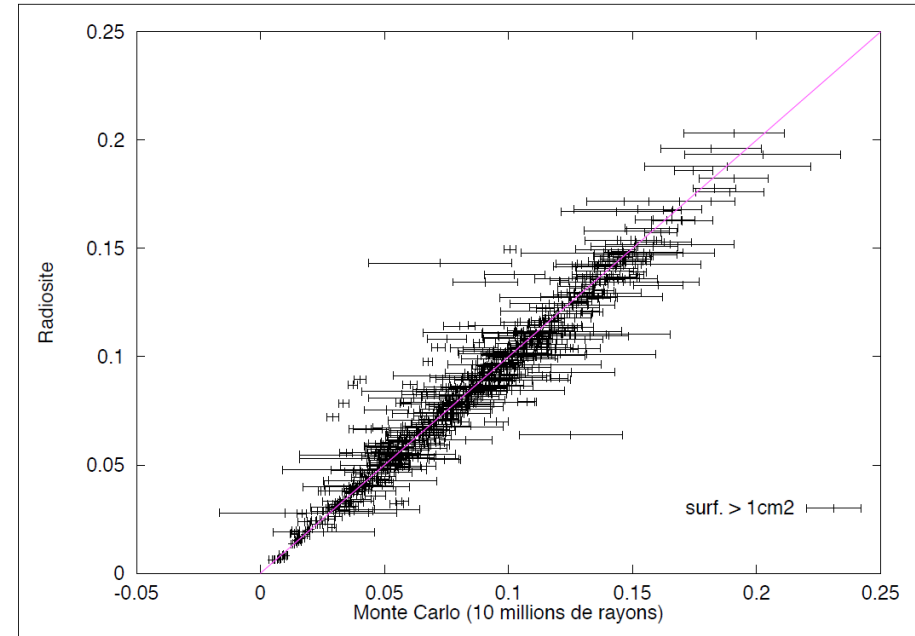
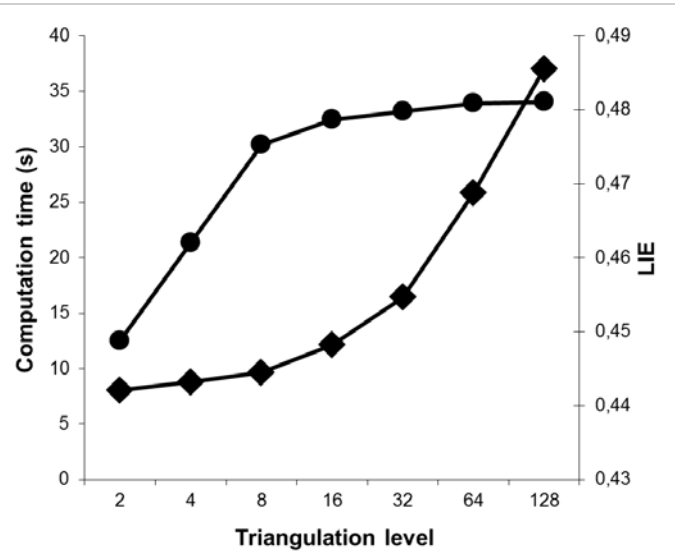
N = 2



N = 8

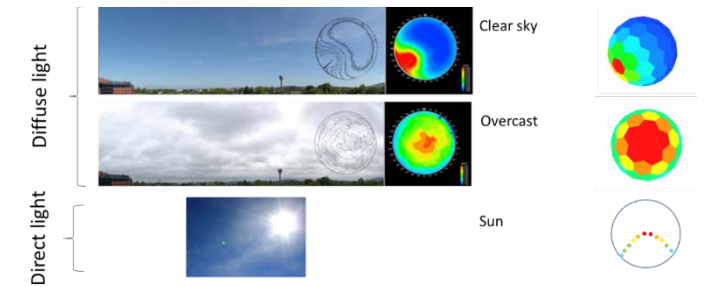


N = 64





# Input: Global horizontal irradiance



Kipp & Zonnen



Cimel



Eppley



Linke



DeltaT SPN1  
Mesure du  
Global et du  
Diffus

## Photorécepteurs utilisés :

**Une ou plusieurs thermopiles avec ou sans cache  
pour la mesure du diffus**

**Dôme en verre servant de filtre passe-haut**

**Echanges thermiques verticaux ou horizontaux**

# Grandeurs énergétiques

## Flux énergétique

Noté  $F$ , puissance rayonnée par une source ponctuelle dans toutes les directions  
L'unité SI du flux énergétique est le **Watt** (W ou J/s)

## Intensité énergétique

Notée  $I(\theta, \phi)$ , puissance rayonnée par une source ponctuelle par unité d'angle solide  $d\Omega$

$$I(\theta, \phi) = \frac{dF(\theta, \phi)}{d\Omega}$$

Elle est exprimée en **W/sr**

## Luminance

Notée  $L(\theta, \phi)$ , puissance rayonnée par une source étendue dans une direction  $u(\theta, \phi)$  par unité d'angle solide et par unité de surface

$$L(\theta, \phi) = \frac{dI(\theta, \phi)}{dS \cos \theta}$$

Elle est exprimée en **W.m<sup>-2</sup>.sr<sup>-1</sup>**

## Exitance

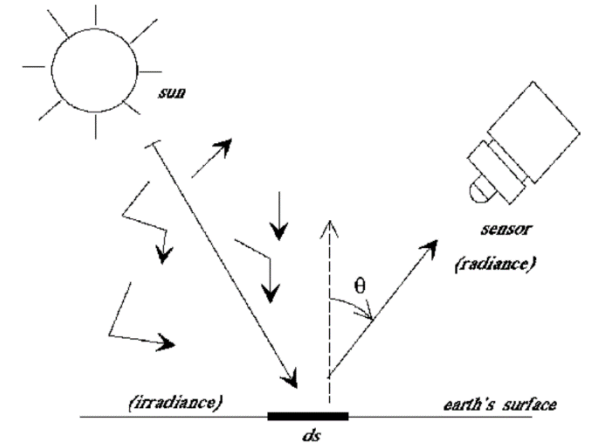
Notée  $M$ , puissance rayonnée dans l'hémisphère par unité de surface de la source.

$$M = \int_{2\Pi} L(\theta, \phi) d\Omega \cos \theta$$

Elle est exprimée en **W/m<sup>2</sup>**

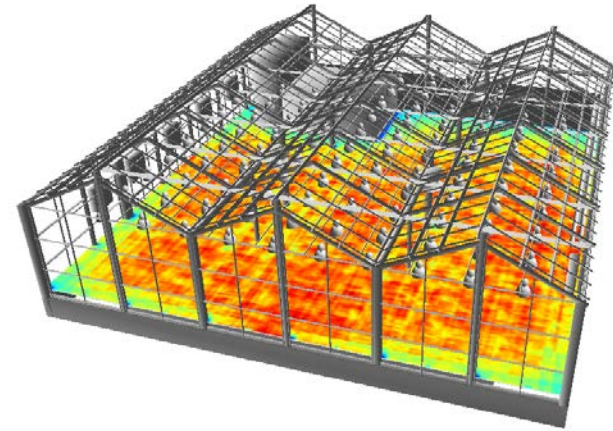
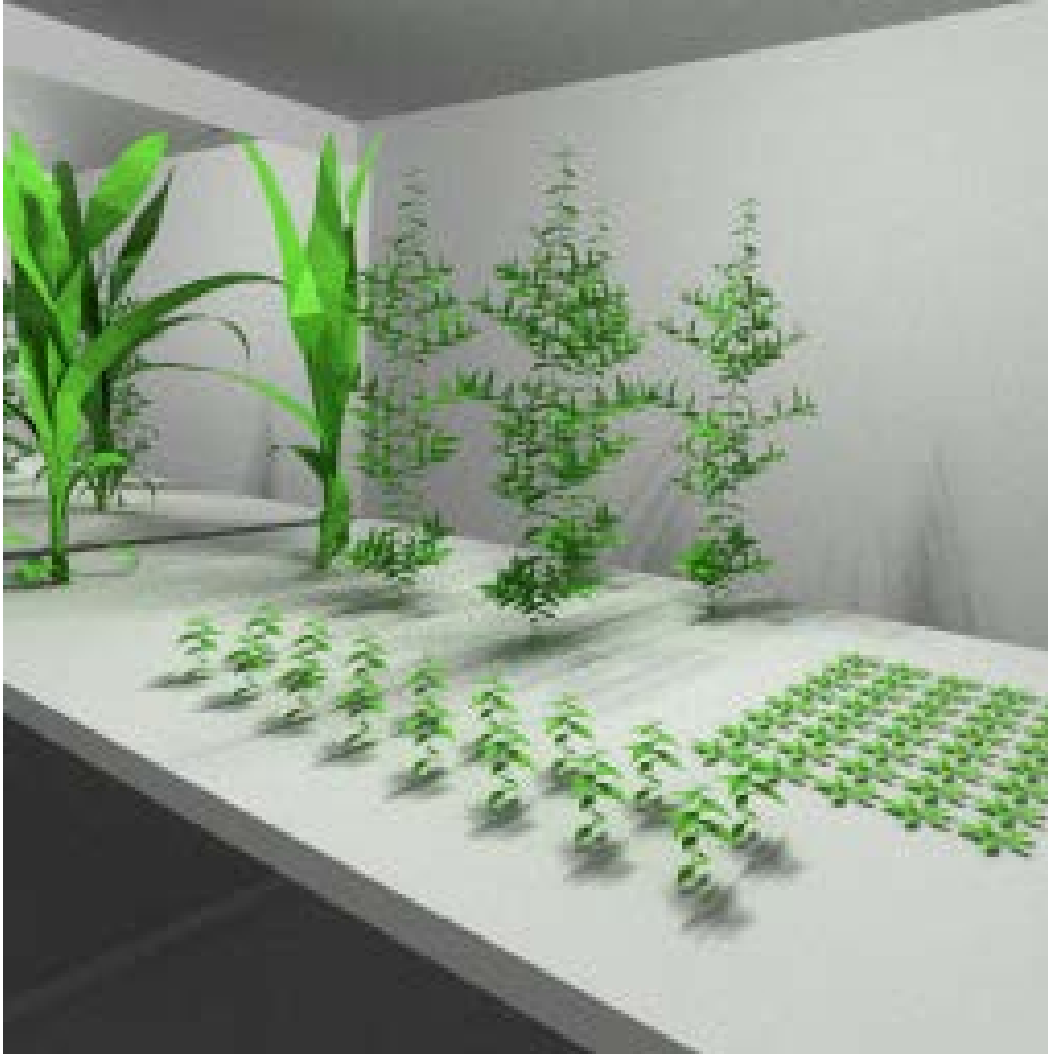
## Irradiance ou Eclairement

Noté  $E$ , puissance reçue par unité de surface du récepteur exprimé en **W/m<sup>2</sup>**



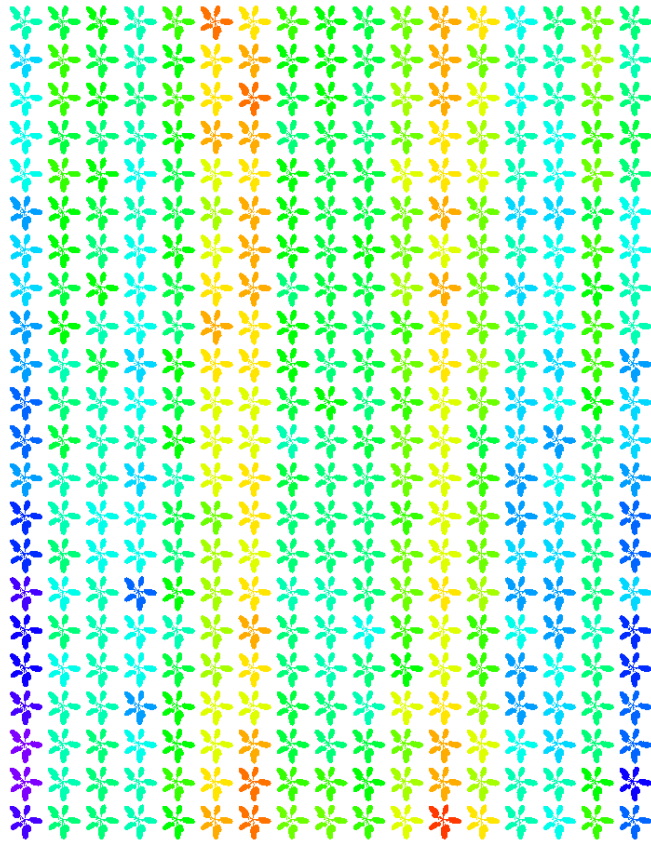
$$E = \frac{dF}{dS}$$

# Quantification du phylloclimat

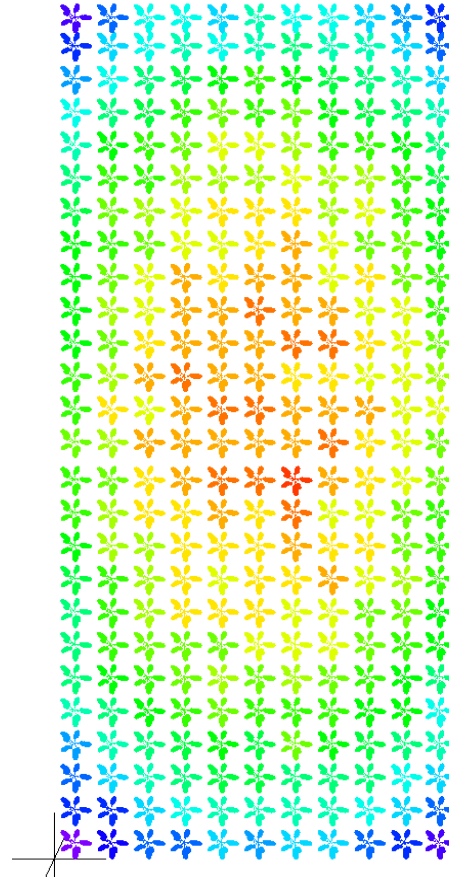


## ■ Plant irradiance simulation

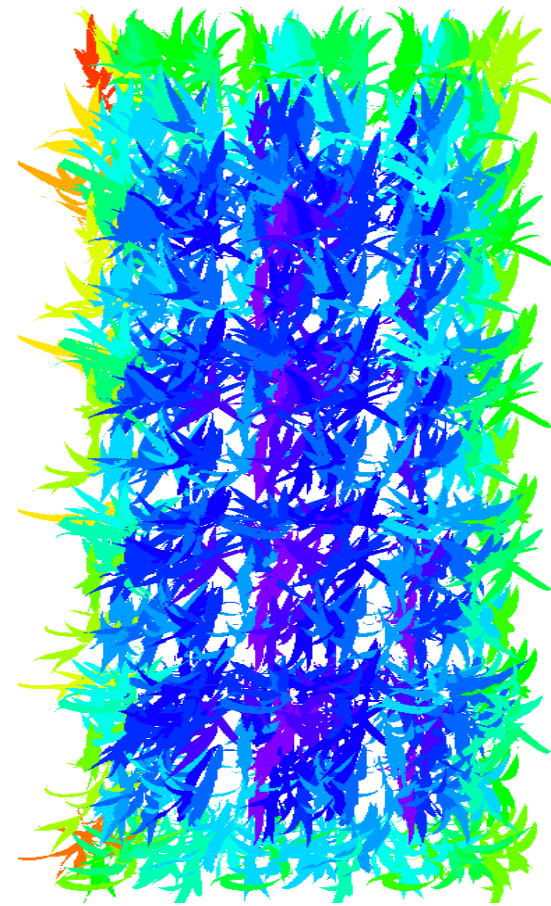
Arabidopsis & Strader



Conviron



Maize & Strader





# Analyse de réponses

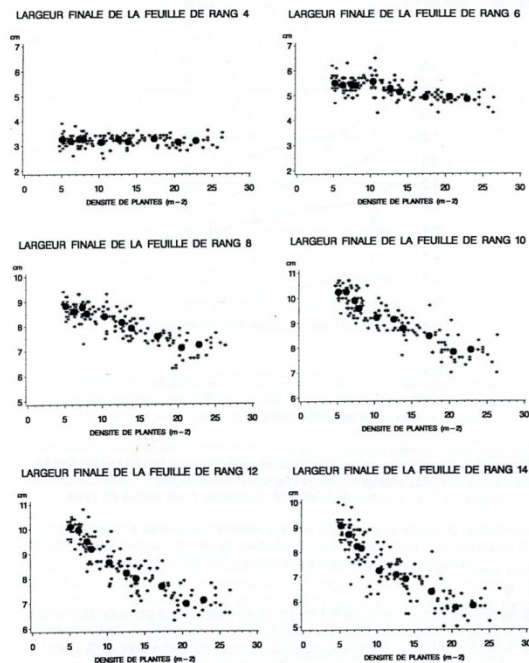
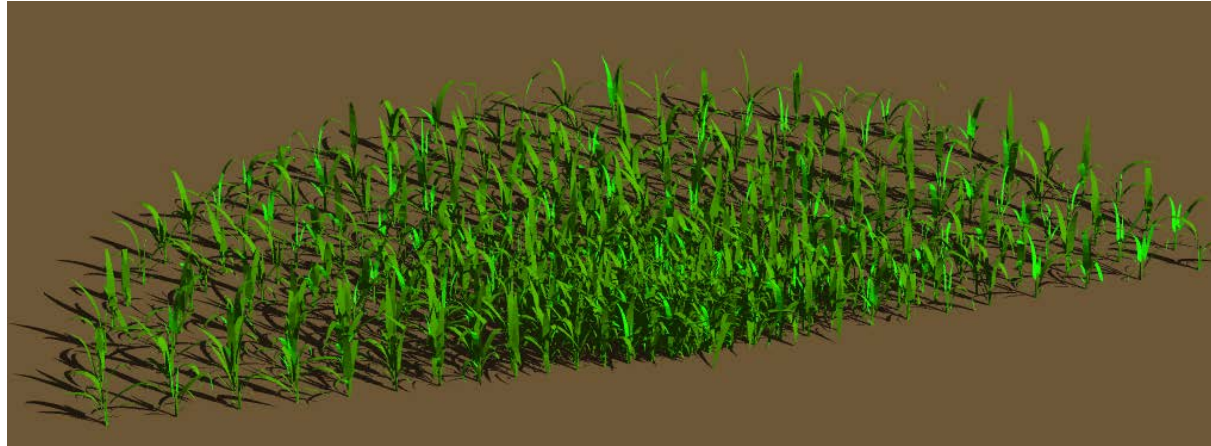
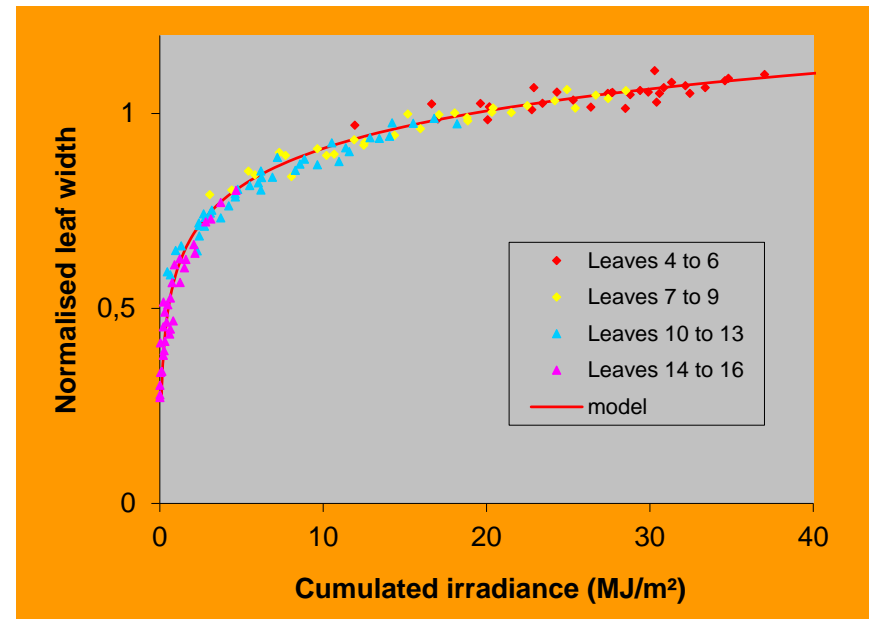
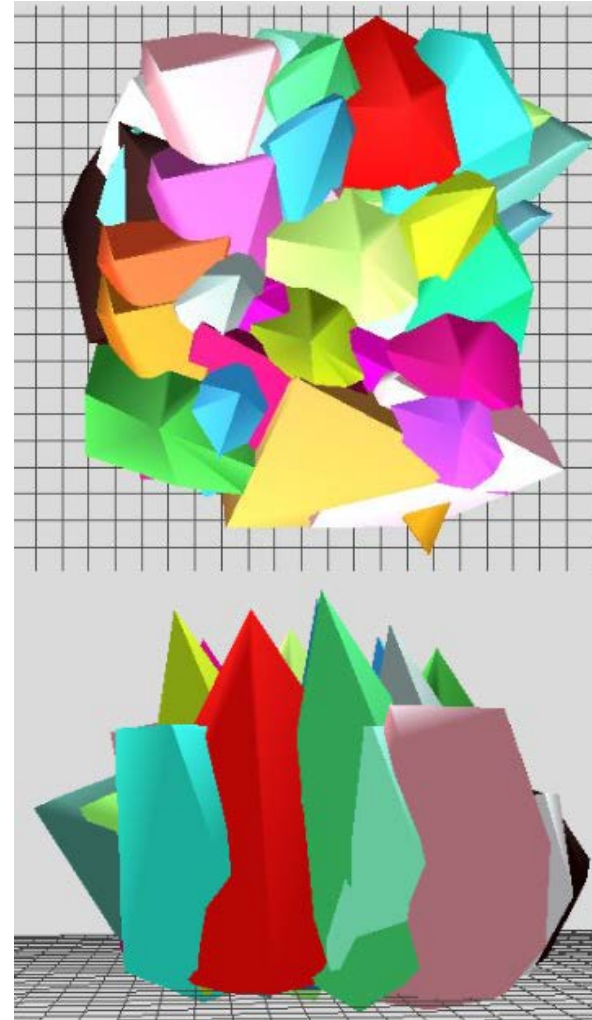
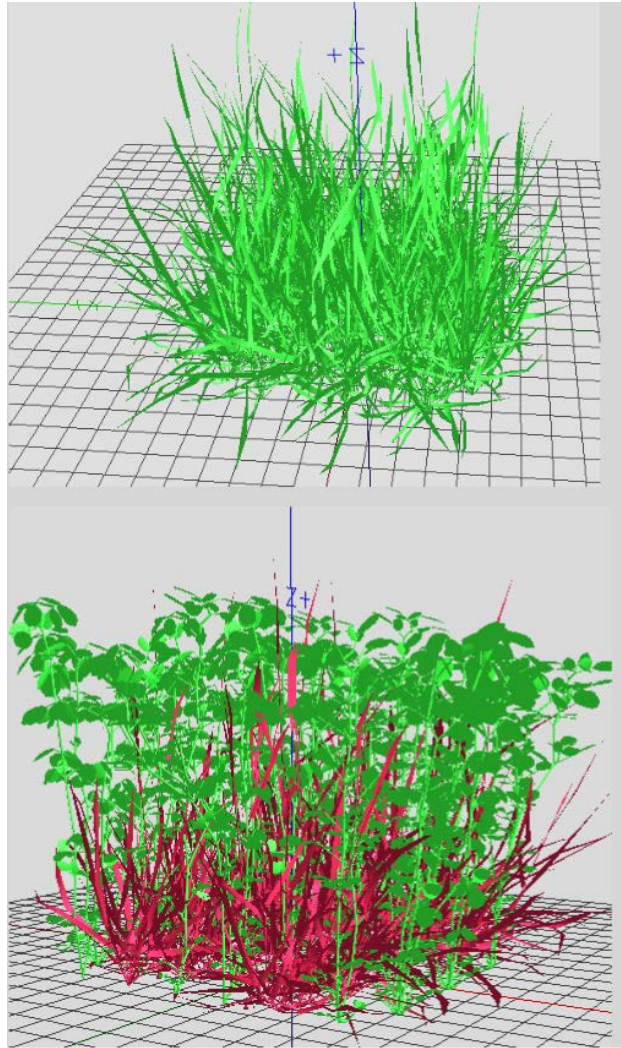


Figure 4.5 Représentation plante à plante des largeurs, en cm, pour les feuilles de rang 4, 6, 8, 10, 12 et 14 en fonction de la densité de plantes; essai réalisé en 1994. Les gros points noirs sont les valeurs moyennes par traitement.

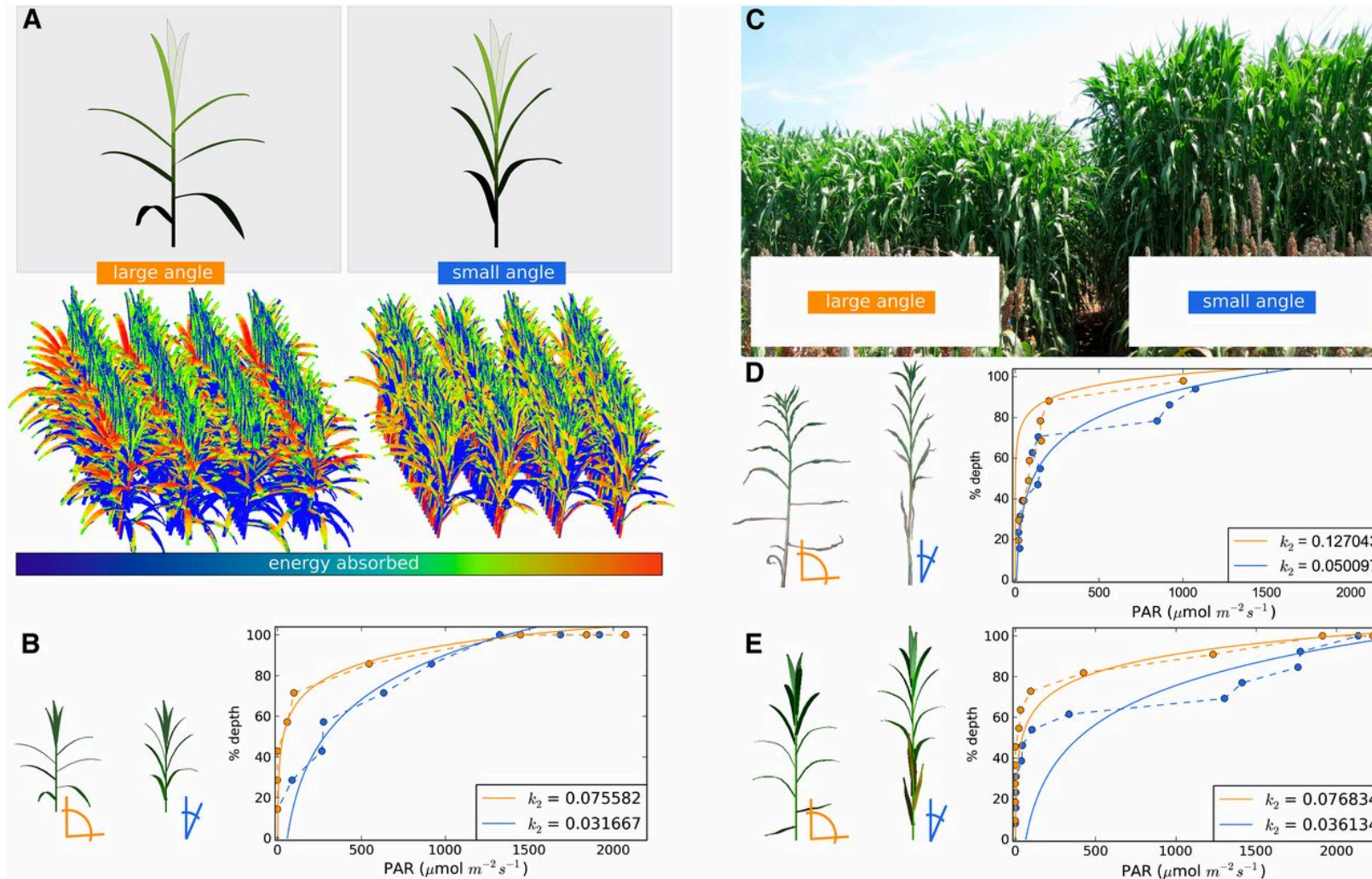


# Analyse de la competition





# Analyse de traits



**Leaf inclination angle affects light distribution in sorghum canopies.**

Sandra K. Truong et al. *Genetics* 2015;201:1229-1238

Copyright © 2015 by the Genetics Society of America

GENETICS