

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mohammed Boudiaf-M'sila
Faculté des sciences
Département des sciences agronomiques
Licence L3 : Production végétale (PDV)

Matière : Bioclimatologie

Coefficient : 01 Crédit : 01

BIOCLIMATOLOGIE

Responsable da matière :

Dr. BEDDAL Dalila

Chapitre II : Eléments climatiques

Introduction

Un climat se définit pour une période et un endroit donnés par l'ensemble des divers états de l'atmosphère : principalement, température et humidité de l'air, précipitations, vents, ensoleillement. Ces états dépendent de plusieurs facteurs d'origine planétaire ou géographique.

II.1 Définition d'éléments du climat

On appelle élément du climat, les différentes grandeurs physiques mesurables qui sont utilisées à caractériser les conditions du milieu. Exemple : température de l'air, précipitations, évaporation, vitesse du vent,...

Remarque : d'autres éléments ne font pas l'objet de relevés systématiques dans les stations climatiques, exemple : champ électrique de l'atmosphère, radioactivité de l'air mais ils interviennent dans la caractérisation climatique.

II.2 Facteurs climatiques

Les facteurs climatiques sont les différentes causes qui agissent sur les éléments du climat pour les faire varier. Ces facteurs peuvent être :

- ✓ Des facteurs géographiques : l'effet de l'altitude, de la position par rapport à la mer, la topographie.
- ✓ Des facteurs pédologiques : la nature du sol.
- ✓ Des facteurs agronomiques : la couverture végétale, stade de développement végétatif.
- ✓ Des facteurs anthropiques : parmi les quels le rejet de gaz carbonique dans l'atmosphère.

II.3 Les caractéristiques climatiques

Sont des grandeurs physiques exprimées dans des unités bien définies et qui servent à caractériser les éléments climatiques. Exemple : la somme mensuelle des précipitations, la somme du rayonnement global,...

Un ensemble d'instrument mesurant les éléments climatiques en un milieu donné dans des conditions uniformes et bien définies s'appelle **une station climatologique**.

Un ensemble de station mesurant les éléments climatiques des diverses régions d'un même pays s'appelle **un réseau climatologique**.

II.4 Le système climatique

Est l'ensemble des interactions entre l'atmosphère, l'océan, la cryosphère, la lithosphère et la biosphère de la Terre, qui détermine le climat de la planète sous l'effet du rayonnement solaire.

Le système climatique est composé de :

a- L'atmosphère : constituée par l'enveloppe gazeuse (air sec, vapeur d'eau, impuretés et autres gaz).

b- L'hydrosphère : qui correspond à toutes les étendues liquides (océans, mer, cours d'eau).

c- La cryosphère : l'enveloppe glaciaire ou neigeuse (calottes glaciaires, polaires).

d- La lithosphère : éléments de l'enveloppe corticale rocheuse (masses continentales).

e- La biosphère : l'ensemble des êtres vivants (couvert végétal, monde animal, activités humaines).

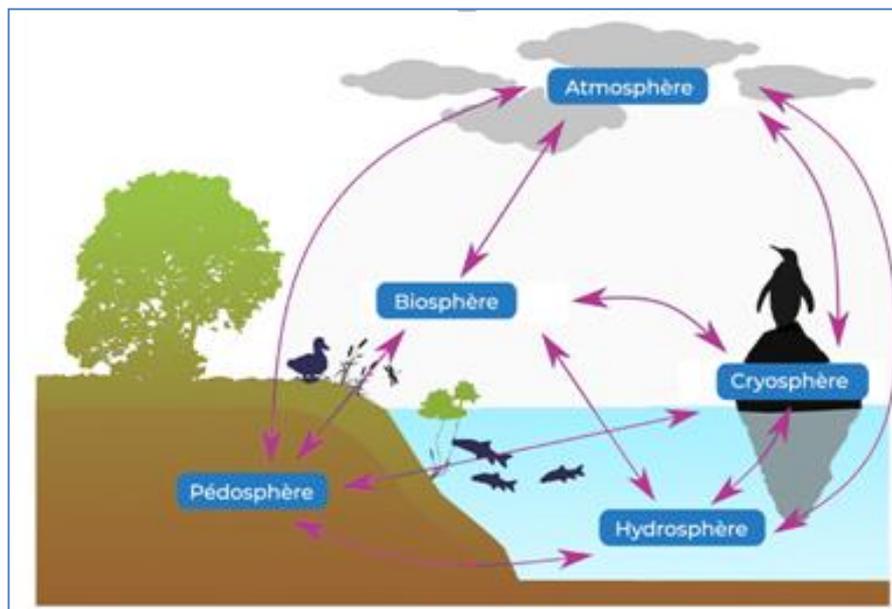


Figure 1 : Composante du système climatique

II.5 Grandeurs mesurées et appareils de mesure

Les observations météorologiques portent sur « les éléments du climat » qui sont : la température, les précipitations, l'évaporation, la radiation, le vent, la pression atmosphérique.

II.5.1 La température de l'air

II.5.1.1 Définition

Est une grandeur physique mesurée à l'ombre, dans un abri météorologique, à une altitude de 1m 50cm. Le choix de ce niveau revient au fait que l'air s'échauffe en contact direct avec le sol. Ainsi, la température est max près du sol, elle s'affaiblie en altitude avec un gradient fort près du sol. Ce gradient devient nul près de 1m50.

La température est un paramètre incontournable ayant un grand impact sur le climat car il entre dans l'évapotranspiration et l'estimation du bilan hydrique.

II.5.1.2 Types de température

- La température minimale (Tmin) qui se produit vers le levé du soleil.
- La température maximale (Tmax) qui se produit vers le midi-soleil.
- La température moyenne (Tmoy)

II.5.1.3 Unités de mesure

La température est généralement mesurée en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Alors que dans le système international des unités, l'unité de température est le Kelvin (K). D'autres unités sont utilisées comme le degré Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$).

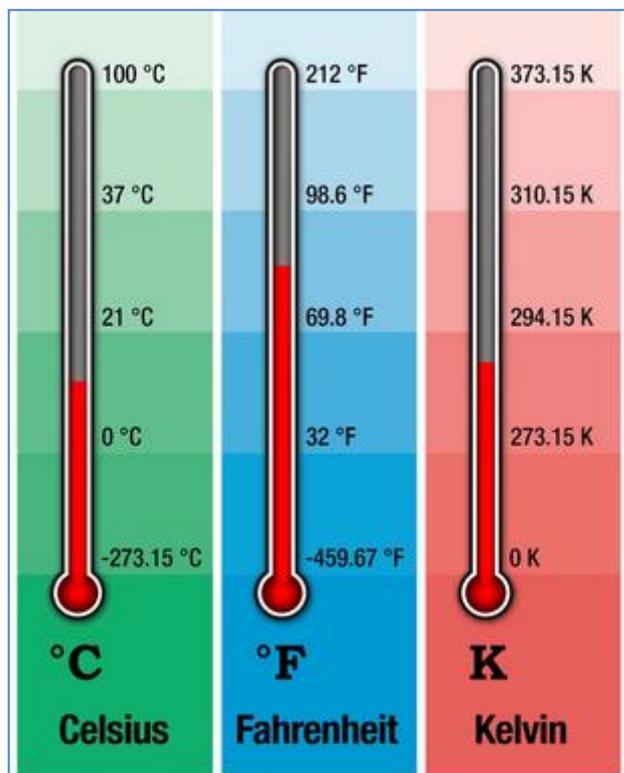


Figure 2 : Différents unités de mesure de la température

II.5.1.4 Appareil de mesure

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre qui utilise le plus souvent la dilatation d'un corps (alcool généralement) placé dans un tube fin (qui amplifie l'effet de dilatation).

II.5.2 Les précipitations

II.5.2.1 Définition

Les précipitations désignent toutes les eaux météorologiques solides et liquides qui tombent sur une surface horizontale. Ils sont ramenés à la lame d'eau en mm.

Les précipitations et la température sont les éléments les plus importants qui définissent le climat d'un lieu donné.

II.5.2.2 Caractéristiques

Les précipitations sont caractérisées non seulement par leur quantité, mais aussi par leur **nature physique** (pluie, neige, grêle,...), leur **fréquence** (exemple : une fois par an ou 100 fois par an), leur **durée de chute** (exemple : 10 mn ou 24 H), leur **intensité** (exemple : 10 mm/h ou 100 mm/h), leur **répartition dans le temps** (exemple : jours successifs), et dans **l'espace**.

Cet ensemble de caractéristiques influence sur l'absorption du sol, le drainage, les crues des cours d'eau, l'utilité agricole,...

II.5.2.3 Nature des précipitations

Les précipitations peuvent se présenter sous forme :

- Précipitations liquides: pluies, bruine.
- Précipitations verglaçantes: pluie verglaçante, bruine verglaçante.
- Précipitation solide: neige, grésil, givre, grêle.



Figure 3 : Nature des précipitations

Remarque :

- La quantité des précipitations augmentent en se rapprochant de la mer.
- Elles augmentent avec l'altitude.
- Au relief, les versants exposés au vent sont plus arrosés que les versants sous le vent pour des pentes assez élevées.

II.5.2.4 Appareil de mesure

- ✓ Pluviomètre non enregistreur (pluviomètre);
- ✓ Pluviomètre enregistreur (pluviographe);
- ✓ Les nivomètres;
- ✓ Les radars;

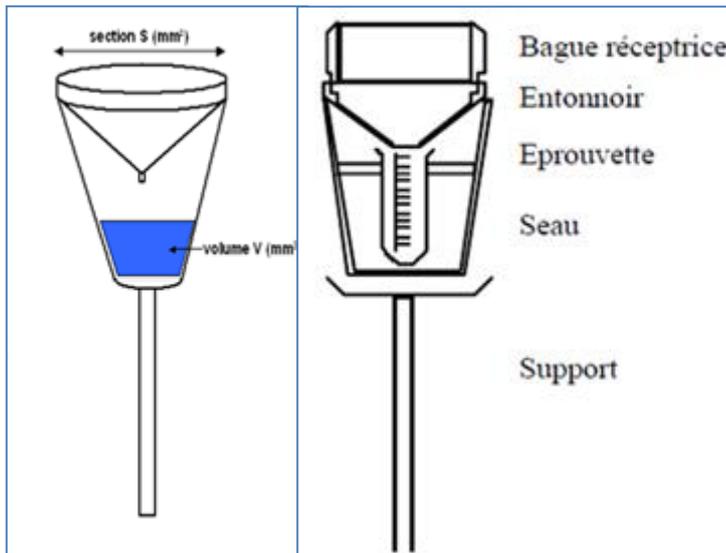


Figure 4 : Pluviomètre

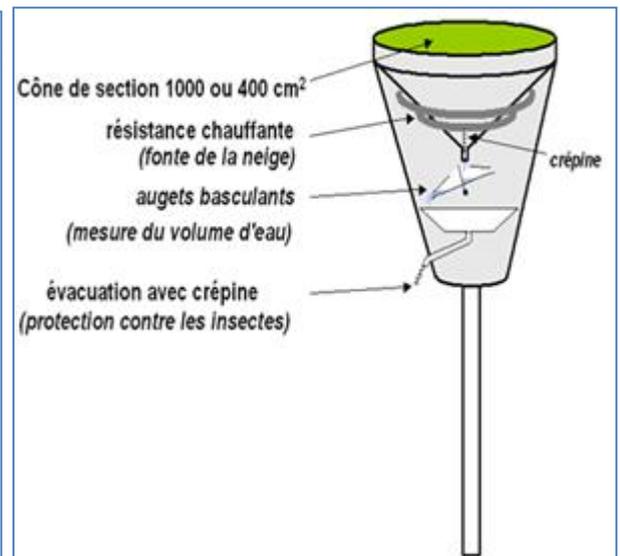


Figure 5 : Pluviographe

II.5.2.5 unité de mesure

Les précipitations liquides et solides sont ramenées à la lame d'eau en **mm** sur une surface horizontale. **1mm sur 1 ha = 10 m³ d'eau.**

II.5.2.6 Types de précipitation

- ✓ Précipitations journalières (P_j)
- ✓ Précipitations hebdomadaire (semaine).
- ✓ Précipitations décadaire (10 jours).
- ✓ Précipitations mensuelles (P_{mens})
- ✓ Précipitations saisonnières.
- ✓ Précipitations annuelles (P_{an})
- ✓ Précipitations interannuelles (P_{intan})

II.5.3 Le vent

II.5.3.1 Définition

Est le résultat de la différence de pression entre 02 zones voisines. Il provoque le déplacement des masses d'air et transporte ainsi les caractères climatiques.

Exemple : en Algérie, les forces éoliennes ne dépassent pas les 120 km/h. Au Sud, Ils déplacent chaque année entre 60 et 200 millions de tonnes de poussières dans l'air. Ils soulèvent de 10 à 20 millions de tonnes de sable¹⁴. En été, le sirocco, un vent très sec et très chaud (dit le Chehili ou chili), se dirige du sud vers le nord.

II.5.3.2 Appareil et unité de mesure

Les appareils de mesure sont : l'anémomètre à 03 coupelles fournissant des indications suffisantes sur la vitesse moyenne journalière du vent.

Les unités de mesure sont : Km.h^{-1} , m.s^{-1}



Figure 6 : Anémomètre à coupelles

II.5.4 L'évaporation

II.5.4.1 Définition

Est l'ensemble des processus physique de transformation de l'eau liquide et solide en vapeur. L'évaporation dépend essentiellement de 02 facteurs : la quantité de chaleur disponible (le rayonnement solaire) et la capacité de l'air à stocker de l'eau.

En général, on utilise le terme d'évapotranspiration qui prend en compte la combinaison de l'évaporation directe à partir des surfaces d'eau libre et des sols nus et de la transpiration végétale.

II.5.4.2 Processus physique de l'évaporation

C'est par le mouvement des molécules d'eau que débute l'évaporation. A l'intérieur d'une masse d'eau liquide, les molécules vibrent et circulent de manière désordonnée et ce mouvement est lié à la température ; plus elle est élevée, plus le mouvement est amplifié permettant à certaines molécules de s'échapper et d'entrer dans l'atmosphère.

II.5.4.3 Unité de mesure

L'unité de mesure de l'évapotranspiration est le mm/unité de temps (j, mois, année).

II.5.4.4 Appareils de mesure

a- L'évaporomètre de PICHE

Le principe est l'évaporation progressive d'une colonne d'eau à travers une rondelle de buvard. C'est un tube cylindrique de 275 mm de hauteur et de diamètre 12,4/14,8 mm. A sa base se trouve un papier buvard de 3 cm de diamètre retenu par une pince à travers lequel se fait l'évaporation.

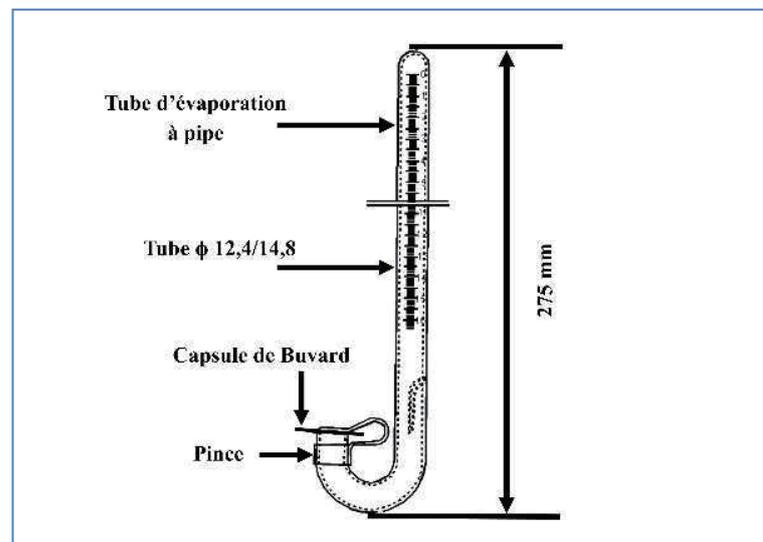


Figure 7 : Evaporomètre de PICHE

L'évaporation à la surface externe du papier est constamment remplacée par l'eau provenant du tube ce qui laisse un espace vide du côté scellé. L'opérateur peut

alors mesurer la perte de liquide par unité de temps en suivant la descente du liquide. Le PICHE permet de connaître le taux d'évaporation dans l'air et d'estimer l'évapotranspiration des plantes. En utilisant l'évaporomètre et en connaissant le taux d'humidité dans le sol par un lysimètre, les agriculteurs peuvent déterminer les besoins en irrigation des sols en culture.

b- Les bacs d'évaporation

b-1 Le bac COLORADO

Du nom de la station expérimentale du COLORADO qui a recommandé son emploi agricole. Le bac a une section de 1 m² et rempli d'eau et ayant une profondeur de 0,5 m dont le niveau est établi chaque jour. Il est enterré de 50 cm. Cette méthode donne une mesure directe assez juste de l'évapotranspiration lorsque le sol est totalement couvert par la végétation et régulièrement arrosé.

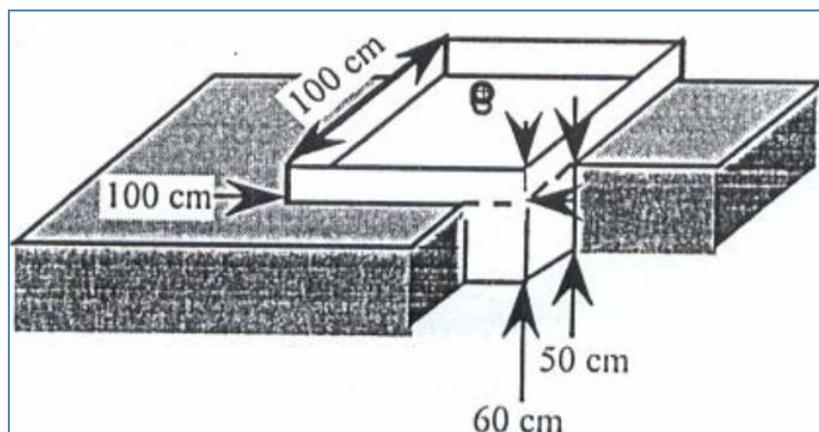


Figure 8 : Bac d'évaporation COLORADO

b-2 Le bac classe A

De forme circulaire de diamètre de 121,9 cm, haut de 25,4 cm et posé sur un support en bois à 15 cm au dessus du sol. On maintient une épaisseur d'eau de 17,5 à 20 cm. On applique un coefficient de corrélation entre l'évaporation au bac classe A et l'évaporation d'une retenue d'eau.

$$E_{retenue} = 1,664 (E_{bacA})^{0,602}$$

Formule de PAYAUD (mm/j)

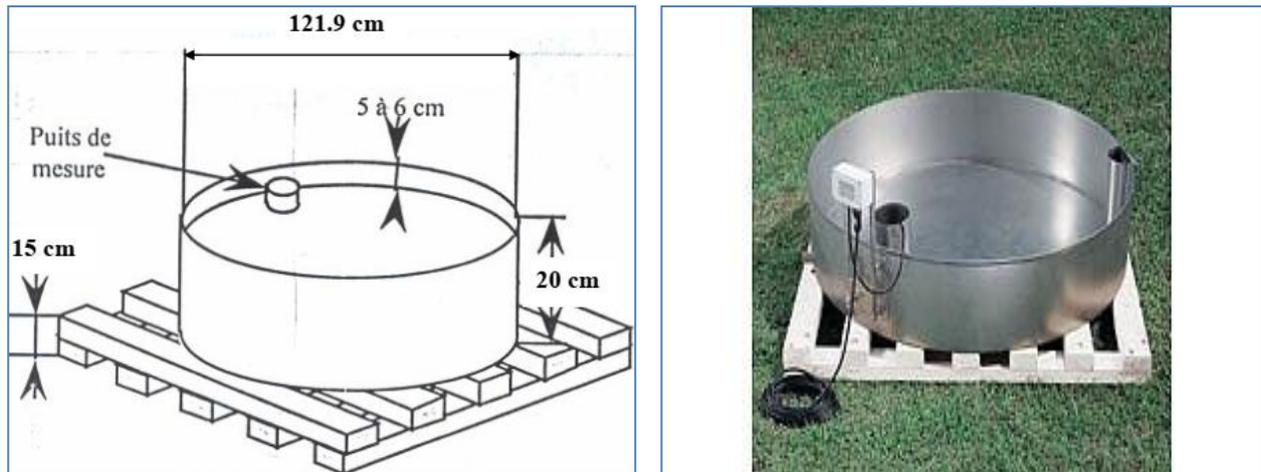


Figure 9 : Bac d'évaporation classe A

b-3 Le limnimètre

Le lac du barrage est l'objet d'intenses évaporations où on mesure la baisse de hauteur d'eau à l'aide d'une échelle graduée qui s'appelle le limnimètre.



Figure 10 : Echelle limnimétrique

b-4 Les cases d'évapotranspiration

Ils sont utilisés par les stations de recherche bioclimatiques. Ces cases reproduisent avec exactitude la réalité. Il s'agit d'un cylindre de terre contenu dans un bac métallique affleurant la surface du sol dans lequel est implantée la même végétation qu'à la périphérie. La terre du bac étant évidemment la même que celle du champ. Ce bac est monté sur un dispositif de pesée avec transmission des données

dont le bac subit des variations de poids en fonction de la pluviométrie et de l'évaporation ; l'eau de percolation est également recueillie.

II.5.4.5 Types d'évapotranspiration

On peut distinguer 03 types d'évapotranspiration :

- ❖ **L'évapotranspiration potentielle (ETP)** : est la quantité d'eau susceptible d'être évaporée d'une surface qui serait suffisamment approvisionnée en eau et dont le couvert végétal est réparti régulièrement en pleine période de croissance. Elle est dite aussi l'évapotranspiration de référence ET_0 .
- ❖ **L'évapotranspiration réelle (ETR)** : est la quantité d'eau réellement évaporée du sol et transpirée par le couvert compte tenu de l'eau disponible.
Si l'eau est disponible en excès alors $ETR=ETP$
Si l'eau est insuffisante alors $ETR<ETP$
- ❖ **L'évapotranspiration maximale (ETM)** : elle est fonction du stade végétatif de la culture, lorsque l'eau est en quantité suffisante et que les conditions agronomiques sont optimales (sol fertile,...)

II.5.4.6 Formules de calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

Plusieurs formules permettent de calculer l'évapotranspiration potentielle ETP à partir des mesures climatologiques.

a- Formule de Turc

Elle dérive de la simplification de la formule de Penman dont son expression est la suivante :

$$ETP = 0,4 \cdot \frac{t}{t+15} \cdot (I_g + 50) \cdot k$$

Avec :

ETP : L'évapotranspiration potentielle mensuelle (mm).

t : Température moyenne mensuelle (°C).

I_g : radiation globale moyenne mensuelle reçue au sol (cal/cm²/j).

k : coefficient en fonction de l'humidité relative h_r Si $h_r \geq 50\%$ alors $k=1$

$$h_r < 50\% \text{ (généralement sous nos climat)} \quad k = 1 + \frac{50 - h_r}{70}$$

b- Formule de THRONTHWAITE

Elle s'écrit sous l'expression suivante :

$$ETP = 16. \left(10. \frac{t}{I} \right)^a . F(\lambda)$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \quad i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514},$$

$$a = 0,49 + (1,79 \times 10^{-2}).I - (7,71 \times 10^{-5}).I^2 + (6,75 \times 10^{-7}).I^3$$

Avec :

ETP : L'évapotranspiration potentielle mensuelle (mm).

t : Température moyenne mensuelle (°C).

i : indice thermique mensuel.

I : indice thermique annuel.

a : fonction complexe de l'indice I

$F(\lambda)$: Facteur correctif qui est fonction de la latitude du lieu et du mois considérés
(ci-joint le tableau des valeurs de $F(\lambda)$).

c- Formule de Penman

Elle est la plus complète et la plus complexe, est basée sur la notion du bilan énergétique dont son expression est comme suite :

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{cste}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

$$\Delta = \frac{4098 e_{sat}(T)}{(T+237,3)^2}, \quad \gamma = 0,665 \cdot 10^{-3}, \quad P = 101,3 \cdot \left(\frac{293 - 0,0065 z}{293} \right)^{5,26}$$

$$e_{sat}(T) = 0,6108 e^{\frac{17,27 T}{T+237,3}}$$

Avec :

E_{To} : évapotranspiration de référence (mm/j).

R_n : rayonnement global en MJ/m²/j

G : flux de chaleur dans le sol par conduction en MJ/m²/j.

Δ et γ : constante en Kpa/°c

C_{ste} = 900 pour un pas de temps journalier et 37 pour un pas de temps horaire.

T : température en °c

P : pression atmosphérique en Kpa.

z : l'altitude par rapport la mer (m)

$e_s = e_{sat}$: la pression de vapeur saturante (kpa).

e_a : pression de vapeur actuelle en Kpa $e_a = \text{humidité relative} \cdot e_s / 100$

u_2 : vitesse du vent à 2m du sol en (m/s)

Ayant la vitesse du vent à 10m du sol nous utiliserons la formule suivante, avec z l'altitude à laquelle la vitesse est mesurée (ici 10 mètres).

$$u_2 = u_z \frac{4,87}{\ln(67,8 z - 5,42)}$$

II.5.5 L'humidité

La teneur en humidité influence fortement les êtres vivants. Lorsque l'air ne contenant aucune trace d'humidité, il est appelé "air sec", à l'inverse un air contenant 100 % d'humidité est appelé "air saturé".

II.5.5.1 L'humidité absolue

Est la quantité en grammes de vapeur d'eau [g vapeur/kg air sec] présente dans un volume d'air sec donné (1m³) et sa valeur reste constante même si la température de l'air varie en restant supérieure à la température du point de rosée (c'est la température où la vapeur d'eau contenue dans l'air commence à se condenser dans l'air). La vapeur contenue dans une masse d'air est invisible, mais si on sature d'humidité de l'air sec au-delà d'une certaine limite on voit apparaître du brouillard et

de la condensation, l'eau forme alors des gouttelettes en suspension dans l'air, on dit alors que l'air est saturé.

II.5.5.2 L'humidité relative

Elle s'exprime en pourcentage (%) et correspond au rapport, entre la quantité d'eau que contient l'air (humidité absolue) et la quantité maximale qu'il peut contenir pour une température donnée et ceci avant de se condenser. Les variations de la température influencent directement l'humidité relative, de sorte que l'humidité relative baisse quand la température s'élève et augmente lorsque la température baisse.

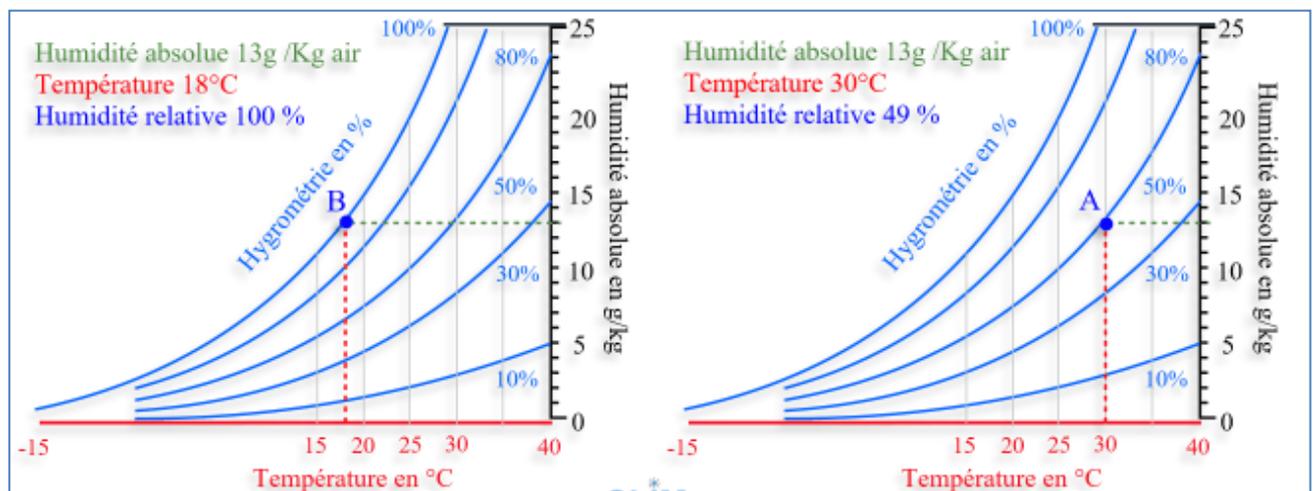


Figure 11 : Humidité relative et absolue

II.5.5.3 Appareil de mesure

Plusieurs types d'appareils s'appelant l'hygromètre sont utilisés pour connaître l'humidité relative de l'air, à savoir :

a- Psychromètre à deux thermomètres

Le psychromètre comporte deux thermomètres, que l'on place dans un courant d'air, un thermomètre est maintenu au sec ; il indique la température sèche de l'air, l'autre est entouré d'un coton hydrophile humide pour indiquer la température humide.

La différence de ces deux températures permet de connaître l'humidité relative de l'air considéré.

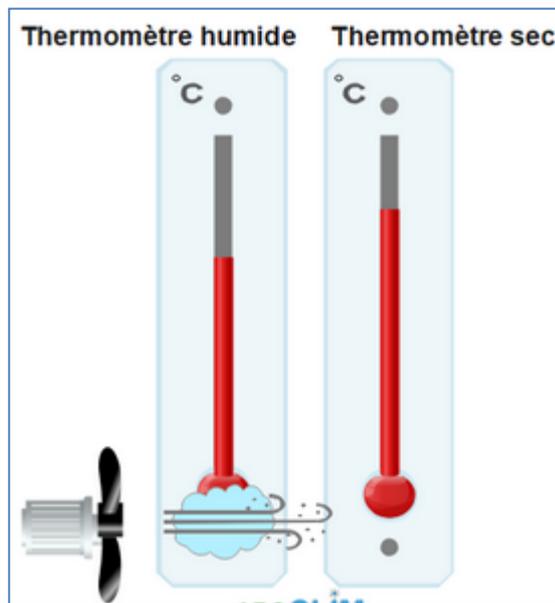


Figure 12 : Psychromètre à deux thermomètres

b- Hygromètre à cheveux

Le principe repose sur le fait que le taux d'humidité dans l'air provoque une variation de la longueur de cheveux qui est transmise par un mécanisme à un cadran à aiguille (cheveux humains = élément sensible).

c- Hygromètre capacitif

L'élément sensible de cet hygromètre est un condensateur dont le diélectrique est constitué d'un polymère très hygroscopique de quelques micromètres d'épaisseur qui absorbe les molécules d'eau contenues dans l'air. Les informations de cette sonde sont converties en signaux numériques, puis affichés sur un écran digital. La performance de ce type d'appareil est bonne (2% erreur).

d- Hygromètre résistif

Le capteur de résistance au chlorure de lithium est utilisé qui a la propriété d'avoir une grande résistance lorsqu'il est sec et une faible résistance lorsqu'il est humide. Il est moins fiable que l'hygromètre capacitif ($\pm 5\%$).

Les stations climatiques sont généralement automatisées contenant des appareils de mesure de l'évaporation, précipitations, température et humidité de l'air (Fig.13) sous abri et rayonnement solaire global. Le bac est équipé d'un électrovanne pour le remplissage automatique. Le système d'acquisition des données est interrogé au travers du réseau téléphonique GSM.

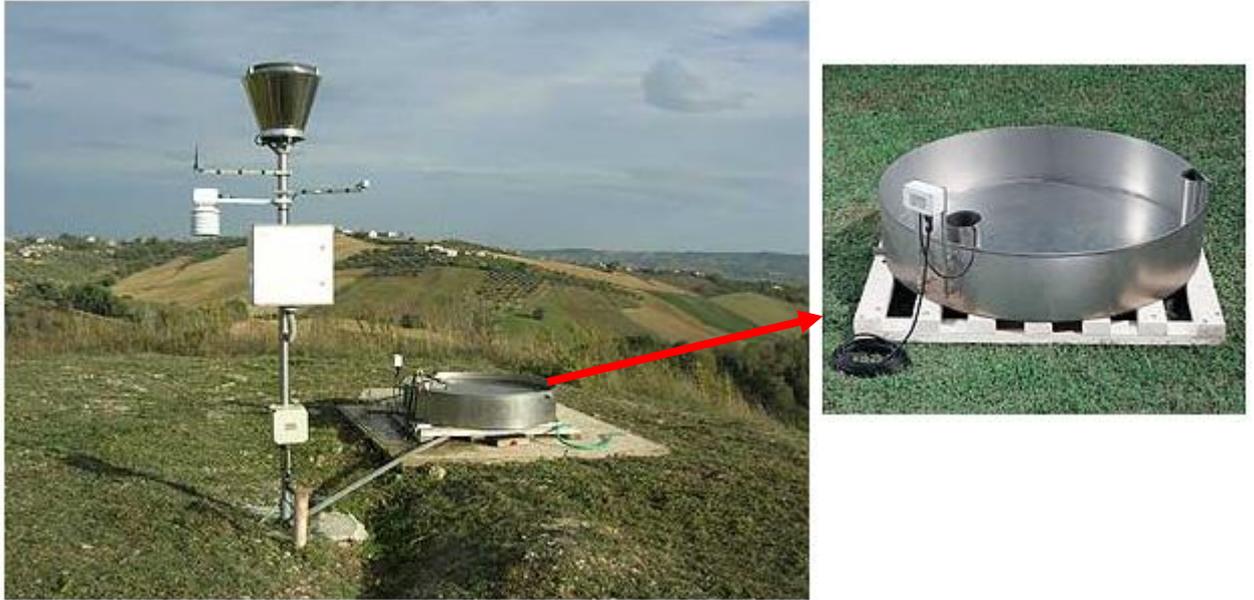


Figure 13 : Station climatique automatique