

Helmo – GRAMME

# Gestion du cycle de l'eau

Contexte général

# Contexte général

- Contexte général
- Caractérisation des eaux
- Gestion des eaux usées
  - Différents modèles de station d'épuration
  - Les prétraitements
  - Le traitement primaire
  - Le traitement secondaire
  - Le traitement tertiaire
  - Le traitement des boues

# Contexte général

## **L'eau**

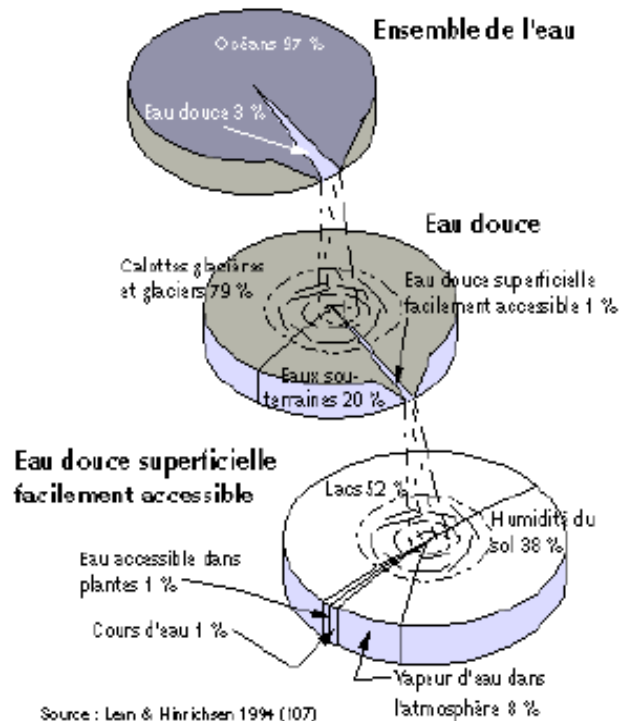
# Ressources en eau

## Répartition de l'eau sur terre

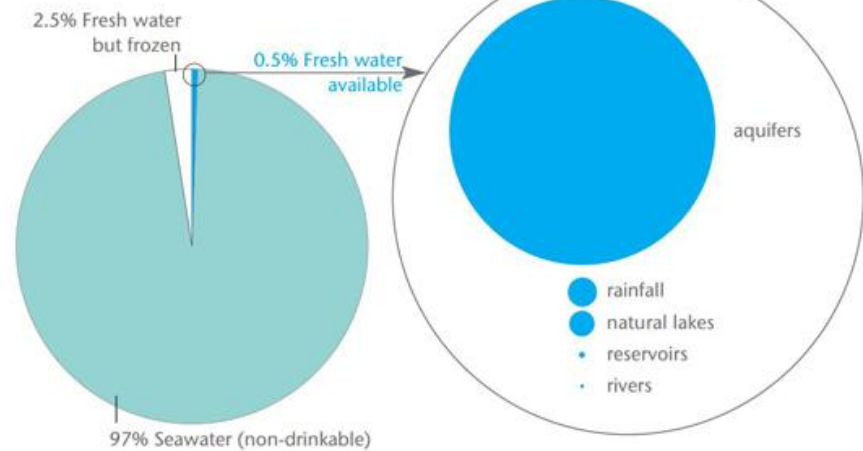
<u>Localisation ou forme</u>	<u>Volume en 10<sup>6</sup> km<sup>3</sup></u>
Océan	1380
Roches sédimentaires	210
Calottes glaciaires	16,7
Eaux souterraines	0,25
Eaux continentales de surface	0,025
Vapeur d'eau atmosphérique	0,013

Disponibilité eau de mer > Disponibilité eau douce  
Besoins eau de mer < Besoins eau douce

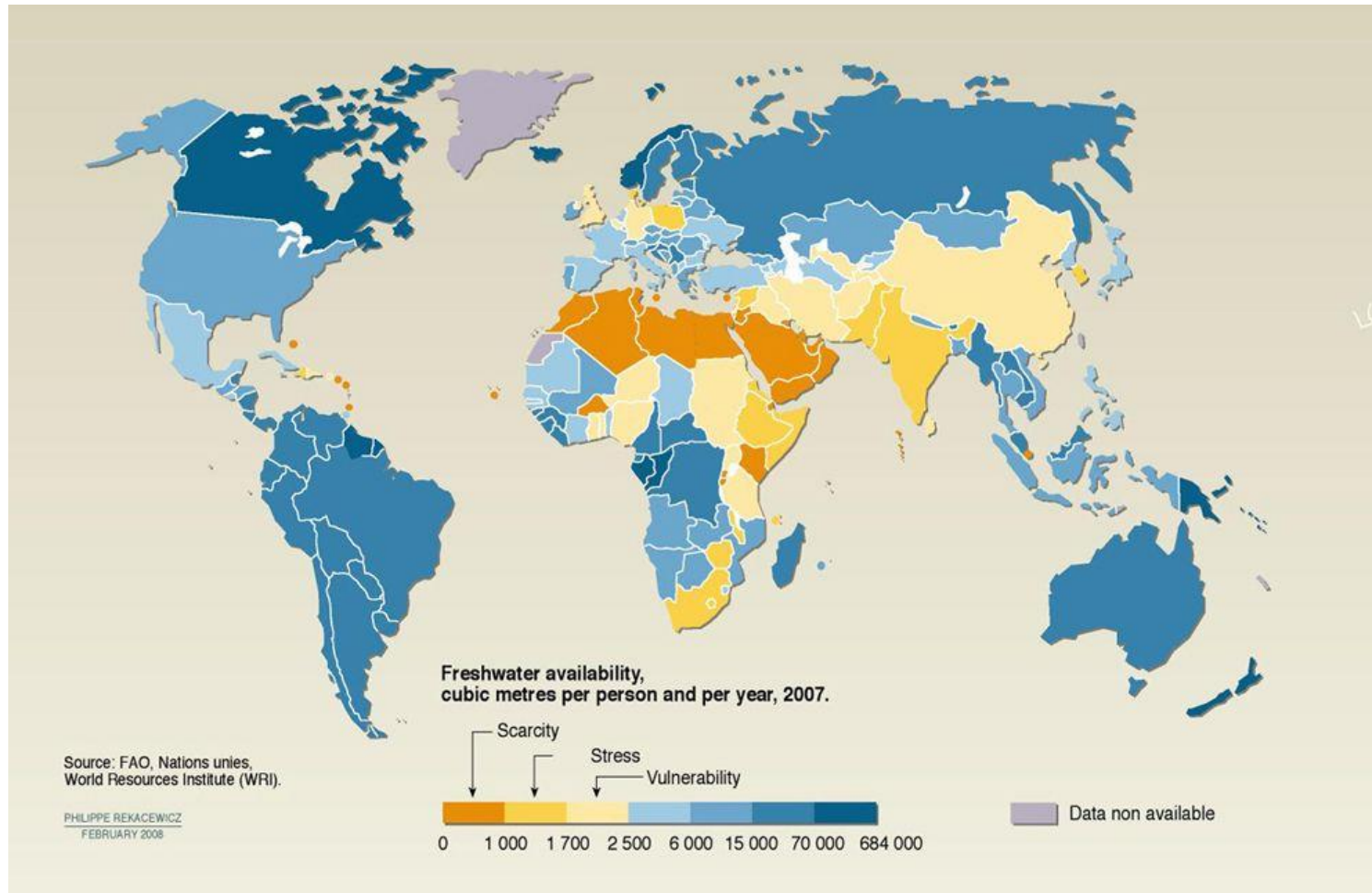
# Ressources en eau



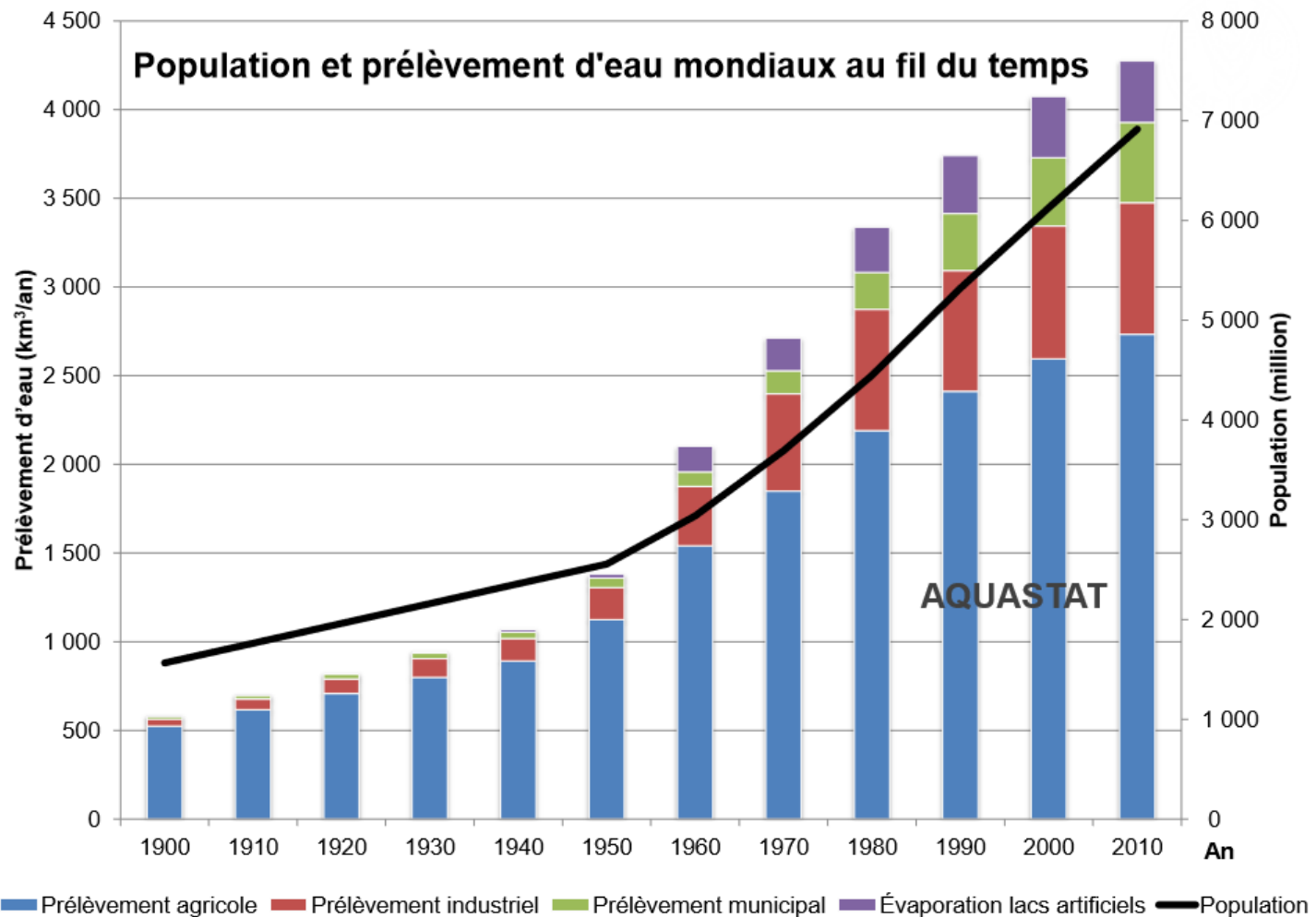
## Fresh water available



# Stress hydrique

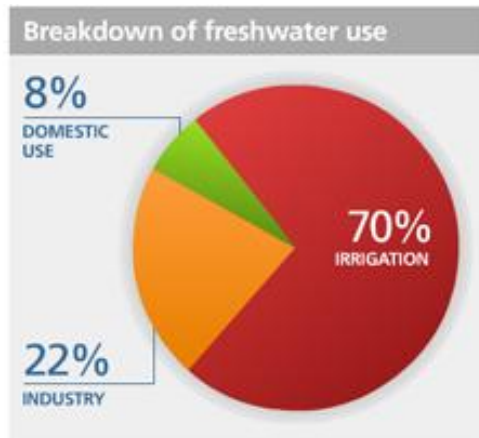


# Stress hydrique



# L'Eau, un besoin vital

- Consommation croissante d'eau douce à l'échelle mondiale
  - Prélèvements d'eau douce ont triplé en 50 ans
- L'eau est essentielle à la vie et au développement
  - Êtres humains
    - Alimentation
    - Hygiène
    - Usages domestiques
  - Agriculture
  - Industries



Source : Unesco

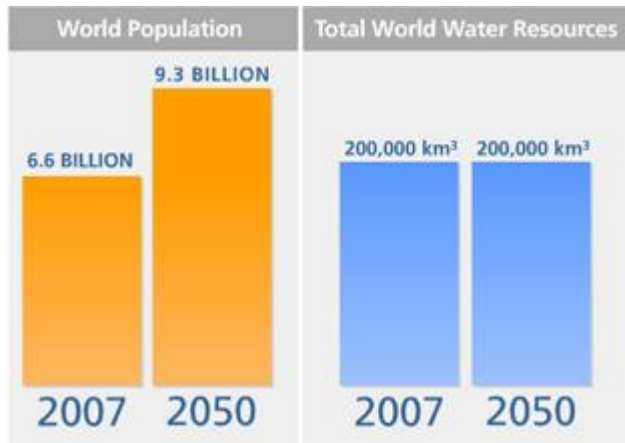
<i>Pour fabriquer une tonne de ...</i>	<i>Il faut ...</i>
<i>Coton</i>	<i>10.000 m<sup>3</sup></i>
<i>Riz</i>	<i>4.500 m<sup>3</sup></i>
<i>Plastique</i>	<i>2.000 m<sup>3</sup></i>
<i>Aluminium</i>	<i>1.300 m<sup>3</sup></i>
<i>Blé</i>	<i>500 m<sup>3</sup></i>
<i>Papier</i>	<i>250 m<sup>3</sup></i>
<i>Pétrole</i>	<i>20 m<sup>3</sup></i>
<i>Bière</i>	<i>20 m<sup>3</sup> d'eau</i>

[http://www.unwater.org/statistics\\_use.html](http://www.unwater.org/statistics_use.html)



# Les pressions sur la demande

- Croissance démographique
  - Augmentation de 80 millions de personnes/an
  - Demande supplémentaire de 64 milliards m<sup>3</sup> eau/an
  - Croissance de population dans pays en développement où accès restreint à l'eau
- Augmentation demande en produits agricoles
  - Secteur le plus gourmand en eau (70% ensemble consommation)
  - Augmentation de 70 à 90% si pas de rationalisation d'ici 2050



# Les pressions sur la demande

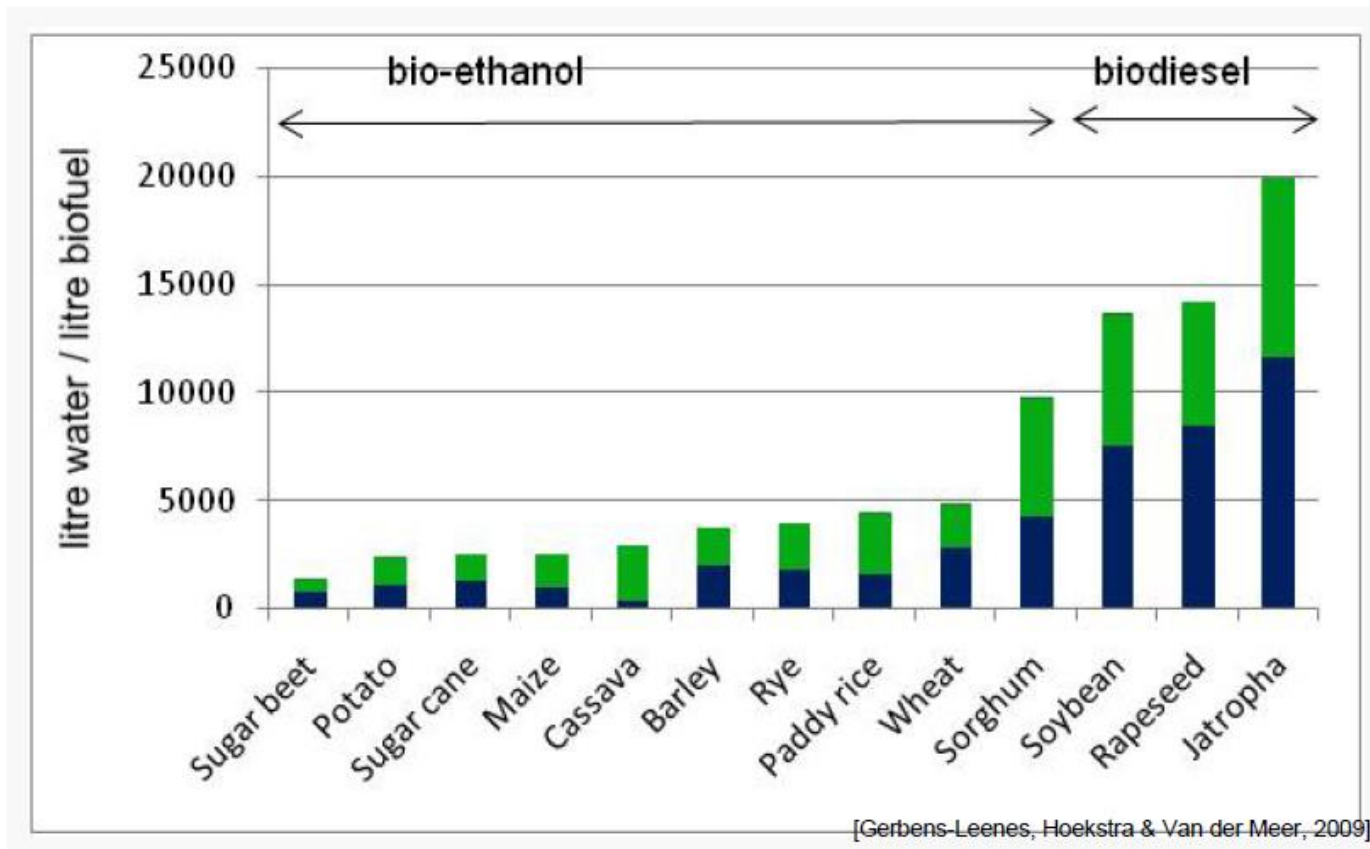
- Évolution modes de consommation alimentaire
  - Augmentation demande en viande et produits laitiers dans pays émergents
    - 1 kg de blé → 800 à 4000 l d'eau
    - 1 kg viande de bœuf → 2000 à 16000 l d'eau
    - Consommateur chinois : de 20 kg viande à 50 kg entre 1985 et 2009 (125 kg en 2002 aux USA)
- Production de biocarburants
  - 1l de bioéthanol → 1000 à 4000 l d'eau
  - Production d'éthanol a triplé entre 2000 et 2007 pour atteindre 77 milliards de litres en 2008
    - 23 % du maïs produit aux USA
    - 54% de la canne à sucre produite au Brésil
- Augmentation besoins en énergie → augmentation besoins en eau
  - Eau de refroidissement
  - Hydroélectricité : augmentation de 60% entre 2004 et 2030
    - Empreinte écologique forte
    - Déplacement de population

# Le concept « empreinte hydrique »



# Le concept « empreinte hydrique »

- L'empreinte en eau d'un produit ou teneur en eau virtuelle = volume d'eau utilisée à tous les stades de la chaîne de production



# Le concept « empreinte hydrique »

- L'empreinte en eau d'un produit ou teneur en eau virtuelle = volume d'eau utilisée à tous les stades de la chaîne de production



1 pomme → 70 l



250 ml de bière → 75 l



125 ml de vin → 120 l



1 tasse de café → 140 l



1 hamburger → 2400 l



1 kg maïs → 900 l



1 kg blé → 1300 l



1 kg riz → 3400 l



1 kg poulet → 3900 l



1 kg porc → 4800 l

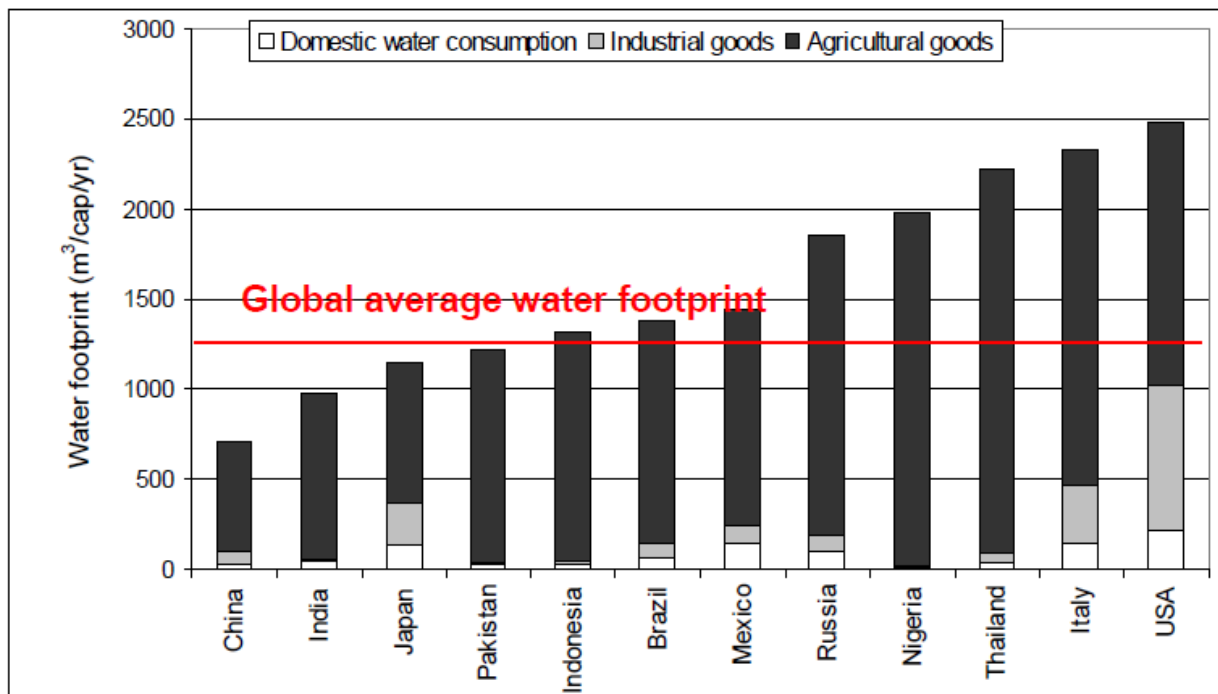


1 kg boeuf → 15 500 l

<http://www.waterfootprint.org>

# Le concept « empreinte hydrique »

- L'empreinte hydrique d'un pays  
= total d'eau utilisé pour produire les biens et services consommés par les habitants de cette nation



[Hoekstra & Chapagain, 2008]

# Le concept « empreinte hydrique »

## Water footprint components

Green water footprint  
rainwater  
incorporated into product



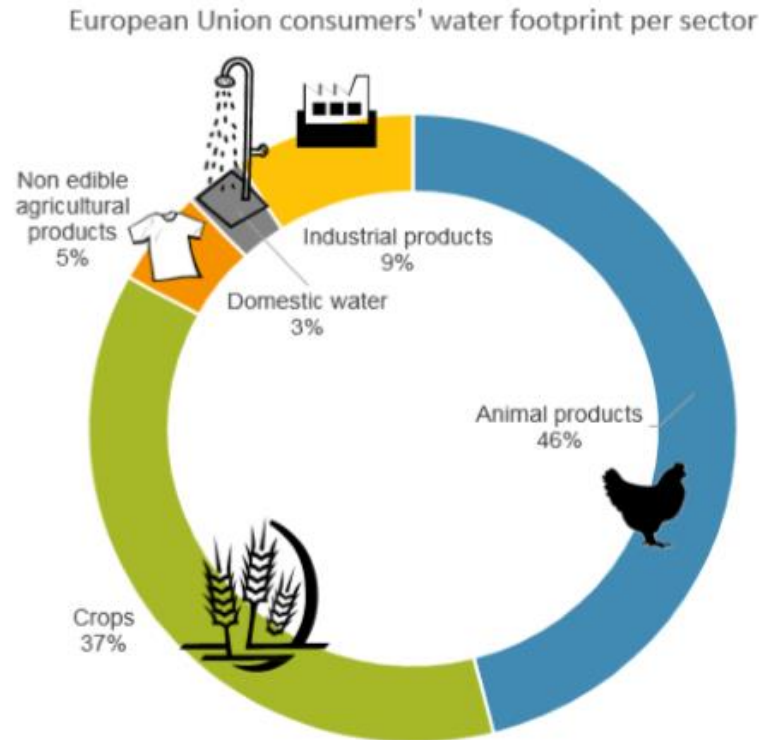
Blue water footprint  
surface or groundwater  
incorporated into product



Grey water footprint  
water needed to assimilate pollutants



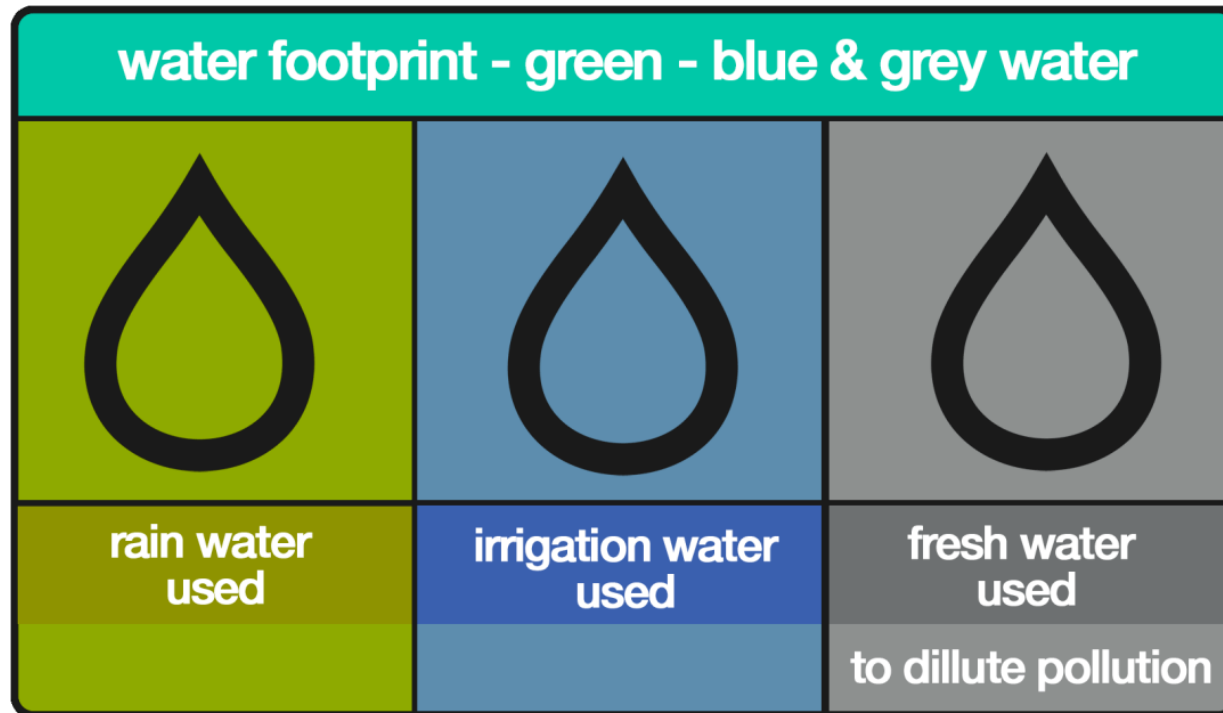
# Le concept « empreinte hydrique »



**Figure 4.** European Union consumers average water footprint per sector. (Source: D. Vanham, A.Y. Hoekstra, G. Bidoglio (2013). *Potential water saving through changes in European diets*. *Environment International* 61 (2013) 45–56).



# Le concept « empreinte hydrique »



# Le concept « empreinte hydrique »

- Pour plus d'informations :

<http://www.waterfootprintassessmenttool.org/assessment/>

# Cycle naturel de l'eau

**Brut.**



# Caractéristiques chimiques de l'eau

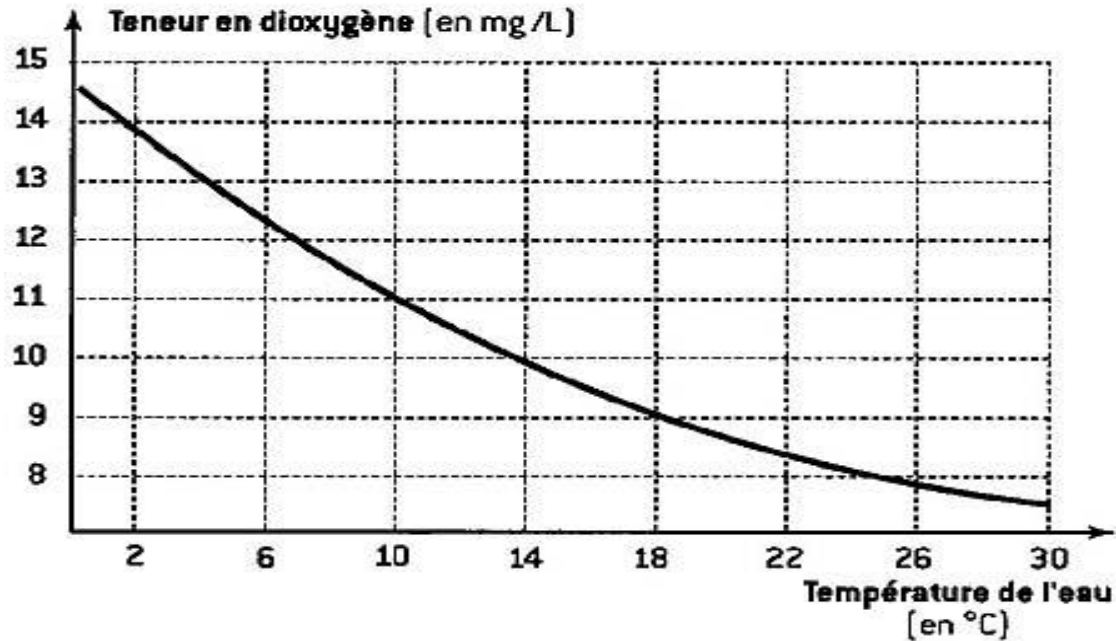
- pH → lié à la nature des roches du sous-sol
  - acide (pH<5) = quartzite, etc. → peu propice à la vie
  - neutre à basique (pH= 5-9) = calcaire, dolomie, etc.
    - grande diversité faunistique

# Caractéristiques chimiques de l'eau

- Oxygène dissous
  - Réactions d'oxydo-réduction

$$K_H = \frac{[O_2(aq)]}{P_{O_2}} = 1,3 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{atm}^{-1}$$

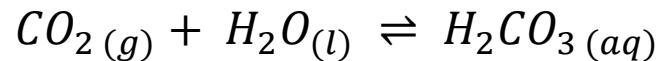
$O_2(g) \rightleftharpoons O_2(aq)$



# Caractéristiques chimiques de l'eau

## - CO<sub>2</sub> dissous

- Influence le pH
- Provient de la respiration et de la combustion
- Permet la photosynthèse
- Gaz à effet de serre



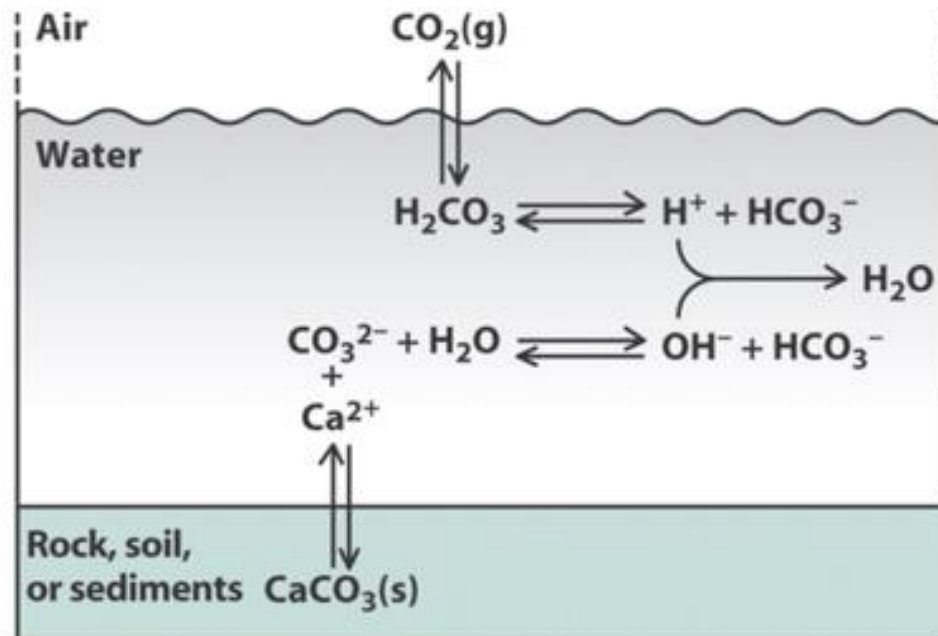
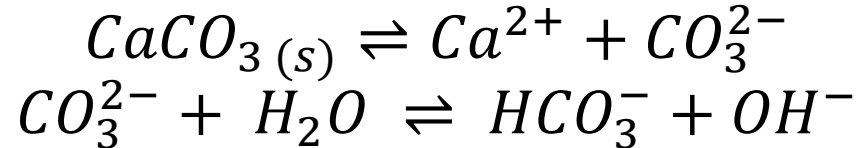
# Caractéristiques chimiques de l'eau

- CO<sub>2</sub> dissous
  - Quelle est la quantité de CO<sub>2</sub> dissous dans l'eau?
    - $K_H = 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$
    - $P(\text{CO}_{2,(g)}) = 390 \text{ ppm}$
  - Quel est le pH obtenu par la dissolution du CO<sub>2</sub> dans l'eau pure?
    - $K_a = 4,5 \cdot 10^{-7}$

# Caractéristiques chimiques de l'eau

## - CO<sub>2</sub> dissous

- Augmentation de l'acidité des eaux
- Ion carbonate dans les eaux provient des roches

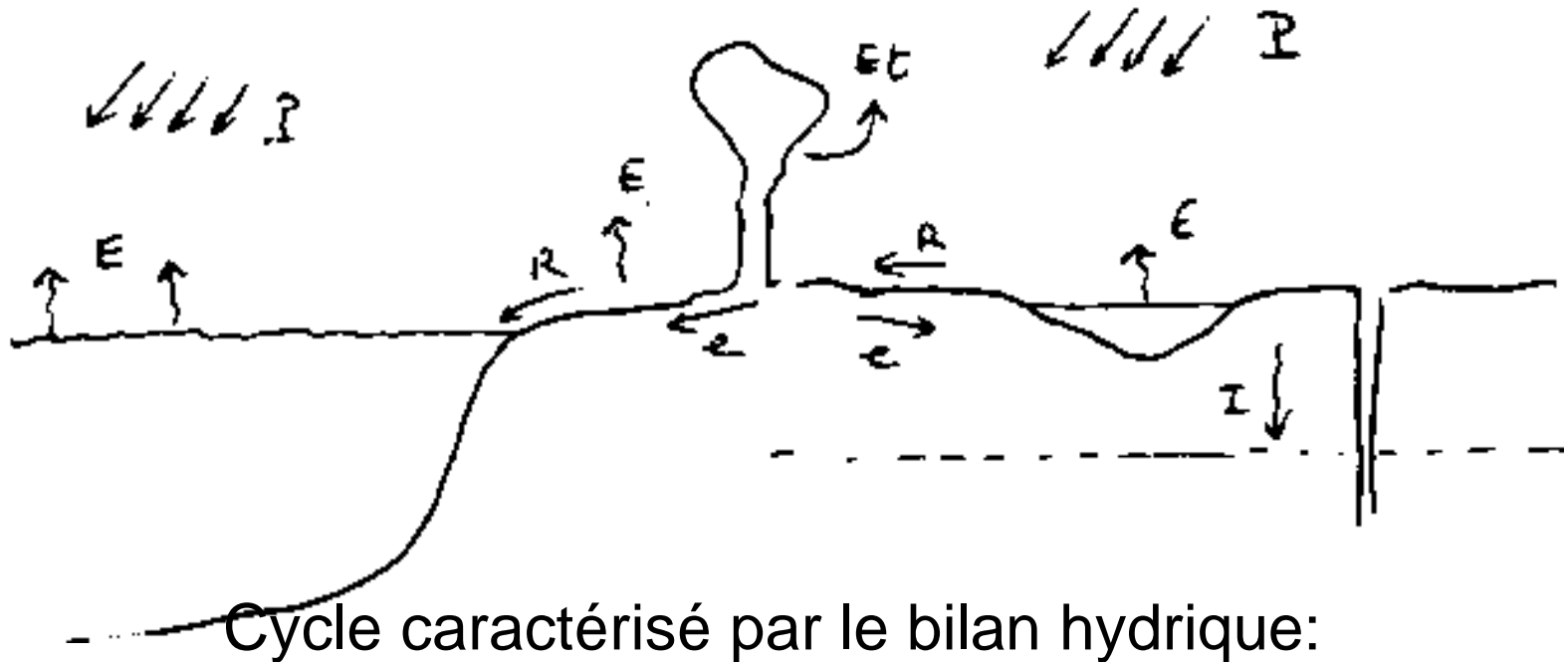




# Cycle naturel de l'eau



# Cycle naturel de l'eau



Cycle caractérisé par le bilan hydrique:

$$P = E + Et + e + R + I + (F - L)$$

**F** = eau fixée par les organismes vivants

**L** = eau libérée par les individus morts

F et L en équilibre

→ négligeable

# Cycle naturel de l'eau

**P = précipitations**

Appareil de mesure : Pluviomètre

Unité : mm d'eau (1mm eau = 1 L/m<sup>2</sup>)

**E = évaporation** Facteurs influençant E :- Type de sol  
- Température

**Et = évapotranspiration** = eau transpirée par le végétal  
→ Assure la montée de la sève

**E + Et** peut représenter une très grande quantité d'eau :

Ex: en forêt équatoriale, 1173mm évapotranspirés pour 1510 mm de précipitations  
→ Importante influence des forêts sur le climat

**e = écoulement hypodermique** = eau qui circule dans le sol  
→ Alimente les cours d'eau

# Cycle naturel de l'eau

**R = ruissellement** = écoulement à la surface du sol via le réseau hydrographique des bassins versants

Facteurs influençant R :

- Nature du sol (argile, calcaire, sable,...)
- Pente
- Couvert végétal (rôle dans l'érosion des sols)

→ Débit de crue >< Débit d'étiage

**I = infiltration** Facteurs influençant I :

- Nature du sous-sol
- Couvert végétal
- Pente
- Réserves d'eau de la nappe phréatique (niveau piézométrique)



→ Phénomènes karstiques (dolines, chantoires, grottes)

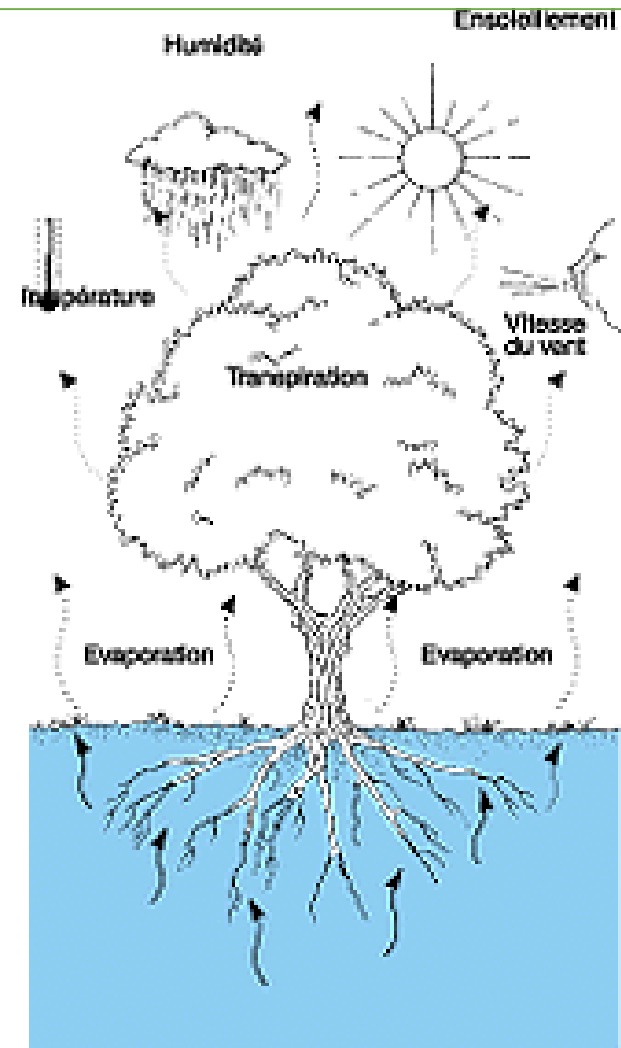
# Cycle naturel de l'eau



<http://www.techno-science.net/>  
Champs irrigués dans le Kansas  
(vue satellite, couleurs fausses)



<http://photography.nationalgeographic.com/>



<http://www.fao.org/>  
Facteurs de l'ETP  
(EvapoTransPiration)

# Cycle technique de l'eau

