



UE16S5- Géographie des milieux : Les hydrosystèmes

Licence 3

Laurent Chalumeau

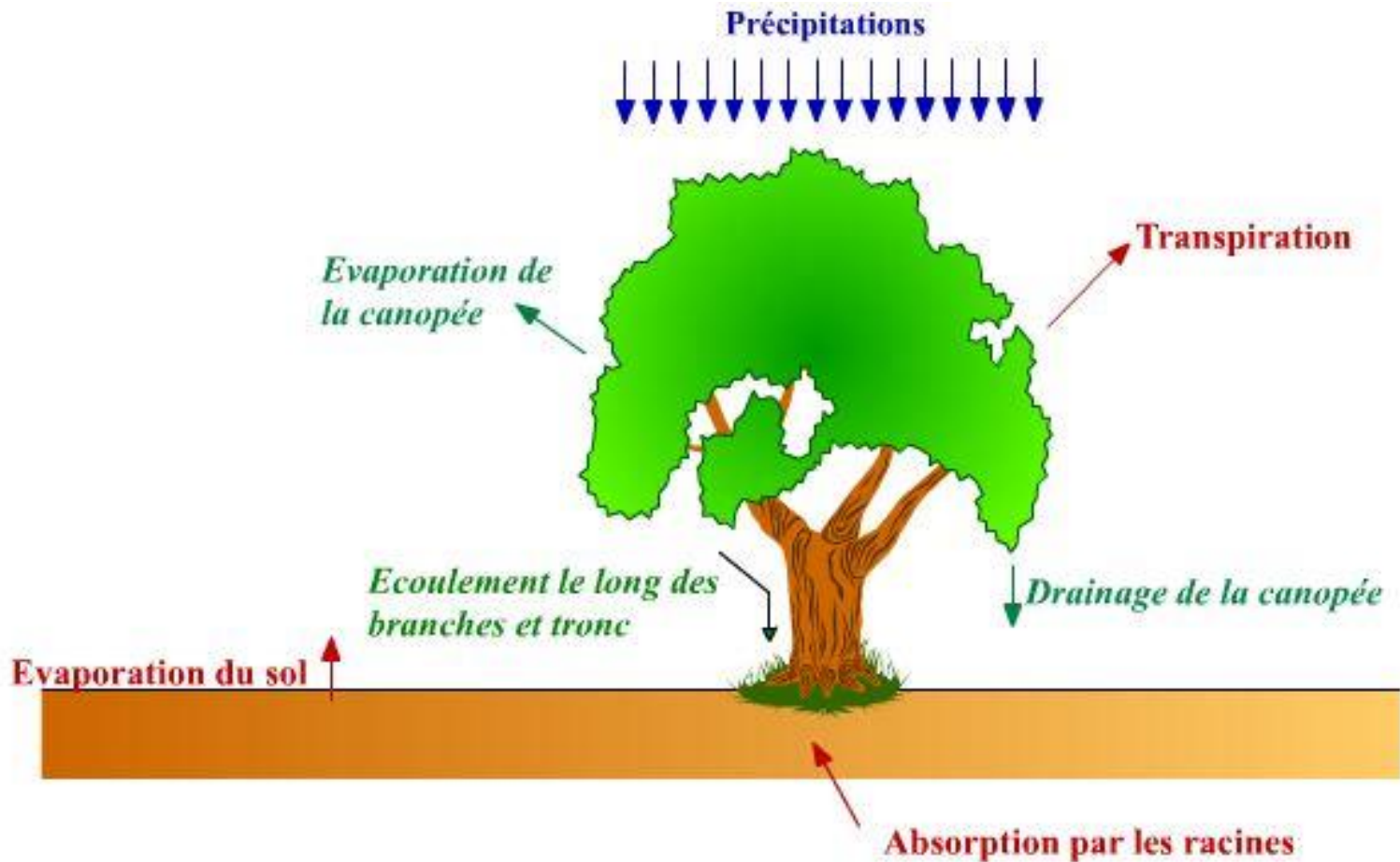
CM : 12h

TD : 12h

L'interception

Introduction

Les différents éléments des processus d'interception et d'évaporation



L'interception

Définition

Interception : Processus par lequel une partie des précipitations est captée et retenue par la végétation (frondaison des arbres et litière), puis...

... évaporée ou absorbée par la plante sans avoir atteint la surface du sol.

⇒ fraction de l'eau qui n'atteint jamais le sol

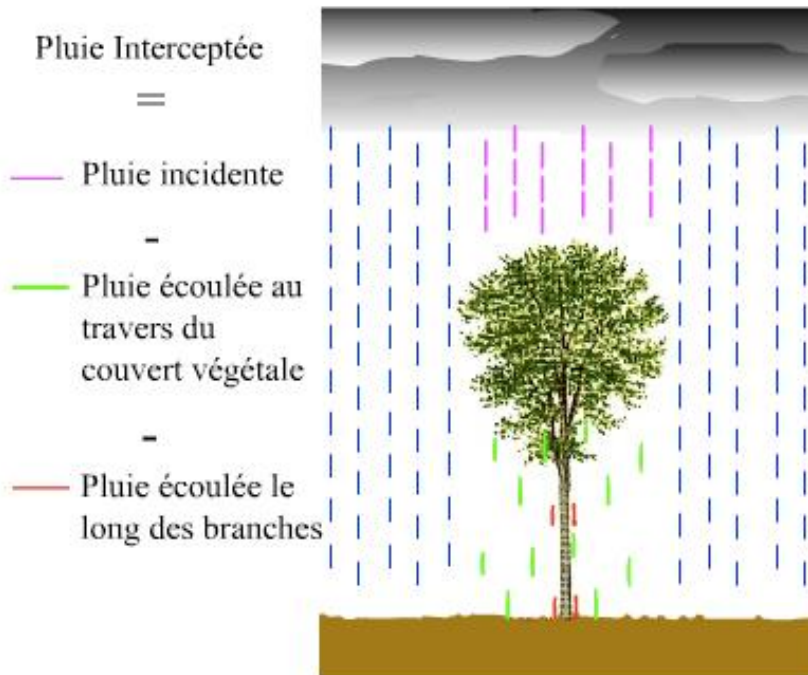
⇒ Interception évaporée => pertes par interception
(*Interception losses* des hydrologues)

L'interception

Définition

Interception : Processus par lequel une partie des précipitations est captée et retenue par la végétation (frondaison des arbres et litière), puis...

... évaporée ou absorbée par la plante sans avoir atteint la surface du sol.



$$I = P_i - (P_s + P_t)$$

Où :

I : interception [mm],

P_i : pluie incidente [mm],

P_s : pluie atteignant le sol drainée au travers du couvert végétal (canopée) [mm],

P_t : pluie atteignant le sol par écoulement le long des branches et des troncs [mm].

L'interception

Définition

Interception : Processus par lequel une partie des précipitations est captée et retenue par la végétation (frondaison des arbres et litière), puis...

... se répartie en trois catégories :

- évaporée ou absorbée ;
- atteint le sol par égouttage ;
- atteint le sol par ruissellement le long des branches et du tronc.

} Précipitation différée mais pas une perte du point de vue hydrologique

L'interception

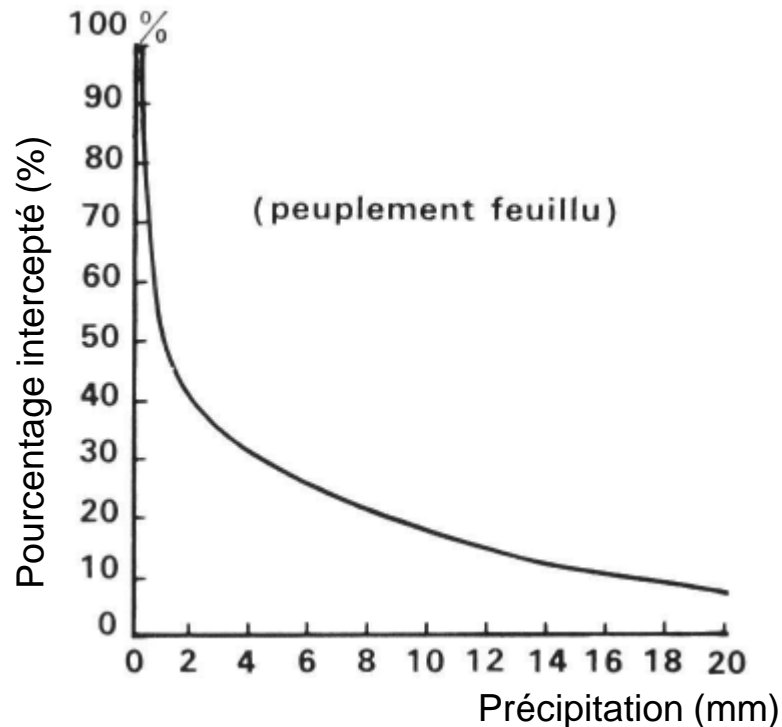
Facteur lié à la structure de l'épisode pluvieux

Intensité des précipitations

Le pourcentage d'interception diminue avec l'intensité des précipitations :

Exemple sous forêt tropicale denses ombrophile :

- pluies faibles (1 mm) : 85 % intercepté
- pluies intense (20 mm) : 12 % intercepté



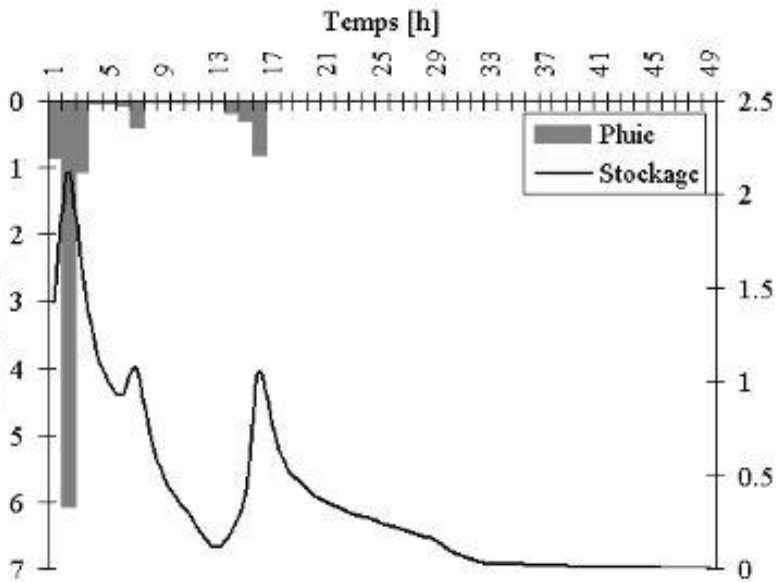
L'interception

Facteur lié à la structure de l'épisode pluvieux

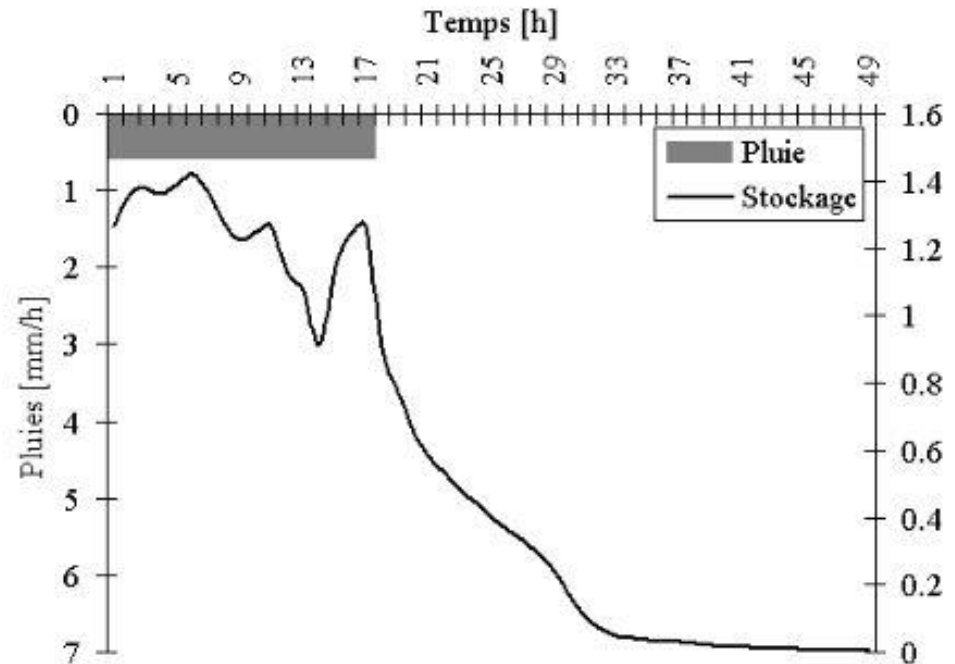
Précipitation par averses ou continue

Evolution du stockage sur la canopée pour deux structures de précipitations différentes.

précipitation non uniforme



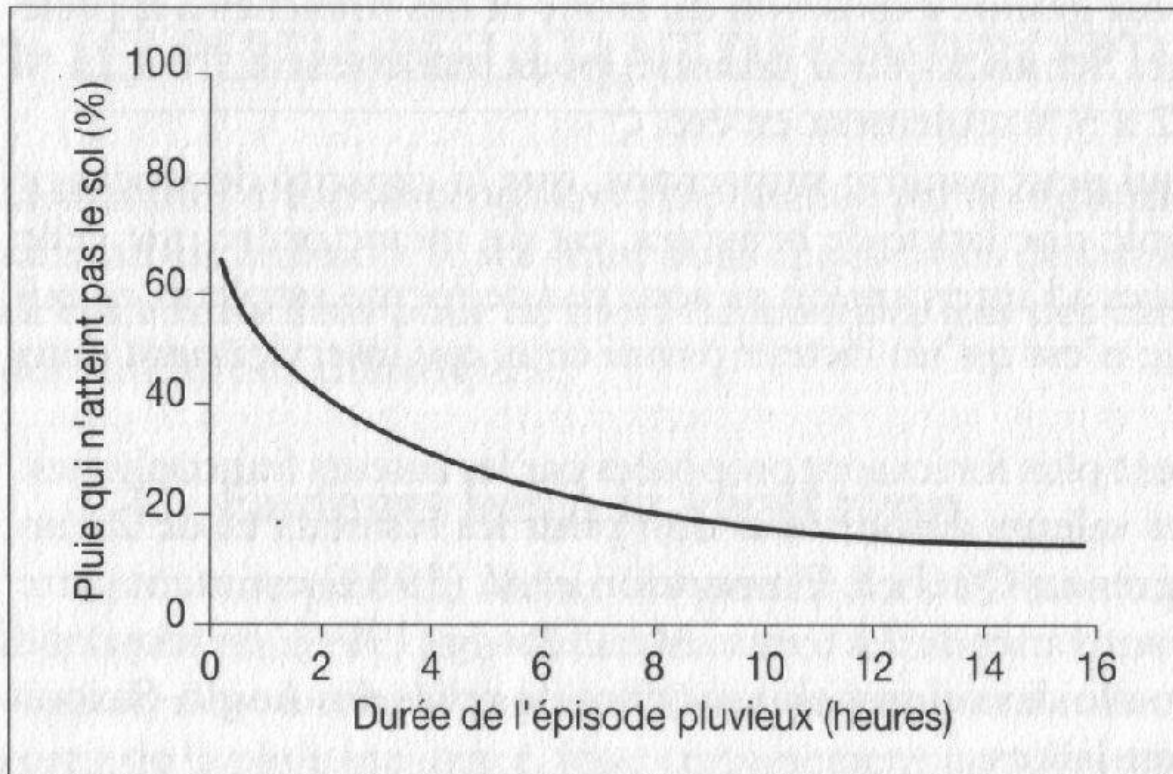
précipitation uniforme de même durée et de même volume total.



L'interception

Facteur lié à la structure de l'épisode pluvieux

Durée de l'épisode pluvieux



Cosandey - 2000

Figure 21

Relation entre la quantité d'eau qui n'atteint pas le sol et la durée d'un épisode pluvieux.

Source : d'après les données de Olszewski, 1976, pour une forêt mixte à feuilles caduques en Pologne.

L'interception

Facteur lié à la structure de l'épisode pluvieux

Présence de vent

Vents violents :

L'agitation des feuilles par le vent, augmentent les précipitations au sol

=> les pertes par interception peuvent être moindres

Vent faible :

Il favorise le renouvellement d'un air non saturé au contact des surfaces mouillées

=> favorise l'évaporation et augmente les pertes par interception.

L'interception

Facteur lié à la végétation

Morphologie et capacité de stockage des végétaux



Chêne



Sapin

L'interception

Facteur lié à la végétation

Morphologie et capacité de stockage des végétaux

Cosandey (2000) liste les capacités de stockage :

– Résineux

- Pin de Corse : 1.05 mm
- Pin de Norvège : 1.5 mm
- Epicea : 1.7 mm
- Douglas : 1.2 mm

– Feuillus

- Bouleau avec feuilles : 1,0 mm
- Bouleau sans feuilles : 0.65 mm
- Chêne avec feuilles : 0.5 mm
- Chêne sans feuilles : 0.3 mm

L'interception

Facteur lié à la végétation

Densité des peuplements

Indicateur basé sur l'estimation de la surface foliaire totale du couvert végétal (proportion en plan de la surface du sol cachée par de la végétation)



L'interception

Facteur lié à la végétation

Age des peuplements

La capacité de stockage augmente rapidement avec l'âge mais finit par atteindre un seuil



L'interception

Végétation, pays et source	Événement pluvieux + spécifications	Pertes d'interception	Précipitations au sol	Écoulement supercortical	Précipitation au sol nette
Climat tempéré					
jeunes épicéas, Angleterre (Jackson 1975)	2.5mm 17.8 mm	64% 21%			
bois durs, Est des USA (Helvey et Patrie 1965)	2.5 mm 20 mm à base annuelle	40% 10% 13%	60% 86%	0 4%	60% 90% 87%
peuplements forestiers, Allemagne (Lunt 1934)	à base annuelle: - hêtre - chêne - érable -épicéa	22%	65%	13%	78%
		21%	74%	6%	79%
		23%	72%	6%	78%
		59%	40%	1%	41%
Climat tropical à pluviosité élevée					
forêts tropicales, Surinam (Jackson 1975)	2.5mm 20 mm	48% 21%			52% 79%
forêts tropicales humides, Tanzanie (Jackson 1975)	2mm 20 mm	60% 12%			40% 88%
forêts tropicales humides (Bruijnzeel 1989)	à base annuelle	12-14%	86%	0.5-2.0%	86-88%
Régions semi-aride					
<i>Juniperus occidentalis</i> Californie (Young et al. 1984) 300 mm/an	à base annuelle: - bord du couvert - sous couvert - près du tronc - total couvert	19%			81%
		51%			49%
		69%	58%	0.1%	31%
		42%			58%
<i>Acacia holosericea</i> Australie (Langkamp et al. 1982) 1200 mm/an	10 mm 300 mm à base annuelle	12%	84%	4%	88%
		6%	67%	27%	94%
		11%	73%	16%	89%
<i>Acacia aneura</i> , Alice Springs (Slatyer 1965) 275 mm/an	1 mm > 12 mm	70%	30%	0%	30%
		5%	55%	40%	95%
<i>Acacia aneura</i> Charlesville (Pressland 1973) 500 mm/an	2 mm 10 mm à base annuelle	~35%	~60%	<5%	~65%
		10%	68%	22%	90%
		13%	69%	18%	87%



L'interception

Facteur lié à la végétation

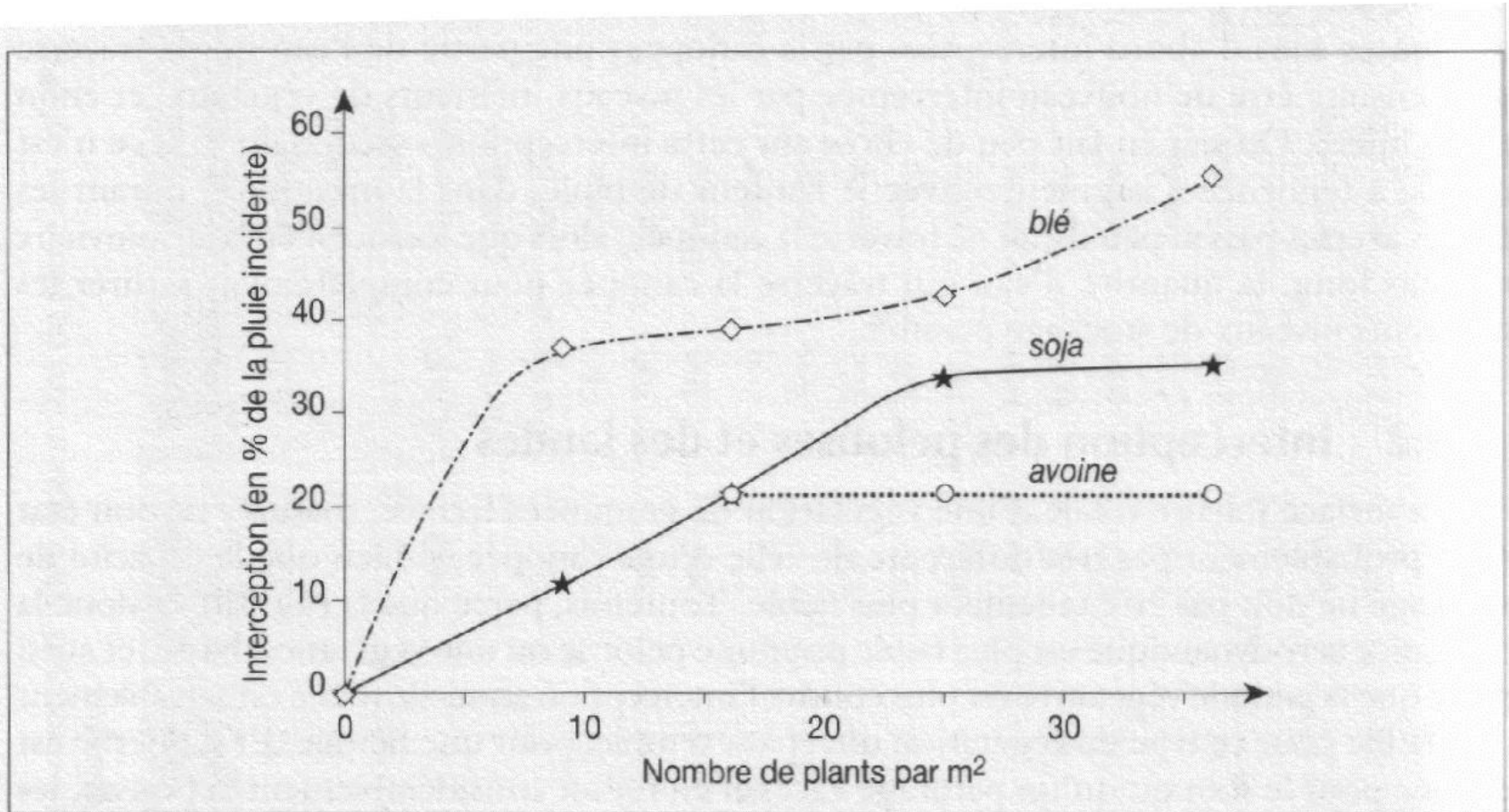


Figure 24 Coefficient d'interception pour différentes plantes cultivées en fonction de la densité. Ces chiffres peuvent paraître particulièrement forts, mais comme aucune mesure de ruissellement le long des tiges ne semble avoir été faite, ils doivent être diminués pour estimer les vraies valeurs des pertes par interception. Source : à partir de données de Woollny reprises par Bayer, 1956.

L'interception

Problèmes

Difficile à mesurer directement

=> estimée à partir de pluie incidente, pluie écoulee et évapotranspiration

Stade végétatif engendre des variations de paramètres au cours de l'année

=> difficile à mesurer

Intégration dans les modèles d'un seul type de végétation

=> pas le cas dans la nature (prairie sous forêt)

L'évaporation et l'évapotranspiration

Définitions

L'**évaporation** : quantité d'eau qui s'évapore d'une surface d'eau libre ou du sol sans végétation

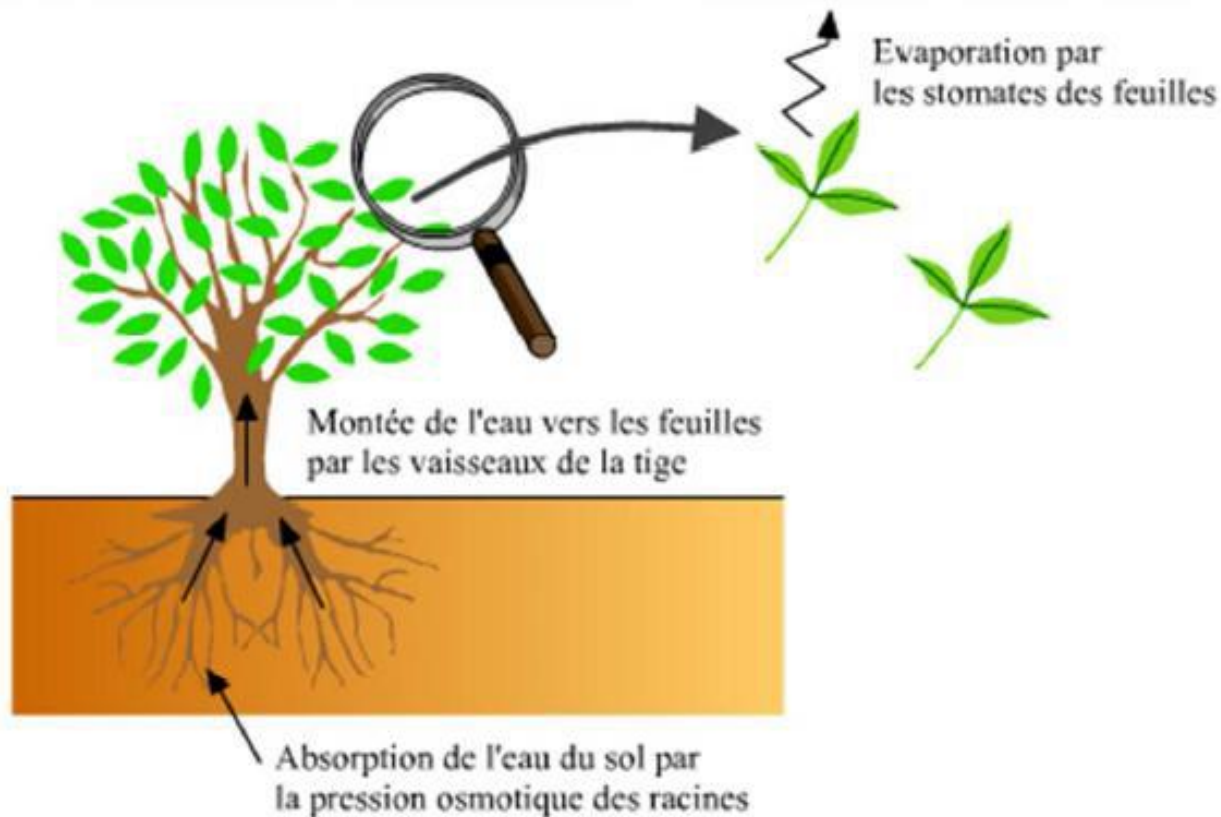
=> océans, mers, lacs, cours d'eau, neige, glace, sol



L'évaporation et l'évapotranspiration

Définitions

La **transpiration** : processus par lequel l'eau des végétaux est transférée dans l'atmosphère sous forme de vapeur

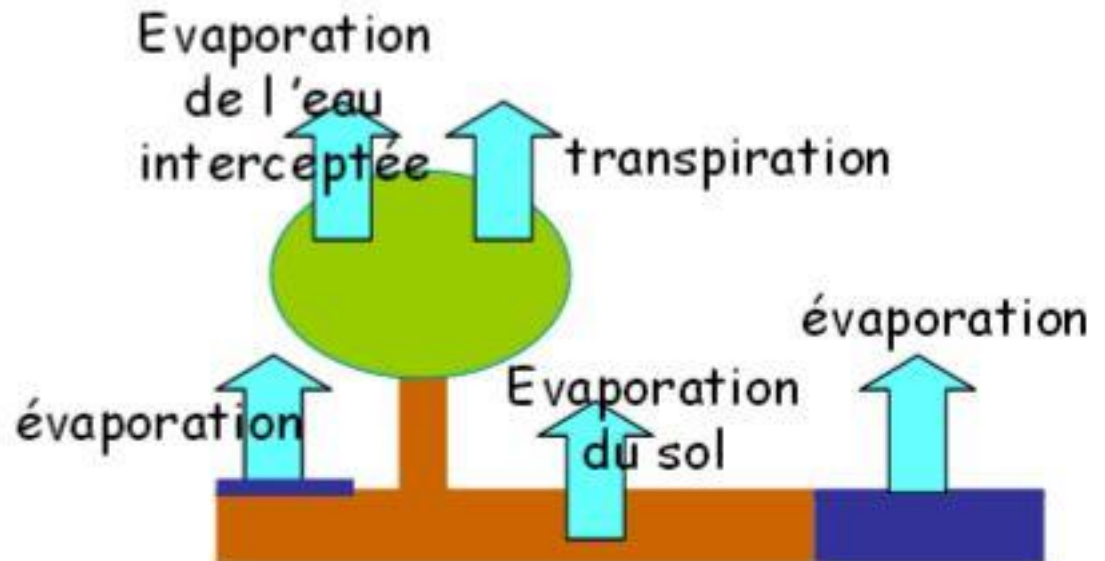


L'évaporation et l'évapotranspiration

Définitions

L'**évapotranspiration** (ET) : quantité d'eau transférée du sol vers l'atmosphère par évaporation, sublimation et transpiration des plantes

Simultanéité de l'évaporation et de la transpiration



L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évaporation

Le taux d'évaporation est fonction (E) :

- déficit de saturation de l'air $(e_s - e_a)$
- vitesse du vent $(f(u))$

} Equation de diffusion (Dalton, 1802)

$$E = f(u) \cdot (e_s - e_a)$$

Avec :

E : taux d'évaporation (ou flux d'évaporation ou vitesse d'évaporation),
 e_a : pression effective ou actuelle de vapeur d'eau dans l'air,
 e_s : pression de vapeur d'eau à saturation à la température de la surface évaporante,
 $f(u)$: constante de proportionnalité (avec vitesse du vent u).

L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évaporation

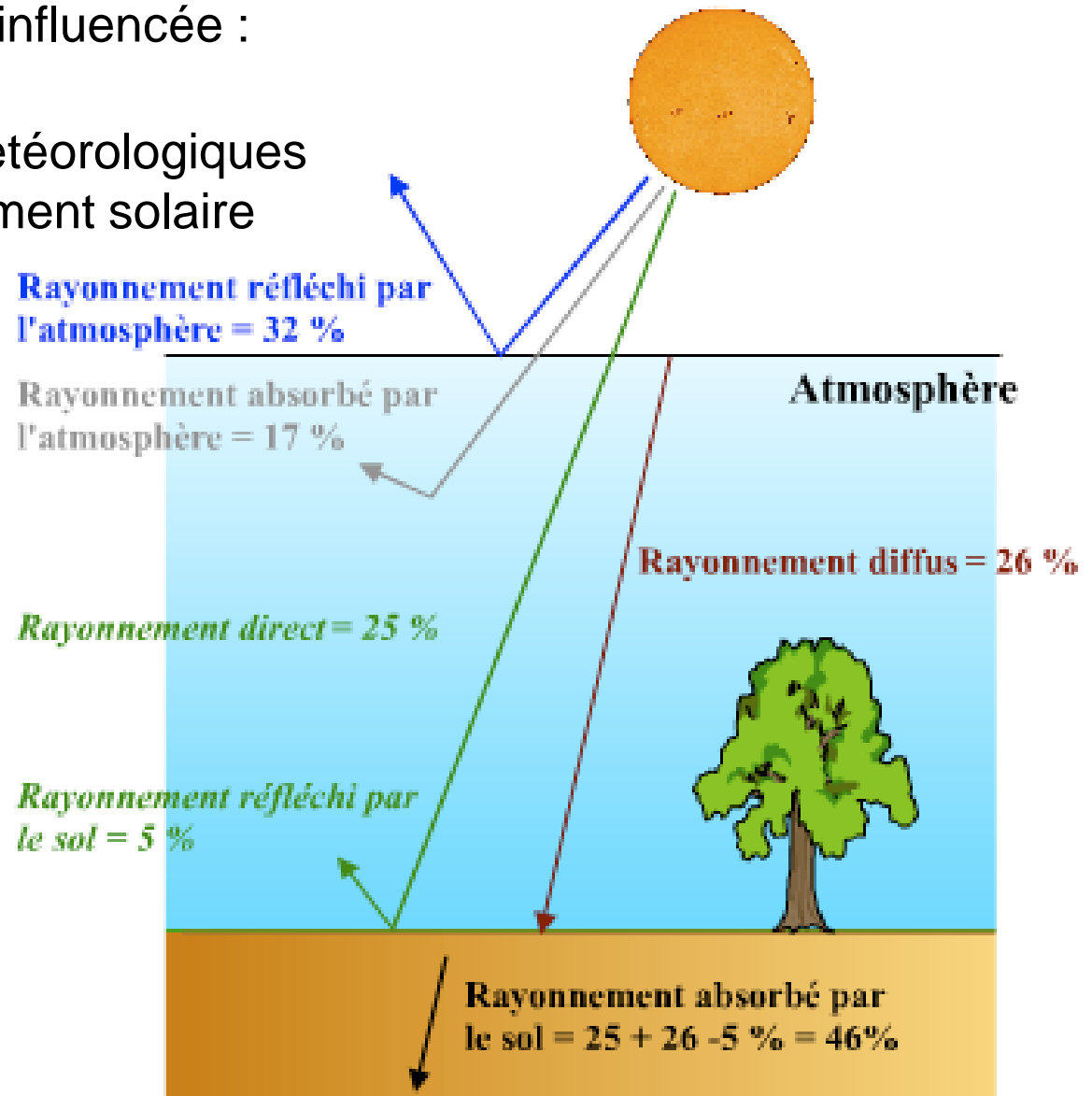
e_s : pression de vapeur d'eau à saturation à la température de la surface évaporante, est fonction de la température de l'air

$$e_s = 611 \cdot \exp\left(\frac{17,27 \cdot t}{237,3 + t}\right)$$

L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évaporation est influencée :

- Des facteurs météorologiques
 - Le rayonnement solaire



L'évaporation et l'évapotranspiration

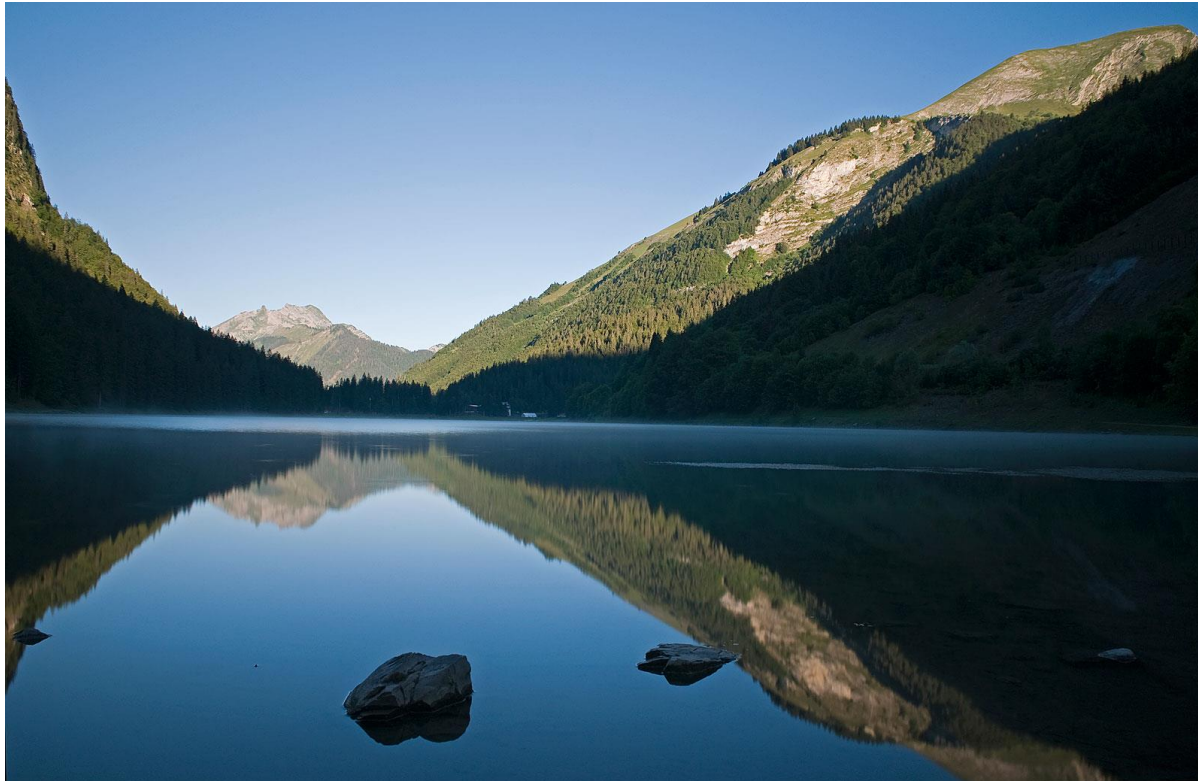
L'évaporation est influencée :

- Des facteurs météorologiques
 - Le rayonnement solaire
 - La température de l'air et de l'eau
 - Humidité relative de l'air
 - La vitesse du vent
 - La pression atmosphérique
 - Qualité de l'eau...

L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évaporation est influencée :

- Des facteurs météorologiques
- Des facteurs physiques du milieu
 - Sur des surfaces d'eau libre :



L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évaporation est influencée :

- Des facteurs météorologiques
- Des facteurs physiques du milieu
 - Sur des surfaces d'eau libre :
 - Profondeur => capacité en emmagasiner de l'énergie
 - Etendue => surface de contact avec l'atmosphère
 - Salinité => diminution de l'évaporation

L'évaporation et l'évapotranspiration

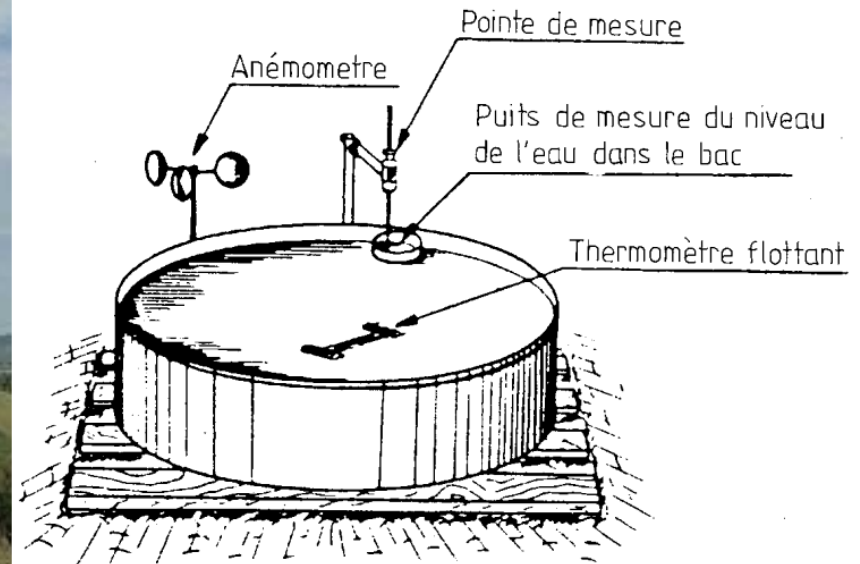
L'évaporation est influencée :

- Des facteurs météorologiques
- Des facteurs physiques du milieu
 - Sur des surfaces d'eau libre :
 - Profondeur => capacité en emmagasiner de l'énergie
 - Etendue => surface de contact avec l'atmosphère
 - Salinité => diminution de l'évaporation
 - Sur des sols nus :
 - Teneur en eau du sol
 - Capillarité
 - Couleur du sol et l'albédo
 - Sur la neige/glace

L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évaporation est évalué :

Par mesure via un bac à évaporation



Dimensions du bac d'évaporation
Type A du Weather Bureau (U.S.A.)

Diamètre du bac 121.9 cm

Hauteur du bac 25.4 cm (10 cm)

Niveau d'eau maintenu à

5 cm. du bord

L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évaporation est évalué :

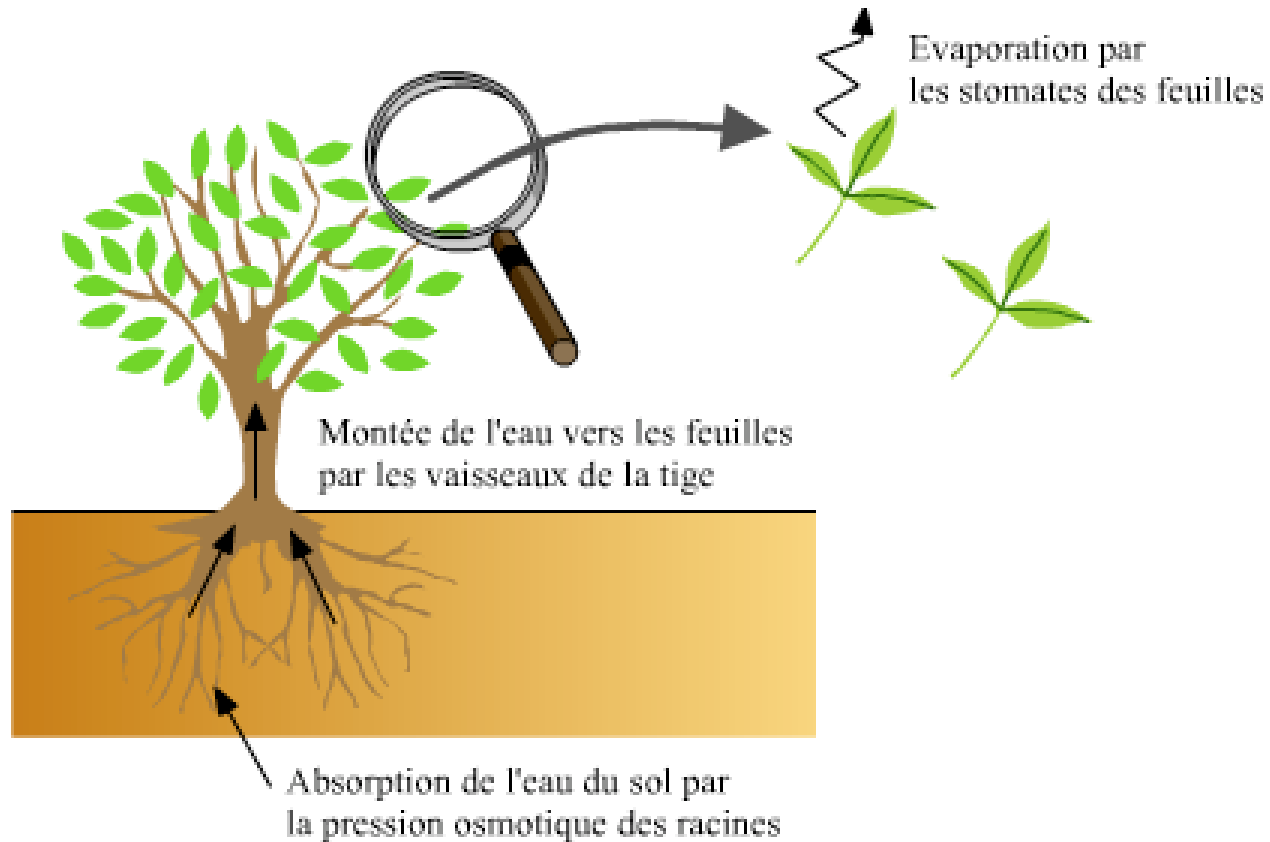
Par des formules empiriques reposant sur des relations entre l'évaporation à un endroit donné et les facteurs atmosphériques responsables :

- formule de Primault
- formule de Rohwer
- formule de Penman

L'évaporation et l'évapotranspiration

La transpiration

Emission de vapeur d'eau par les plantes vivantes.



L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évapotranspiration : 3 notions

- L'évapotranspiration maximale (ETM) :

C'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture donnée, à un stade végétatif donné.

L'eau n'est pas un facteur limitant au niveau de l'absorption des racines, la régulation stomatique est alors minimale et l'évapotranspiration maximale

L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évapotranspiration : 3 notions

- L'évapotranspiration maximale (ETM) :

dépend donc :

- de la culture considérée,
- du stade phénologique de cette culture,
- des conditions météorologiques observées.

L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évapotranspiration : 3 notions

- L'évapotranspiration réelle (ETR) :

C'est la somme des quantités d'eau exacte évaporées par une couverture végétale réelle à un instant donné ou sur une période donnée (mm/j).

C'est une donnée impossible à mesurer à l'échelle d'une parcelle ou d'une région.

L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évapotranspiration : 3 notions

- L'évapotranspiration réelle (ETR) :

dépend :

- de la culture considérée,
- du stade phénologique de cette culture,
- du contenu en eau du sol,
- des conditions météorologiques observées.

L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évapotranspiration : 3 notions

- L'évapotranspiration de potentielle (ET_0 ou ET_p) :

C'est une valeur calculée par des formules mathématiques

Penman (1956) définit l' ET_p comme : « l'évaporation d'une pelouse rase suffisamment étendue, en bon état et convenablement alimentée en eau ».

Selon les auteurs et les méthodes, différents paramètres météorologiques, physiques ou biologiques sont inclus ou non dans la définition de l' Et_p

Dépend donc que des conditions météorologiques observées.

L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évapotranspiration : 3 notions

- ET_p versus ET_R

Pour la végétation des déserts chauds:

- l'évapotranspiration potentielle (ET_p) est très importante en raison de la chaleur et l'ensoleillement.
- l'évapotranspiration réelle (ET_R) est très faible, car le manque d'eau disponible pour le sol et les plantes (sécheresse) est un facteur limitant.



L'évaporation et l'évapotranspiration

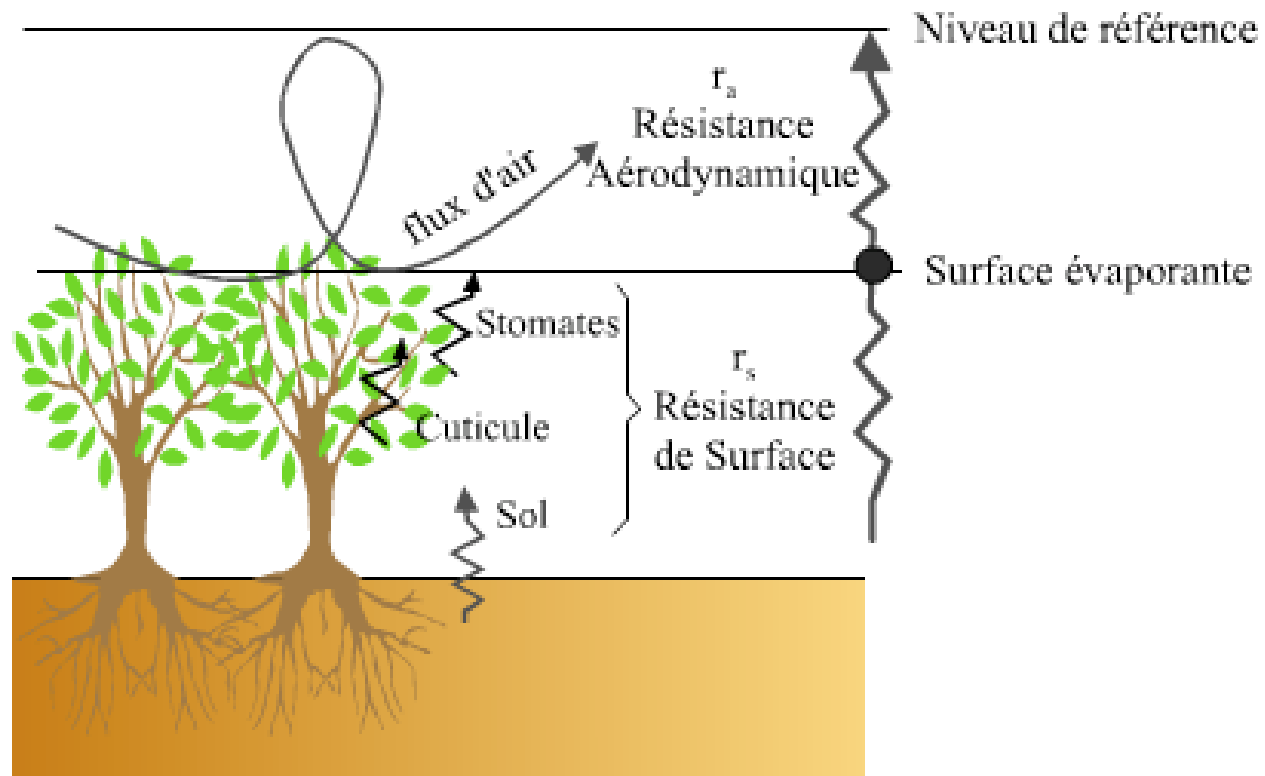
L'évapotranspiration est conditionnée par

- Les conditions climatiques
- Les conditions liées au sol
- La végétation

L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évapotranspiration « limité » par deux résistances au flux évaporatoires à partir d'un couvert végétal :

- Résistance aérodynamique
- Résistance de surface (résistance de la canopé)



L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est évalué :

- Formule de Penmann (pour les experts)
- Formule de Thornthwaite (1944) : permet d'estimer (en mm) l'évapotranspiration potentielle à l'échelle mensuelle en un lieu en fonction des températures moyennes mensuelles et de la latitude de ce lieu.

$$ETP(m) = 16 \left(10 \theta(m) / I \right)^a F(\lambda, m)$$

où

- $\theta(m)$: température moyenne sous abri du mois m exprimée en ° C
- I : indice thermique annuel, somme des douze indices mensuels $i(m)$
- $i(m) = (\theta(m) / 5)^{1.514}$
- $a = 0,016 I + 0,5$
- $F(\lambda, m)$ est un coefficient de correction dépendant de la latitude et du mois considérés => Cf table

L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est évalué :

- Formule de Penmann (pour les experts)
- Formule de Thornthwaite (1944)
- Formule de Turc (1961)
 - Formule annuelle

$$D = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec :

P : précipitation annuelle [mm],

L : $300 + 25 T + 0,05 T^3$

T : température moyenne annuelle [° C],

L'évaporation et l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est évalué :

- Formule de Penmann (pour les experts)
- Formule de Thornthwaite (1944)
- Formule de Turc (1961)
 - Formule journalière ou mensuelle

Avec :

$$\text{ETP} = k \left(\frac{T}{T+15} \right) \cdot (R_g + 50)$$

(mm/mois)

T : température mensuelle moyenne

R_g : radiation solaire globale (cf table en fonction du mois et de la latitude)

K = 0,37 pour février et 0,4 pour les autres mois

L'évaporation et l'évapotranspiration

Conclusion :

L'évapotranspiration est un processus complexe composé d'une *évaporation physique* (surface d'eau libre, neige, glace, eau du sol nu) et d'une *évaporation physiologique* (transpiration)

La difficulté de distinguer ces deux types de processus dans la situation d'un sol couvert par de la végétation et du fait qu'ils se produisent simultanément, ils sont généralement regroupés sous le terme générique *d'évapotranspiration*.

Il faut d'une part que le système ait la capacité d'évaporer de l'eau (facteur limitant) et, d'autre part, que l'air ambiant exerce une demande évaporative (l'air ne doit pas être saturé)