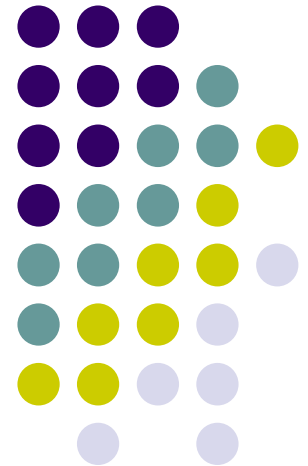
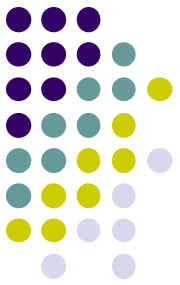


Chapitre 2

BESOINS EN EAU DES CULTURES



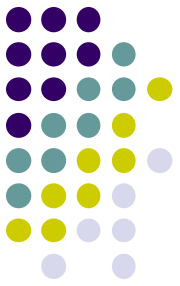
Relations sol - plante - atmosphère



- Une grande quantité d'eau est nécessaire aux végétaux.
- Mais! La majeure partie ne fait qu'y passer vers l'atmosphère.
- L'eau passe des racines vers les feuilles d'où elle s'échappe sous forme de vapeur.
 - 98% de l'eau absorbée est ainsi évaporée.
 - 2% restants représentent l'eau de constitution.
- L'eau assure un rôle de transport des éléments nutritifs et de régulation thermique au niveau des feuilles.
- Le sol joue le rôle de réservoir alimenté par les pluies et/ou par des irrigations.

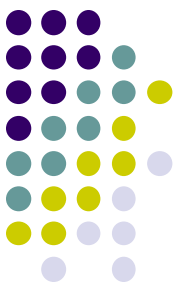
Relations sol - plante – atmosphère

- Suite -



- A travers la plante le flux est conservatif = il entre dans la plante autant d'eau qu'il en sort.
- La réserve hydrique du sol (réservoir) s'épuise donc progressivement jusqu'à un niveau d'humidité dans le sol au dessous duquel la plante ne puise plus d'eau, flétrit et meurt.
- L'énergie reçue du soleil est le moteur de la circulation d'eau sous forme de vapeur dans le sens sol - atmosphère à travers la plante.

Circulation de l'eau du sol vers l'atmosphère à travers les plantes



1- Stockage de l'eau dans le sol:

L'eau des pluies et des irrigations est stockée dans le sol (réservoir).

La quantité stockée dans le sol dépend:

- De ses caractéristiques.
- De sa structure.
- De la topographie du terrain et
- Du type du couvert végétal.

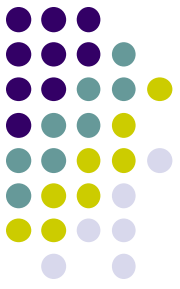
Le processus se déroule en deux phases :

- Infiltration qui a lieu durant l'irrigation ou la pluie.
- Redistribution de l'eau dans le sol dès que cesse l'arrosage.

Dans les horizons superficiels (bien humidifié pendant l'infiltration), La diminution d'humidité est relativement rapide au début, puis pour une valeur bien déterminée, se ralentit brusquement. C'est cette Valeur caractéristique des terres que l'on appelle:

humidité à la capacité au champs (HCC).

2- Modalités d'épuisement du stock d'eau



Du point de vue alimentation en eau des plantes :

- **Le sol joue essentiellement un rôle de réservoir.**
- **Le sol est un système à 3 phases: solide, liquide, gazeuse.**
- **La phase solide (45 à 65%) est celle dont le volume est le plus constant.**
- **Les volumes occupés par les phases liquides et gazeuses sont très variables.**

Le sol constitue un milieu convenable pour les racines lorsqu'un équilibre est respecté entre les 3 phases.

L'air est nécessaire à la respiration des racines et l'eau doit pouvoir leur être cédée sans difficulté.

3- Modalités d'épuisement du stock d'eau - suite -



a- Cas d'un sol nu.

Juste après une irrigation, la surface du sol est saturée :

- L'eau s'évapore très vite et pendant une journée la quantité d'eau perdue = l'ETP.
- Dès que le sol contient une humidité \leq HCC la vitesse d'évaporation est ralentie et l'eau évaporée $<$ l'ETP.

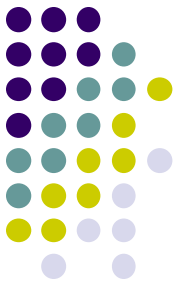
b- Cas d'un sol couvert de végétation.

Dans ce cas l'épuisement du stock d'eau du sol est beaucoup plus poussé car:

- Il y a davantage de surfaces évaporantes (feuilles)
- Les racines augmentent les voies privilégiées de départ de l'eau.

La perte d'eau est, dans les sols sous couverts,
beaucoup plus importante qu'en sol nu.

- La réserve hydrique s'épuise jusqu'à un niveau d'humidité au dessous duquel la plante ne puise plus d'eau, flétrit et meurt.



4- Evapotranspiration

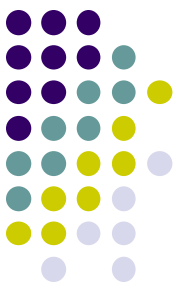
- La vaporisation de l'eau sur une surface inerte (sol, lac...) est un phénomène physique passif = Evaporation
- La vaporisation de l'eau sur une surface vivante (plantes) est soumise à des régulations (stomatiques)= Transpiration
- Dans le cas d'un couvert végétal la quantité d'eau vaporisée =

Evaporation + Transpiration = Evapotranspiration

Elle est fonction:

- ▶ Du type du végét
- ▶ Des surfaces foliaires
- ▶ De la hauteur du couvert qui peut freiner le départ d'eau
- ▶ De l'état d'ouverture ou de fermeture des stomates.

5- Notions d'ETP et d'ETM.



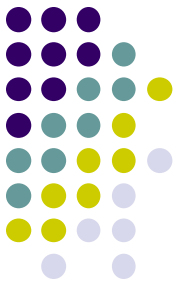
a- L'évapotranspiration Potentielle (ETP):

Dans la pratique ETP = l'évapotranspiration d'un couvert végétal bas, continu et homogène, dont l'alimentation en eau n'est pas limitante et qui n'est soumis à aucune limitation d'ordre nutritionnel, physiologique ou pathologique.

L'ETP = l'évapotranspiration d'une prairie ou d'un gazon sain en pleine croissance, fauché régulièrement, bien entretenu et bien enraciné, sur un sol maintenu à une humidité proche de la capacité au champ (mais sans excès).

Dans ce cas l'ETP mesurée est l'ETP de référence notée; **ET0**

5- Notions d'ETP et d'ETM - suite -



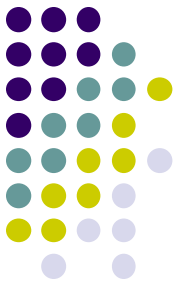
b- L'évapotranspiration Maximale (ETM).

C'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture donnée à un stade végétatif donné et dans des conditions climatiques données.

- **Sa valeur est théoriquement \leq l'ETP. ($ETM \leq ETP$).**
- **Pour certaines cultures hautes (maïs, canne à sucre, etc.)
l'ETM $>$ l'ETP.**

On définit ainsi l'ETM par rapport à l'ETP par la formule:

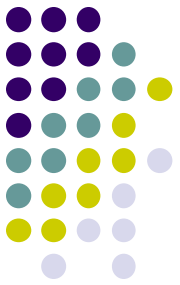
$$**ETM = Kc. ETP** \quad (Kc: coefficient cultural)$$



6- Importance de l'ETP

- L'ETP mesure la quantité maximale d'eau évaporée par une surface saturée en eau.
- La quantité évaporée correspond à l'énergie reçue
- L'ETP constitue ainsi une évaluation maximale des besoins en eau de toutes les cultures.
- A partir de l'ETP on peut estimer les besoins en eau (ETM) connaissant le coefficient cultural K_c pour les différentes phases végétatives d'une culture donnée.

$$ETM = K_c \cdot ETP$$

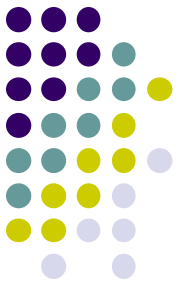


7- Mesure de l'ETP

On utilise généralement des couverts végétaux bas: gazon
= **Evapotranspiromètres**

- L' évapotranspiromètre le plus simple est constitué de cuves lysimétriques sur lesquelles on fait un bilan hydrique.
- Il doit être entouré d'un vaste anneau de garde de la même culture (bien entretenu) ayant un rayon de 100m environ.
- Au cours de la journée l'ETP varie de façon synchrone avec le rayonnement.
- On prend l'ETP moyenne journalière mais l'ETP instantanée peut atteindre des valeurs très fortes dans la journée.

Humidité du sol



On distingue différents niveaux d'humidité dans le sol :

1- Humidité à la saturation:

= Humidité du sol lorsque l'eau occupe toute la porosité (même les plus grosses). Le sol ne contient plus d'air.

2- Humidité à la capacité au champ (HCC):

= Humidité d'un sol ressuyé ; c'est à dire après disparition de l'eau de gravité. L'eau restante occupe la microporosité.

3- Humidité critique (HC):

= Humidité du sol en dessous de laquelle la plante commence à souffrir d'un déficit hydrique.

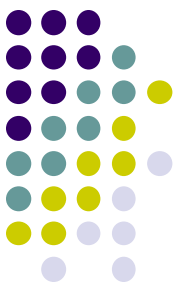
4- Humidité au point de flétrissement permanent (HPF):

= Humidité au-dessous de laquelle la plante meurt.

Humidité où force succion sol = force succion racines.

le débit d'eau du sol vers la plante est nul.

1- Mesure de l'humidité du sol



L'humidité d'un sol est exprimée soit en humidité pondérale soit en humidité volumique.

1- Humidité pondérale :

$$\begin{aligned} \text{Hp}\% &= \frac{\text{Poids de l'eau}}{\text{Poids de sol sec}} \times 100 = \left(\frac{P_e}{P_s} \right) \times 100 \\ &= \frac{\text{Poids de sol humide} - \text{Poids de sol sec}}{\text{Poids de sol sec}} \times 100 \end{aligned}$$

Sol sec est un sol séché à l'étuve à 105°C pendant 24h.

2- Humidité volumique:

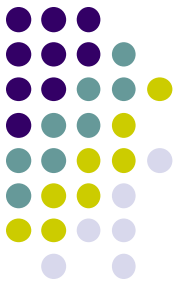
$$\begin{aligned} \text{Hv}\% &= \frac{\text{Volume d'eau}}{\text{Volume de sol}} \times 100 = \frac{V_e}{V_s} \times 100 \\ &= \frac{(\text{Poids de sol humide} - \text{poids de sol sec})/d_e}{\text{Poids de sol sec}/d_a} \times 100 \end{aligned}$$

avec d_e = densité de l'eau

d_a = densité apparente du sol

$$\text{Ainsi } \text{Hv} = \text{Hp} \times d_a$$

1- Mesure de l'humidité du sol - suite -



$$H_v = H_p \times d_a$$

Il faut ainsi connaître la densité apparente de la terre sèche
Pour passer de l'humidité pondérale à l'humidité volumique.

La densité apparente (d_a) = poids de sol sec (P_s) d'un échantillon sur le poids de l'eau (P_e) qui occuperait le même volume que cet échantillon sol occupait dans son état initial.

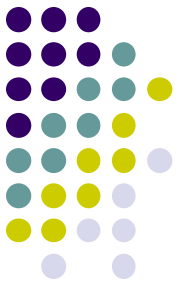
$$d_a = P_s / P_e$$

Si l'on exprime les poids en grammes et les volumes en cm^3 ,
 P_e s'exprime avec la même valeur numérique que V_t ; volume total de sol en place. On écrit donc en pratique :

$$d_a = P_s / V_t$$

En pratique :	sols sableux	$d_a = 1,50 \text{ à } 1,80.$
	sols limoneux	$d_a = 1,30 \text{ à } 1,50.$
	sols argileux	$d_a = 1,10 \text{ à } 1,30.$

2- Méthodes de mesure de l'humidité du sol



1- Méthode destructive: Méthode gravimétrique:

L'échantillon de sol est pesé frais puis pesé après séchage à l'étuve pendant 24h à 105°C. L'humidité pondérale serait:

$$H_p = \frac{\text{Poids de sol humide} - \text{Poids de sol sec}}{\text{Poids de sol sec}} \times 100$$

Cette méthode est plus précises et sert de référence.

2- Méthode non destructive:

Appareil relativement coûteux dont le principe repose sur la propriété qu'à l'hydrogène de ralentir les neutrons rapides. Si l'on place dans le sol une source de neutrons rapides, ces derniers sont d'autant plus ralentis que le sol est + humide.

Mais son utilisation est onéreuse et requiert une haute technicité.

La réserve en eau du sol

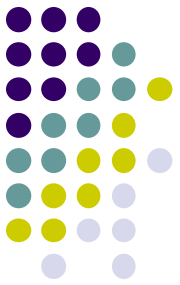


La quantité d'eau maximale disponible dans le sol pour la plante

dépend :

- ▶ **De son humidité**
- ▶ **De son humidité HPF.**
- ▶ **De la profondeur de sol h = profondeur d'enracinement**

1- Réserve utile (RU) :



En supposant que la plante épuise du sol de façon uniforme sur toute la profondeur d'enracinement h et jusqu'à HPF:

Fraction d'eau utile la quantité: $HCC - HPF$ (%)

Réserve utile la quantité (mm): $RU = da (HCC - HPF) \cdot h$

avec RU = Réserve utile en mm.

da = densité apparente de la terre sèche.

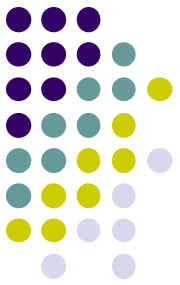
HCC = humidité pondérale à la capacité au champ (%).

HPF = humidité pondérale au point de flétrissement (%).

h = profondeur d'enracinement (dm).

- La RU est donc la valeur maximale de la quantité d'eau du sol utilisable par la plante.
- La fraction d'eau utile ($HCC - HPF$) est une caractéristique des différentes textures de sol.
- La fraction d'eau utile X la densité apparente moyenne = RU
($da = 1,2$ pour argiles $1,4$ pour limons et $1,6$ sables)
 $\Rightarrow RU = \text{Fraction d'eau utile} \times da$
en mm d'eau / unité de profondeur

2- Réserve Facilement Utilisable (RFU)



- Seule une fraction de la RU est facilement utilisable.
- En effet l'eau est à un potentiel hydrique de plus en plus fort au fur et à mesure que le sol est sec.
- A partir d'un certain niveau de dessiccation l'eau devient plus difficile à extraire.

La RFU est donc la fraction de la réserve utile (RU) disponible à une tension suffisamment faible pour que la plante puisse l'utiliser facilement et transpire ainsi l'ETM.

2- Réserve Facilement Utilisable (RFU) - suite-



$$RFU = d_a (HCC - HC).h$$

RFU = Réserve facilement utilisable (mm).
HCC = Humidité pondérale à la capacité au champ(%).
HC = Humidité critique pondérale (%).
h = Profondeur d'enracinement en dm.

En pratique, il est difficile d'avoir une estimation correcte de **HC**, et on se contentera d'estimer la RFU à partir de la RU par la formule:

$$RFU = \beta . RU$$

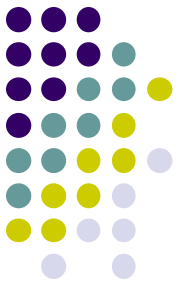
avec $0,5 \leq \beta < 1$

La valeur 2/3 est plus couramment employée.

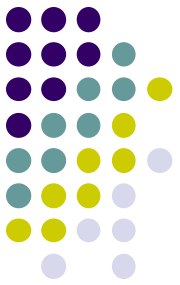
Le sol est un réservoir d'eau dont :

- une partie est disponible à volonté (RFU)
- une "Réserve de survie" ($RS = RU - RFU$).

Exemples de calcul de la réserve utile.



	Argile %	Limon %	Sable %	HCC %	HPF %	h cm	da	$RU=da.(HCC-HPF).h$ en mm	β	RFU mm
Sol argileux	55	25	20	40	24	50	1,20	$RU=1,2(40-24)5=96$	0,50	48
Sol Limonx	15	70	15	28	15	60	1,40	$RU=1,4(28-15)6=109$	0,60	66
Argilo- Sablxx	10	45	45	16	9	80	1,60	$RU=1,6(16-9)8=90$	0,70	63
Sol Sableux	8	27	65	12	5	100	1,75	$RU=1,75(12-5)10=123$	0,75	92



2- Besoins en eau

- ▶ En pratique les besoins en eau d'une culture seraient d'une façon très concrète l'ETM = consommation en eau du couvert quand on lui fournit une meilleure alimentation hydrique possible (sol voisin HCC).
- ▶ On définit ainsi les besoins en eau des cultures pendant une période donnée, comme étant la somme des évapotranspirations maximales (ETM) journalières durant cette période.

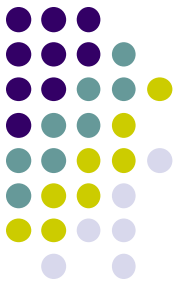
$$BE = \Sigma ETM_j \quad (\text{période de } n \text{ jours})$$

Avec: BE = Besoins en eau en mm.

ΣETM_j = Somme des ETM journalières (en mm/j).

- ▶ Au cours du temps l'ETM d'une culture évolue en liaison avec l'évolution de l'ETP. Pendant la période de végétation où le couvert est dense et actif, ETM = ETP.

Détermination des besoins en eau



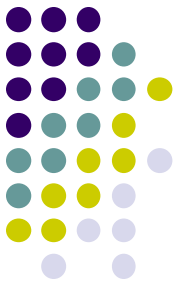
Deux groupes de méthodes sont applicables pour l'évaluation des besoins en eau d'une culture

A- Méthodes directes: Le lysimètre:

Consiste à déterminer l'ETM d'une culture en faisant le bilan hydrique entre la quantité d'eau apportée et drainée d'une cuve lysimétrique.

Comme son nom l'indique, l'appareil sert à mesurer l'évapotranspiration d'un couvert végétal. Le principe est simple, on mesure régulièrement (tous les jours) les apports d'eau en provenance de la pluie ou de l'irrigation, et les pertes d'eau en profondeur.

La différence entre les deux valeurs représente le volume d'eau perdu par évapotranspiration à partir du sol et des plantes installés dans la cuve



1- Le lysimètre à drainage:

- La culture dans la cuve est irriguée avec un léger excès et l'eau de drainage est récupérée au moyen d'un tuyau se déversant dans une fosse de drainage.
- Il permet de connaître la consommation en eau de la culture pendant une période donnée par la relation:

$$ETM = P + I - D$$

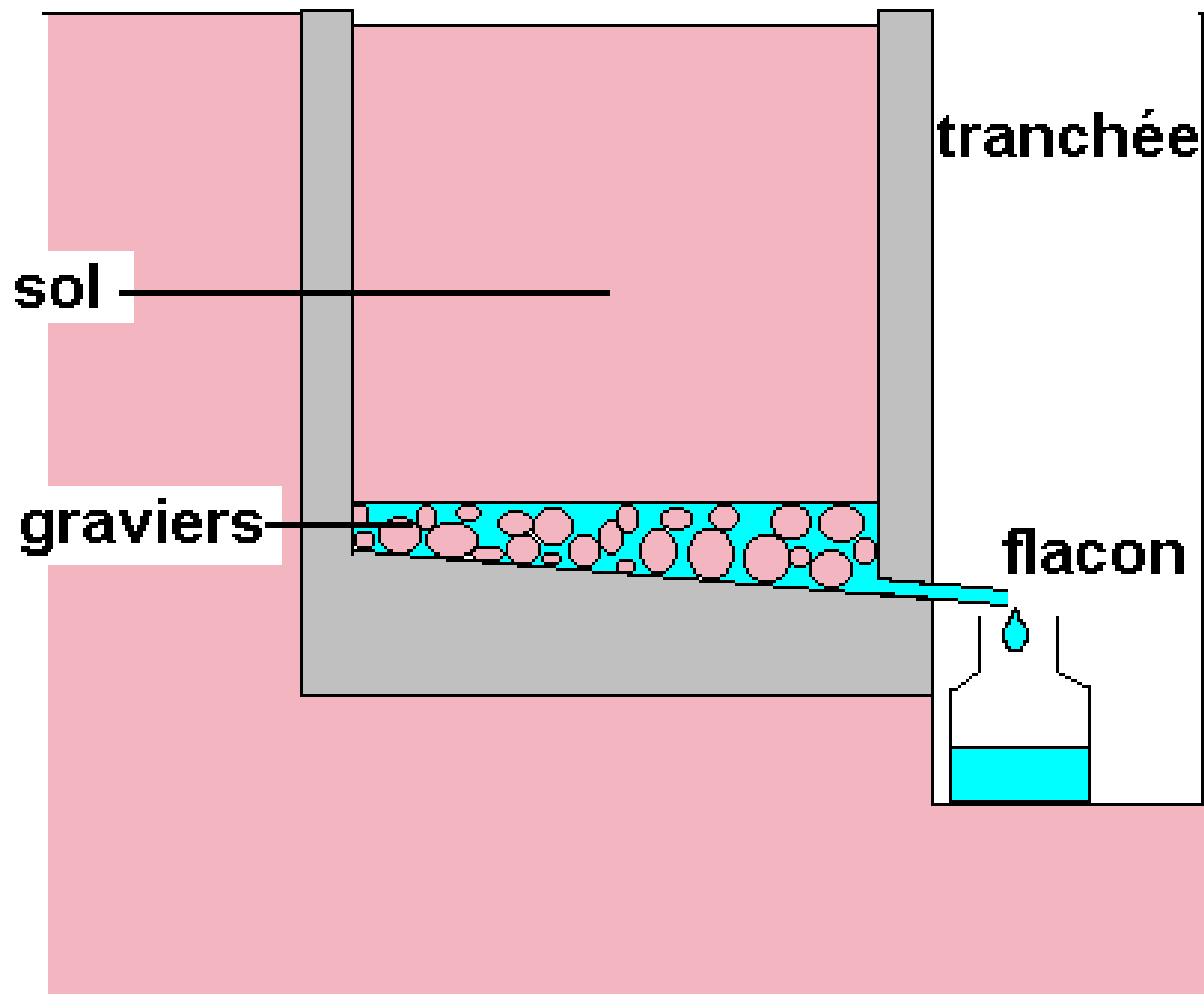
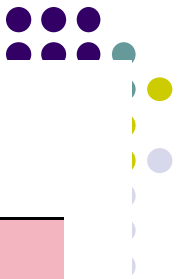
ETM = Consommation de la culture (mm/jour).

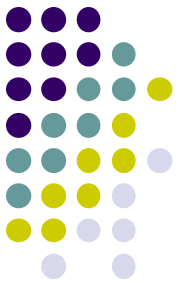
P = Pluviométrie tombée dans la cuve.

I = Irrigation apportée dans la cuve.

D = Drainage recueilli à partir du lysimètre.

Ce lysimètre facile à installer, d'un coût réduit, s'avère très adapté.





2- Estimation de l'ETP à partir de l'évaporation d'un bac:

Cet appareil très simple, permet de mesurer l'évapotranspiration d'une nappe d'eau libre sous réserve qu'il soit correctement installé, il permet d'obtenir une bonne estimation de l'ETP

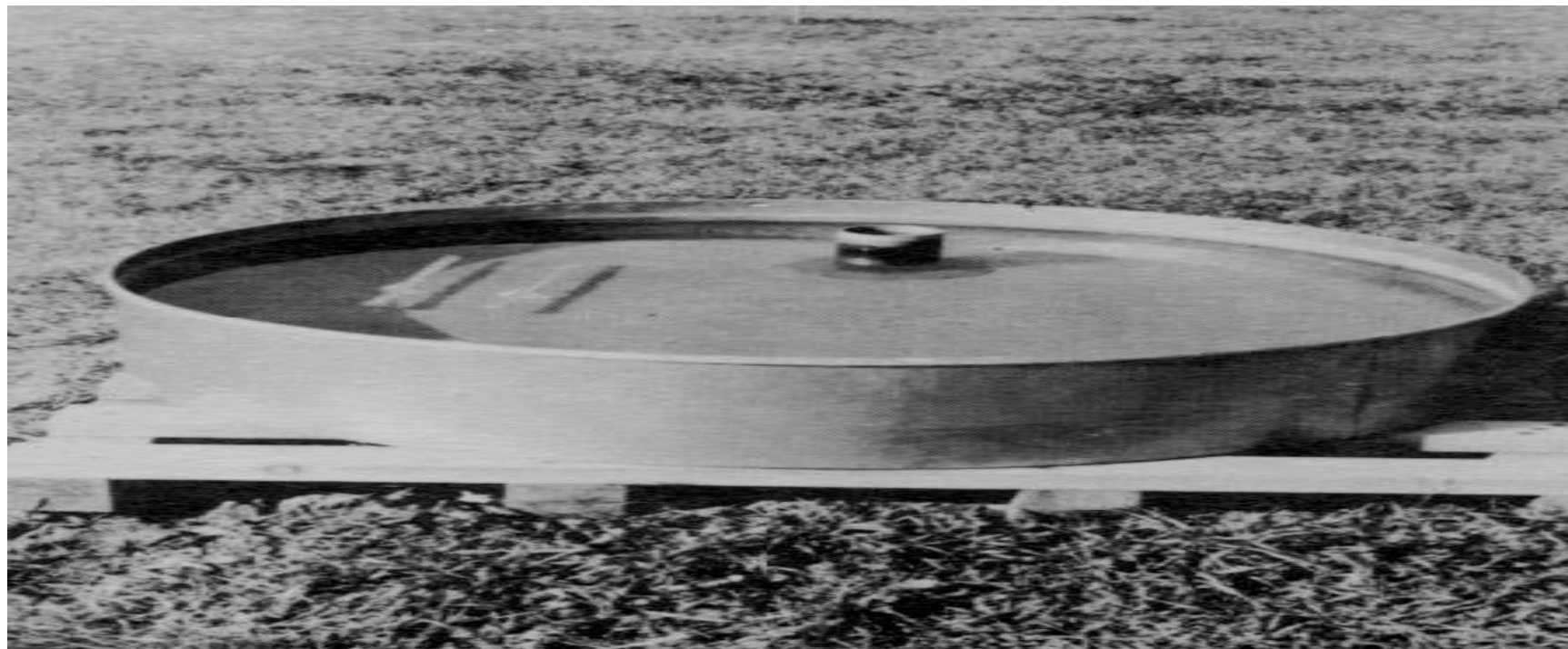
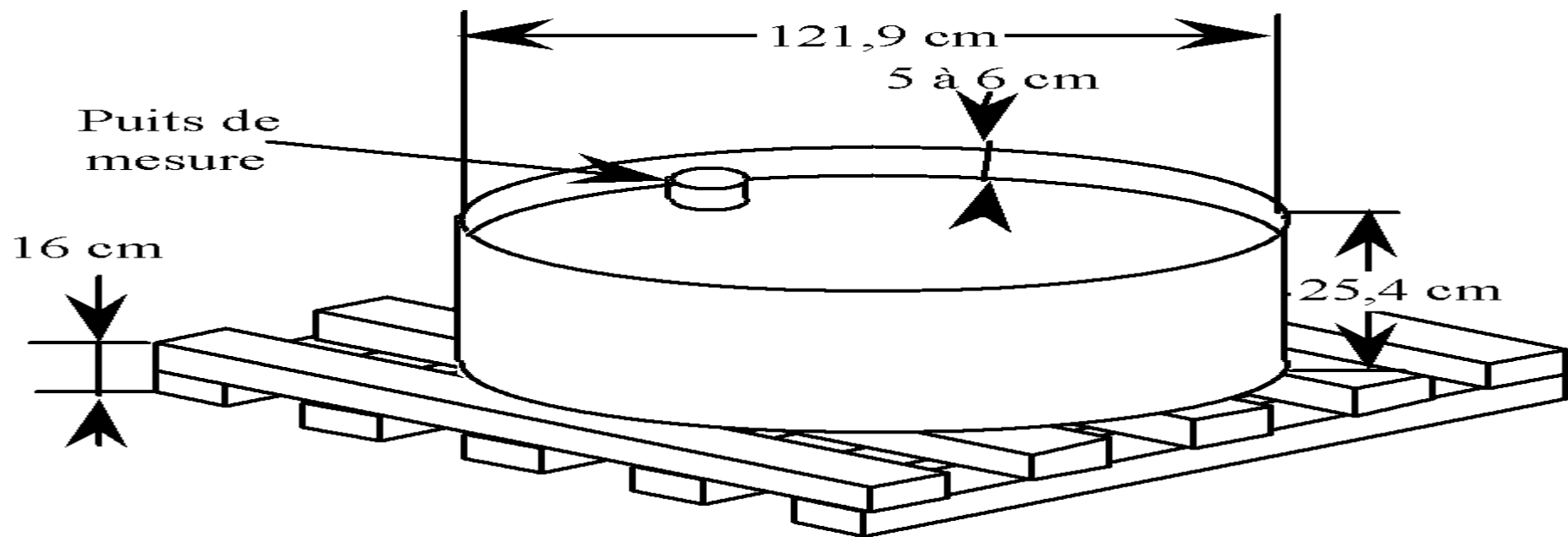
On peut prédire l'évapotranspiration potentielle (mm/j) par la formule:

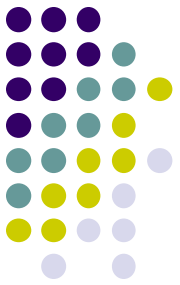
$$ETP = K_b \cdot E_{bac}$$

E_{bac} = Évaporation sur bac.

K_b = Coefficient d'évaporation sur bac.

- K_b est déterminé empiriquement et tient compte du climat, du type de bac et du milieu environnant.





La relation entre l'évapotranspiration de la culture de référence et l'évaporation du bac est obtenue par la relation:

$$ET_o = K_b \cdot E_{bac}$$

ET_o = Evapotranspiration de la culture de référence (mm/jour)

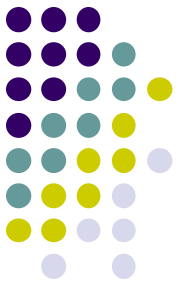
E_{bac} = Evaporation du bac mesurée (mm/jour)

K_b = Coefficient d'évaporation du bac (tableau 1)

On peut ainsi déterminer les besoins en eau d'une culture:

$$ET_{M_{culture}} = K_c \cdot ET_o = K_c \cdot K_b \cdot E_{bac}$$

K_c = Coefficient cultural



B- Méthodes indirectes:

Elle se fait :

- Soit par la détermination de l'ETP = ETo (ETP de référence)
- Soit à partir de formules utilisant les données climatiques.

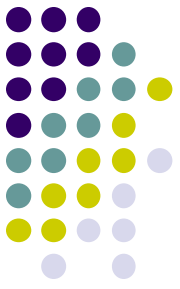
L'ETP ou ETo = Taux d'évaporation d'une surface étendue de gazon vert ayant une hauteur de 8 à 10 cm, poussant activement, Ombrant totalement le sol et ne manquant pas d'eau.

La relation entre ETo et ETM (=Besoins en eau) se fait par la formule:

$$ETM = K_c \cdot ET_0$$

Avec K_c = Coefficient cultural

ETM = Évapotranspiration de la culture



Exercice 01 :

L'humidité du sol au champ (HHC) est de 25% et le taux d'humidité au moment de l'irrigation est de 15%. La densité apparente du sol est de 1,25 et la profondeur du sol à mouiller est de 40 cm. Quelle quantité d'eau par hectare doit être s'appliquer ?

Exercice 02 :

Un agriculteur souhaite irriguer une bordure de 8 m de largeur sur 90 m de longueur. Il veut appliquer une profondeur d'eau moyenne de 8 cm sur la zone avec un débit de 0,02 m³/s. Combien de temps faudra-t-il pour irriguer cette zone ? ² 1

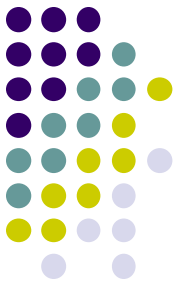


Exercice 03 :

La limite supérieure de l'humidité disponible des plantes (humidité volumique à la capacité au champ) d'un sol limoneux est de 41 % (en volume) et la limite inférieure de l'humidité disponible des plantes (humidité volumique au point de flétrissement) est de 19 % (en volume). Le taux d'humidité actuel est de 36% (en volume) et la profondeur de la zone racinaire de la culture de plein champ existante est de 40 cm. Pour une utilisation efficace de l'humidité du sol, l'irrigation est prévue lorsque 75% de l'humidité disponible de la plante sera épuisée. Le taux moyen d'ET de la culture est de 7 mm/jour.

Déterminer :

- a) Quand irriguer ?
- b) Combien faut-il irriguer ?
- c) Si le rendement d'application est de 80 % et le rendement de pompage de 95 %, déterminer le besoin brut d'irrigation.



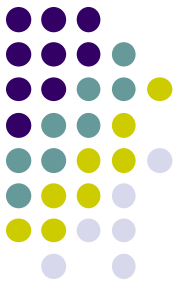
Exercice 04:

Le blé (d'une durée de 130 jours) est cultivé sur un sol limono-sableux le 15 novembre dans un milieu semi-aride. Les valeurs moyennes mensuelles à long terme de l'évapotranspiration quotidienne de référence (ET_0) et du coefficient de récolte (k_c) sont indiquées ci-dessous :

	(Période et stade de croissance de la culture)				
	Novembre. (Stade initial)	Décembre. (Stade de développement)	Janvier (Stade 3)	Février (Stade 4)	Mars (Stade maturation)
ET_0 (mm/jour)	2.0	1.8	1.9	2.8	3.0
K_c	0.7	1.2	1.3	1.4	0.8

Déterminer :

- a) les besoins nets totaux saisonniers en eau d'irrigation,
- b) les besoins bruts en eau d'irrigation, sachant que l'efficacité de l'application 95 % et de l'efficacité de l'adduction (pompage) à la ferme 90 %.
- c) le calendrier (Nombre d'irrigation) d'irrigation de la culture, si l'on considère 40 mm profondeur par irrigation.



Méthode de Turc

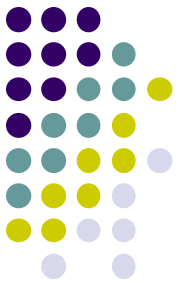
$$ETP = C \frac{t}{t+15} (R_g + 50) \left(1 + \frac{50 - HR}{70} \right) (mm/mois)$$

t : température moyenne de l'air

HR : Hum. Relative (si $HR < 50\%$)

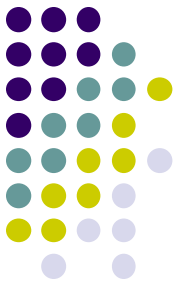
C=0,13 pour estimation décadaire

C=0,40 pour estimation mensuelle



II.3.3.Méthodes informatiques

- *Les méthodes informatiques sont dérivées des méthodes empiriques, Ces formules sont programmées après simplification, parmi les logiciels les plus connus nous pouvons citer:*
 - 1- *CROPWAT;*
 - 2- *IRSI.*



1- Détermination du coefficient cultural (K_c)

- Il est utilisé pour prédire les besoins en eau des cultures ($ETM_{culture}$) à partir des lysimètres.
- Il est déterminé expérimentalement par le lysimètre.
- Ses valeurs dépendent de la culture.
- Ses valeurs varient en fonction du taux de couverture du sol par le végétal (densité de plantation, stade du développement).

$$ETM_{culture} = K_c \cdot ETM_{\text{gazon ou luzerne}}$$

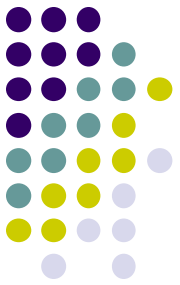
$$\text{d'où } K_c = ETM_{culture} / ETM_{\text{gazon ou luzerne}}$$

Le coefficient cultural K_c est déterminé en établissant pour une culture donnée stade par stade tout au long de son cycle le rapport :

$$K_c = ETM_{culture} / ETo$$

Avec $ETM_{culture}$ = ETM de la culture mesurée sur lysimètre (mm/j)

ETo = ETP de référence mesurée sur lysimètre gazon (mm/j).



2- Détermination du coefficient cultural ($K'c$)

Il est utilisé pour prédire les besoins en eau des cultures ($ETM_{culture}$) à partir de l'évaporation du bac.

$$ETM_{culture} = K'c \cdot E_{bac}$$

$$\Rightarrow K'c = ETM_{culture} / E_{bac}$$

Or : $ETM_{culture} = Kc \cdot ET_0$

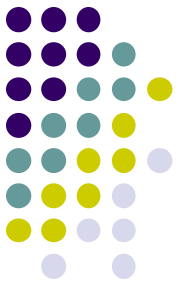
et $ET_0 = Kb \cdot E_{bac}$

$$\Rightarrow ETM_{culture} = Kc \cdot Kb \cdot E_{bac}$$

$$\text{D'où } K'c = Kc \cdot Kb$$

E_{bac} : Evaporation du bac en mm /jour

Kb : Coefficient du bac (tableau 1).



3- Le coefficient cultural (K_c) de la pomme de terre

Pour la culture de la pomme de terre par exemple le coefficient cultural (K_c) se présente comme suit:

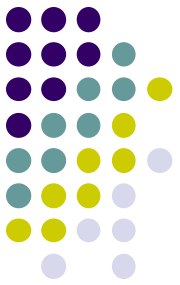
- | | |
|--|----------------------|
| - Stade initial (Germination) | $K_c = 0.4$ à 0.5 |
| - Stade de développement Feuillage et racines. | $K_c = 0.7$ à 0.8 |
| - Stade tubérisation et croissance des tubercules) | $K_c = 1.0$ à 1.2 |
| - Stade final (Maturation) | $K_c = 0.8$ à 0.95 |

Sachant la durée d'un stade (X jours) et ET_o (lysimètre gazon) ou E_{bac}

Les besoins en eau à ce stade seraient (en mm):

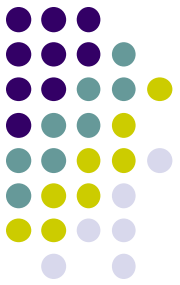
$$ETM_{culture} = K_c \cdot ET_o \cdot X_j$$

ou: $ETM_{culture} = K_c \cdot K_b \cdot E_{bac} \cdot X_j$



Exercice

Calculer les besoins en eau d'une culture pendant le stade début floraison, qui a eu lieu à la 2ème décade de Juillet, sachant qu'à ce stade $K_c = 0,8$ et $E_{To} = 7\text{mm/j}$. $S = 1\text{ha}$.



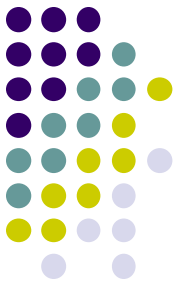
Solution:

$$BE = ETM = Kc \cdot ETo (x10j)$$

$$= 0,8 \times 7 \times 10j = 56mm$$

Il faut donc apporter 56mm d'eau/ha.

soit $0,056m \times 10.000m^2 = 560 m^3 /ha.$



VII- Détermination des paramètres de l'irrigation

1- Bilan hydrique:

Le sol = réservoir alimenté de façon discontinue par des irrigations pour combler les pertes de l'évaporation qui est un processus continue.

Le bilan hydrique = différence entre apports et pertes d'eau enregistrés durant une période de temps donnée (t_0 et t_1).

$$\text{BH} = (H_1 - H_0) \text{ da} \cdot h / 100$$

H_0 = Humidité pondérale du sol en début de période.

H_1 = Humidité pondéral du sol en fin de période.

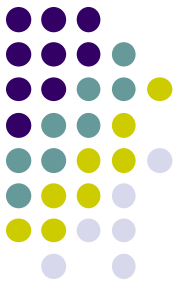
da = Densité apparente du sol.

h = Profondeur d'enracinement (en cm).

Si $\text{BH} > 0 \Rightarrow$ les apports sont $>$ aux pertes ($H_1 > H_0$).

Si $\text{BH} < 0 \Rightarrow$ les pertes sont $>$ aux apports ($H_1 < H_0$).

\Rightarrow l'irrigation est indispensable et il faut déterminer la dose d'arrosage.



VII- Détermination des paramètres de l'irrigation (Suite)

2- Détermination de la dose d'arrosage :

La dose d'arrosage D = quantité d'eau qui permet d'annuler le déficit hydrique intervenu depuis l'irrigation précédente.

$$D = (H_o - H_1) da \cdot h / 100 = \sum ETR_j$$

Or l'irrigation précédente $H_o = HCC$. $\Rightarrow D = (HCC - H_1) da \cdot h / 100$

A chaque irrigation il faut ramener la tranche de sol h exploitée par les racines à HCC.

Cette dose est fonction du taux de dessèchement du sol.

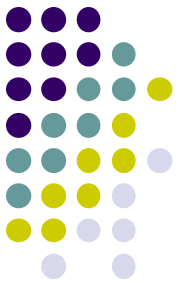
Mais le taux de dessèchement maximum qu'on peut tolérer est $H_1 \geq HPF$

Ainsi la dose maximale serait égale à la RU et la dose optimale serait la RFU.

Nous savons que : $RU = da (HCC - HPF) \cdot h$

et : $RFU = \beta \cdot RU$ Avec $0,5 \leq \beta < 1$

$\Rightarrow RFU =$ une fraction de la RU du sol.

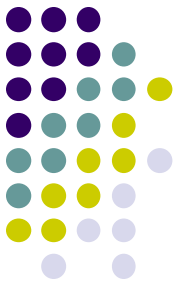


2- Détermination de la dose d'arrosage: (Suite)

Le coefficient β dépend:

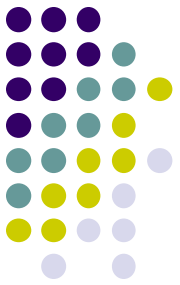
- De la texture du sol
 - texture grossière (sable) β est faible.
 - texture fine (argile), β est élevée.
- De la profondeur et de la densité d'enracinement.

+ la profondeur d'enracinement est importante + le coefficient β est grand et plus la dose à apporter est élevée.



Exercice

Quelle est la dose optimale d'irrigation d'un sol argileux pour lequel on veut appliquer à un profil de $h = 75$ cm (canne à sucre), sachant que la $RU = 1,8$ mm/cm et qu'on a choisi un coefficient $\beta = 0,5$?

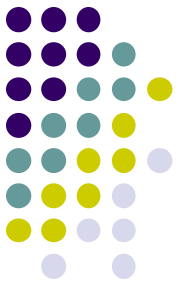


Solution:

La dose optimale = RFU = β . RU

$$\begin{aligned}\text{Ainsi la } D_{\text{opt}} &= \beta \cdot RU \cdot h \\ &= 0,5 \cdot 1,8 \cdot 75 = 67,5 \text{ mm.}\end{aligned}$$

$$\text{Soit } 0,0675 \text{ m} \cdot 10.000 \text{ m}^2 = 675 \text{ m}^3$$



VII- Détermination des paramètres de l'irrigation (Suite)

3- Fréquence des irrigations:

F = nombre d'irrigations réalisée durant une période donnée.

Elle est inversement proportionnelle au nombre de jours (n) séparant

2 irrigations.

$$F = 1/n$$

Le nombre de jours (n) séparant 2 irrigations = au nombre de jours mis pour épuiser, par évapotranspiration, la dose préalablement apportée.

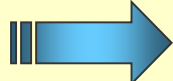
Autrement dit : $n = \text{Dose} / \text{ETR}_j$


Principes directeurs de calculs des doses et des fréquences d 'arrosage

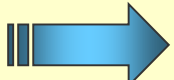
- **Notion de dose d 'arrosage:** C 'est la quantité d 'eau retenue par un sol après irrigation.
- **La dose maximale** est la quantité d 'eau qu 'il faut apporter à un sol durant chaque irrigation pour reconstituer le réservoir sol sans qu 'il y ait perte par percolation profonde ou par ruissellement de surface.

DOSE D'IRRIGATION

Volume d'eau délivré à la parcelle en une seule fois pour combler le déficit hydrique du sol

✓ **Dose théorique nette**  $D = RU_{\max} = (H_{cc} - H_f) \cdot d_a \cdot Z \quad (\text{mm})$

✓ **Dose pratique nette**  $D_p = a \cdot RU_{\max} = a (H_{cc} - H_f) \cdot d_a \cdot Z \quad (\text{mm})$

✓ **Dose pratique brute**  $D_{pb} = \frac{D_p}{e_p} \quad (\text{mm})$

$Z \text{ (mm) et } D_a \text{ (g/cm}^3\text{)}$

- *III.7.2. La fréquence d 'arrosage (N):* C 'est le nombre d 'arrosage par mois, elle est égale au rapport entre l 'ETP du mois (besoin de la culture) considéré et la dose pratique.

$$N = \frac{ETP_{\text{mois}}}{Dp \text{ (RFU)}}$$

$$N' = Da/Dp \text{ (RFU)}$$

- *III.7.3. Le tour d 'eau (T):* C 'est le nombre de jours qui séparent deux irrigations. (T doit être un nombre entier).

$$T = \text{nombre de jours du mois} / N$$

Pilotage de l'irrigation

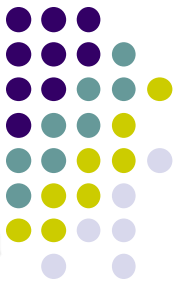
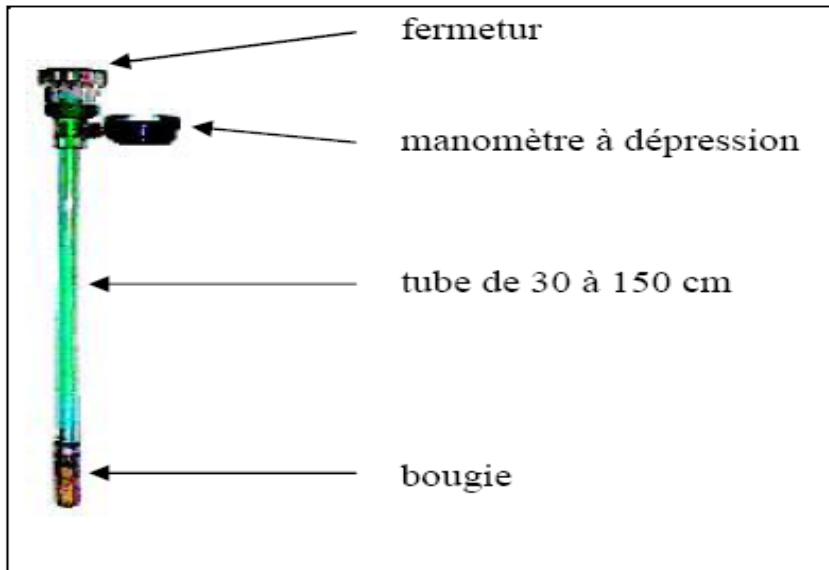


Figure 2: Schéma d'un tensiomètre



Micromorphographe Pepista



Photos 1 et 2 : Watermark avec boîtier de lecture

Lysimètre

