

# Ecologie Générale



## SCIENCES DE LA VIE



### Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



### Etudier



Visiter [Biologie Maroc](https://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



### Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

# CLIMAT

## CONSIDERATIONS GENERALES

Température, humidité, vent et lumière sont des facteurs de contrôle environnemental primaire des organismes terrestres. L'énergie solaire contrôle tous ces facteurs et se mesure en calories ou kilocalories. Cette énergie dépend de l'angle du rayonnement :

Lat.moy : 120-160 kcal/cm<sup>2</sup>/an

Sahara-Inde: >200 kcal/cm<sup>2</sup>/an

Lat.N&S >40° : rayons obliques → peu de cal/unité de surface

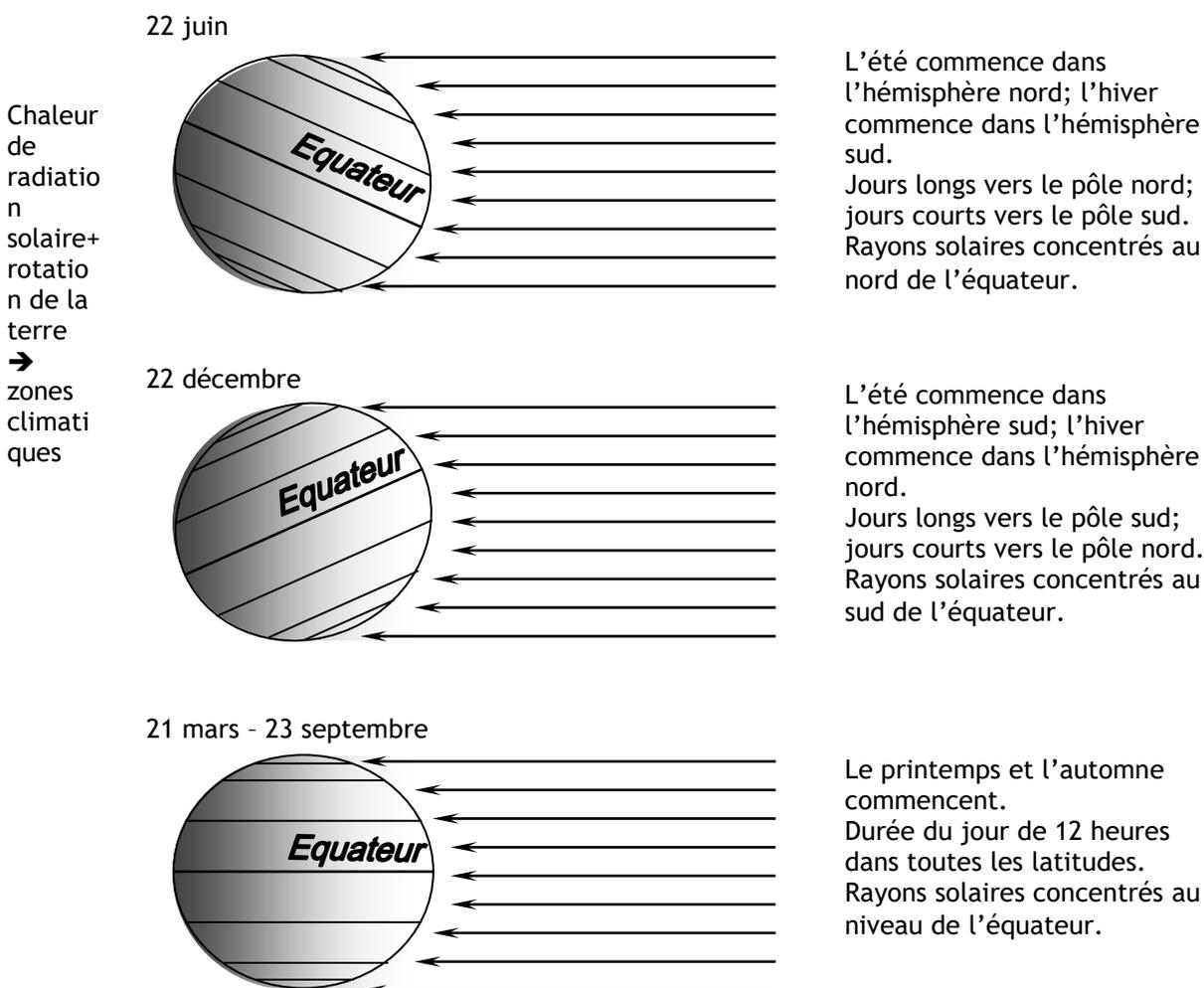
Rayon solaire moyen = ½ chaleur (λ longues ou IR) + ½ λ courtes visibles & UV

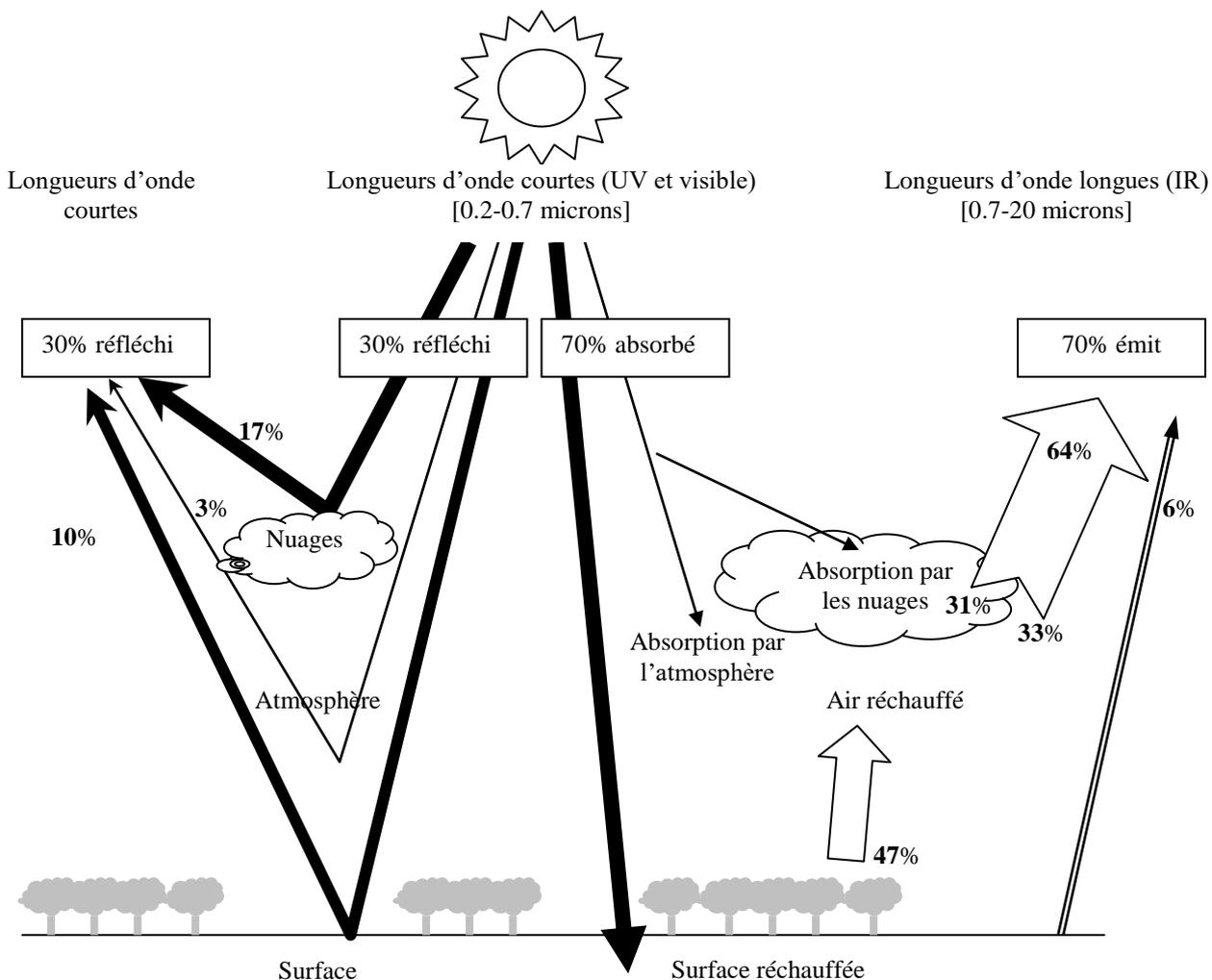
λ visibles : spectre violet-rouge → photosynthèse. UV : mort cellulaire

λ courtes (visibles & UV) : 37% réfléchi ou absorbé par l'atmosphère

63% atteint la végétation et la surface terrestre avec une grande partie émise la nuit sous forme de λ longues (une partie reste piégée dans l'atmosphère) → réchauffement de l'air

< 1% utilisé par la photosynthèse





**Zones climatiques :**

Equateur : zone pluviale faible pression → forêt équatoriale

30° N&S : zone sèche haute pression → déserts, zones arides

50-60° : zone humide faible pression → forêts humides froides

Entre ces zones : vents de directions prédictibles et sont caractérisés par :

Alizés : forêts tropicales pluvieuses et savanes

Vents de l'ouest : forêts tempérées caducifoliées et prairies

Vents polaires : Toundra

P exerce un contrôle majeur sur le type de végétation → les différences entre déserts et forêts pluvieuses humides équatoriales et tropicales sont dues à la quantité de P et sa distribution annuelle

Au niveau continental, ces flux déterminent les grandes distributions de la végétation

Littoral : climat modéré, faible contraste thermique

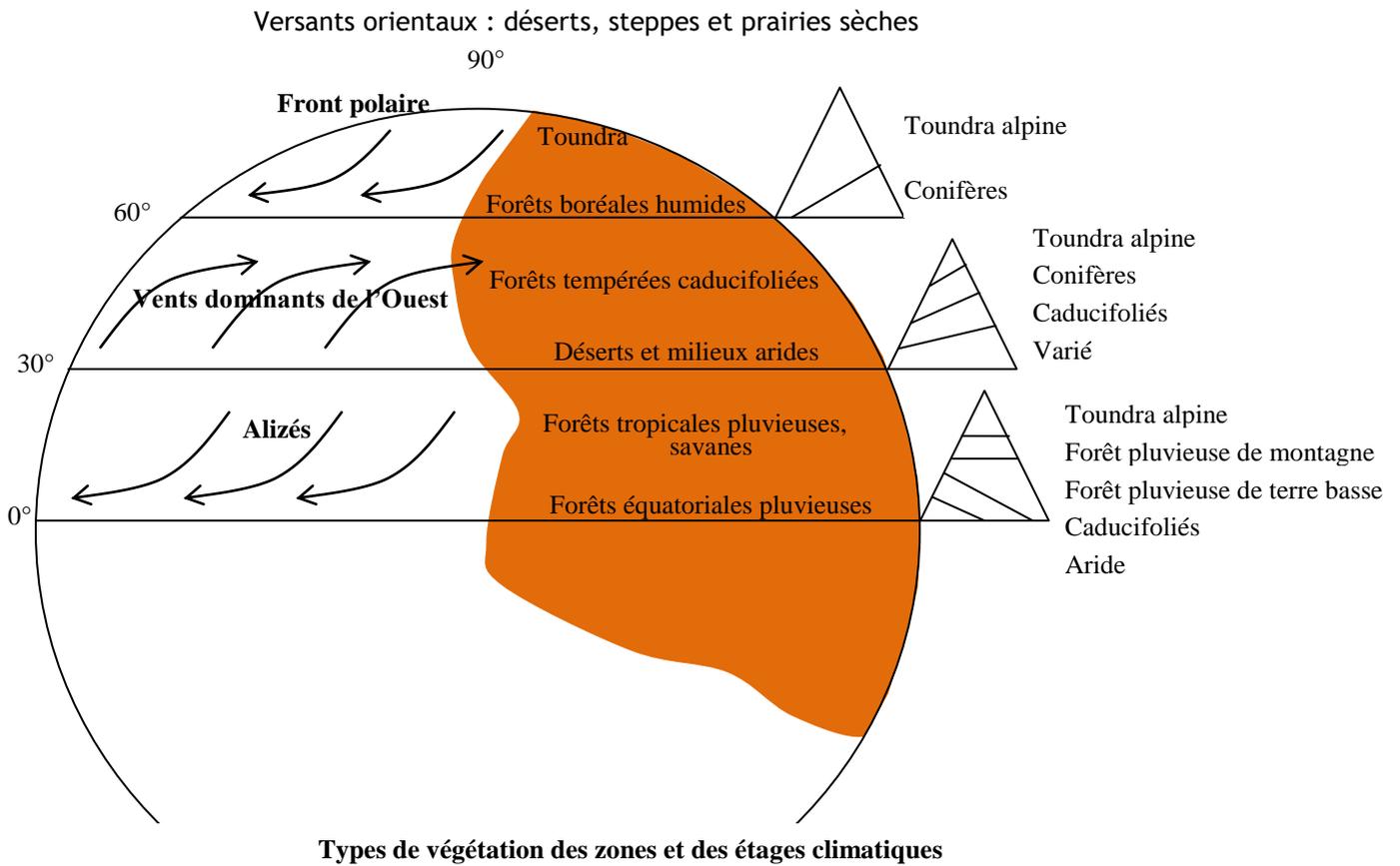
Continents : climat continental sec avec grandes variations saisonnières

Prairies, steppes et déserts

Montagne : élévation et refroidissement de l'air humide → condensation et précipitation

En fonction de l'altitude, variation verticale du climat similaire à la variation latitudinale.

Versants occidentaux : forêts humides



**Variations climatiques dans le temps:**

- Séculaires : causent le mouvement de la flore et de la faune sur la Terre
- Saisonniers : causent une évapotranspiration considérable
  - A l'équateur : saison pluvieuse le long de l'année
  - Aux tropiques (cancer et capricorne 23,5°) : 6 mois humides, 6 secs
- Météorologiques : journalières ; affectent l'activité et le comportement des animaux et la photosynthèse des végétaux
  - Terrains ouverts : absorption de chaleur le jour et retransmission verticale la nuit
  - Les variations du temps prennent plusieurs jours dans les régions tempérées
  - Dans les forêts pluvieuses chaudes, les variations du temps sont quotidiennes
    - Matin : réchauffement du sol et végétation → stimulation de l'évapotranspiration
    - Fin après-midi : vapeur d'eau refroidie et précipitée
    - Toute l'activité végétale et animale est liée à cette variation quotidienne

**Les études climatiques peuvent être réalisées à trois niveaux distincts :**

Le **macroclimat** ou climat général qui diffère en fonction des grandes régions et zones climatiques de la Terre. Il se différencie en mésoclimats lorsque des modifications locales apparaissent dans certaines de ses caractéristiques. Exemples : Climat de la région méditerranéenne, climat de la région équatoriale...

Climat	Distribution horizontale (m)	Distribution verticale (m)
Microclimat	$\approx 10^{-2} - 10^4$	$10^{-2} - 1 \cdot 10^3$
Mésoclimat	$\approx 10^{-3} - 2 \cdot 10^5$	$10^0 - 6 \cdot 10^3$
Macroclimat	$\approx (2-4) \cdot 10^5 - 10^7$	$10^0 - 2 \cdot 10^5$

Le **mésoclimat** est le climat général modifié localement par divers aspects du paysage, comme le relief, l'altitude, les villes, etc. Exemples : climat urbain, climat de montagne, climat de la côte, climat de fond de vallée, climat d'un bassin versant...

Le **microclimat** est déterminé par l'ensemble des caractéristiques spatiales qui affectent le mésoclimat sous des conditions très limitées. Il s'agit principalement de l'action en retour des organismes. Par exemple, le couvert végétal modifie la lumière, la température, l'humidité et le vent. De même, les oiseaux nidifiants contrôlent le microclimat en maintenant les œufs à température constante. Le microclimat peut correspondre ainsi au climat d'une prairie, d'un terrain de culture, d'une serre, etc.

## A. MESURE DU CLIMAT

Le climat d'une localité est défini par les statistiques à long terme des caractères qui décrivent le temps de cette localité, comme la température, humidité, vent, précipitation, etc. Le temps est l'état de l'atmosphère en un lieu et moment déterminés.

Le climat affecte plusieurs aspects de la vie (y compris la vie humaine) et détermine en grande partie le type de sol et végétation. Il est très lié à la topographie.

Les données sont mesurées et enregistrées par les stations météorologiques. Celles-ci peuvent être complètes, thermopluviométriques ou pluviométriques. L'ensemble des stations d'une région constitue un Réseau Climatologique. Le choix de l'emplacement des stations d'un réseau dépend :

- de l'établissement de la période optimale de l'échantillonnage des données (les valeurs mesurées en un moment donné doivent être représentatives de l'ensemble des valeurs prises à d'autres moments) et,
- de la représentativité de la station climatologique (les données de la station doivent être représentatives des données enregistrées en d'autres lieux de la même zone climatique).



## B. CARACTÉRISTIQUES ET PROCESSUS CLIMATIQUES

### B.1. TEMPÉRATURE

Il s'agit d'un caractère climatique très important à cause de son influence sur toutes les activités de l'homme, de la végétation, faune... et forme partie des classifications climatiques du macroclimat à celles du microclimat.

Les paramètres de la température les plus utilisés sont les suivants :

- Valeurs absolues : température maxima journalière, température minima journalière, températures maxima et minima annuelles, températures maxima et minima mensuelles.
- Moyennes : température moyenne journalière (moyenne des observations réalisées chaque heure ou moyenne entre températures maxima et minima journalières), intervalle journalier de température (différence en °C entre les températures maxima et minima journalières), température moyenne mensuelle (moyenne des moyennes journalières du mois correspondant), température moyenne mensuelle des maximas, température moyenne mensuelle des minimas, intervalle annuel de température (différence entre la moyenne du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid).

La température est affectée par plusieurs types de variations. En un même lieu, **la température présente des variations journalières et saisonnières**. Dans une zone étendue, il peut y avoir variation thermique en relation avec l'altitude (variation verticale), la latitude (variation horizontale) ou autres facteurs (relief, masses d'eau proches). Dans le cas fréquent des variations altitudinales, on admet que le gradient vertical de température se situe entre 0,4 et 0,8°C et que sa valeur moyenne est de 0,55°C.

### B.2. HUMIDITÉ ATMOSPHERIQUE

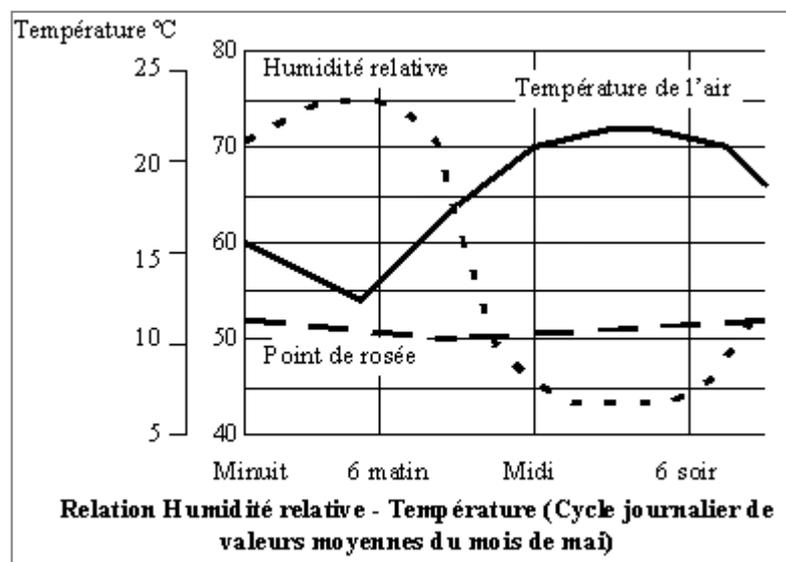
C'est la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air. Il s'agit d'un caractère climatique de grande magnitude très lié, à travers divers mécanismes physiques, à la nébulosité, la précipitation, la visibilité et de façon spéciale à la température : la quantité d'eau sous forme vapeur qu'on peut rencontrer dans l'atmosphère est une fonction directe de la température.

**L'humidité atmosphérique peut être exprimée par différents paramètres et indices comme :**

- Tension de vapeur ( $e$ ). C'est la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air ; dépend de l'humidité absolue et de la température, et elle est indépendante de la pression des autres gaz de l'air. Se mesure en millibars (mb) ou autre mesure de pression.
- Tension de saturation ( $e_s$ ) ou pression de saturation. C'est la pression partielle maximale que peut atteindre la vapeur d'eau dans l'air. C'est une fonction croissante avec la température. A une température donnée, la tension de vapeur  $e$  est toujours inférieure ou égale à la tension de saturation pour cette température.
- Déficit de saturation ( $e'$ ) :  $e' = e_s - e$ . Ce déficit se calcule pour une température donnée et s'exprime en unités de pression. Il régule la perte d'eau par transpiration chez les plantes. La température et le vent provoquent l'augmentation de la perte d'eau et, par conséquent, augmentation du déficit.
- Point de rosée ( $c$ ). C'est la température à laquelle la tension réelle de vapeur d'eau est égale à la tension de saturation. C'est-à-dire, on atteint le point de rosée lorsque l'air contient le maximum de vapeur d'eau pour une température donnée.
- Humidité relative ( $H$ ). C'est le pourcentage de tension réelle de la vapeur d'eau ( $e$ ) par rapport à la tension de saturation à la même température ( $e_s$ ) :

$$H = 100 * (e/e_s).$$

La relation entre  $H$  et la température de l'air est inverse : lorsque la température augmente,



la capacité de l'air pour retenir la vapeur d'eau augmente également ; si l'atmosphère ne reçoit pas alors des apports nouveaux de vapeur d'eau, l'humidité relative diminue. Au contraire, quand la température diminue, la capacité de rétention décroît et l'humidité relative augmente.

Formes de condensation : Outre la nébulosité, deux formes de condensation sont importantes :

- **La rosée** : se produit lorsque la superficie d'un corps solide exposé à l'air libre se refroidit au dessous de la température du point de rosée. C'est une condensation en forme de gouttes de petite taille distribuées uniformément sur toute la superficie refroidie. La rosée se développe fondamentalement de nuit en fonction de la durée de la nuit, la transparence de l'air, l'humidité de l'air et lorsque les couches basses de l'atmosphère sont calmes. La rosée joue un rôle important dans les zones arides et semi-arides puisqu'elle empêche l'évaporation de l'eau du sol et lui apporte de l'humidité.
- **Le brouillard** : se produit lorsque la condensation se fait dans la couche atmosphérique qui se trouve au contact du sol. Cette condensation commence avant que l'air ait atteint le stade de saturation grâce à la présence dans les couches basses de l'atmosphère d'un grand nombre de noyaux de condensation hygroscopiques. Il existe plusieurs types de brouillard, en fonction de son origine, le plus dangereux est le brouillard dit industriel ou « smog », formé de brouillard proprement dit et de polluants.

### B.3. PRÉCIPITATION

La précipitation est l'eau, aussi bien sous forme liquide que solide, qui tombe sur la superficie de la terre. C'est un facteur principal du cycle hydrologique d'une région. En fonction de son origine, on peut distinguer des précipitations cycloniques ou de fronts, des précipitations convectives et des précipitations orographiques. En fonction de sa forme, la précipitation reçoit le nom de **pluie** (gouttes liquides de diamètre entre 0,5 et 3 mm qui arrivent au sol à une vitesse de 3m/s à 7m/s), **averse** (grandes gouttes plus ou moins dispersées, de diamètre supérieur à 3 mm et vitesse supérieure à 7m/s), **chute de neige** (flocons constitués de cristaux hexagonaux de glace, microscopiques, qui tombent avec une vitesse faible et forment sur le sol des couches de structure spongieuse), **grêle** (grains de glace sphériques à couches amorphes et cristallines et de taille variable supérieure à un millimètre).

Les données des précipitations correspondent généralement au **nombre de jours et quantité** de pluie, neige et grêle, prises séparément, au **nombre de jours de précipitation**, à la **durée et forme** de précipitation, aux **valeurs extrêmes** (maximales et minimales) de précipitation (mensuelles et annuelles), à la **précipitation maximale** enregistrée en vingt-quatre heures, et au **total** annuel, mensuel et journalier. A partir de ces observations, on obtient d'autres paramètres qu'on utilise pour caractériser le régime des précipitations d'un lieu donné :

**moyenne mensuelle, moyenne annuelle, moyenne des précipitations maximales et minimales annuelles et mensuelles, nombre moyen mensuel de jours de pluie, nombre moyen annuel de jours de pluie.** Les valeurs moyennes sont définies à partir d'une série d'années fixée, par l'Organisation Mondiale de Météorologie, en trente ans.

Plusieurs indices et formules sont utilisés en fonction des objectifs d'étude climatique. Par exemple, l'intensité de précipitation :

$I = A / n$ , avec  $A$  précipitation totale durant une période déterminée et  $n$  numéro total de jours de pluie.

## B.4. ÉVAPORATION ET ÉVAPOTRANSPIRATION

Le terme évaporation signifie, en climatologie, l'eau transférée à l'atmosphère à partir des superficies libres d'eau, glace et neige ; le transfert de vapeur d'eau à l'atmosphère à travers des stomates des plantes s'appelle transpiration (mécanisme biophysique).

Pour déterminer la perte d'eau d'une superficie couverte de végétation, il est pratiquement impossible de séparer la transpiration de l'évaporation proprement dite ; les deux processus influent mutuellement l'un sur l'autre. Pour cela, on utilise le concept évapotranspiration pour exprimer l'ensemble des pertes d'eau sous forme de vapeur de la végétation et de la surface du sol vers l'atmosphère. C'est un concept de grand intérêt pratique et s'utilise souvent dans le domaine de l'agriculture et des activités forestières. L'unité de mesure est en mètres cubes par hectare, millimètres de hauteur d'eau ou litres par mètre carré.

**Évaporation** : elle dépend du type de sol (composition, couleur, structure...) et autres facteurs climatiques (radiation, humidité de l'air, vent...). Pour mesurer l'évaporation, à cause de ces dépendances aux facteurs édaphiques et climatiques, on considère l'évaporation potentielle  $E_0$  définie comme étant la quantité d'eau évaporée par unité de temps et superficie libre du liquide. Cette évaporation potentielle peut être calculée ou directement mesurée par un évaporimètre. Par exemple, la méthode de LANGBEIN pour le calcul de l'évaporation potentielle est basée sur la température moyenne annuelle :

$$E_0 = 325 + 21t + 0,9t^2 \quad (E_0 \text{ en mm/an et } t \text{ en } ^\circ\text{C}).$$

**Évapotranspiration** : elle dépend des mêmes facteurs que l'évaporation (énergie disponible pour évaporer l'eau, déficit de saturation de l'atmosphère, température de l'air, vitesse et turbulence du vent, nature et état de la surface d'évaporation) et autres facteurs liés à la mobilisation de l'eau par la végétation (comme la radiation solaire qui provoque une augmentation de transpiration stomatique et l'existence de périodes critiques durant la vie végétale).

L'importance de l'évapotranspiration est critique pour son influence considérable sur la croissance et distribution des plantes. Concrètement, l'estimation de l'évapotranspiration constitue la base du calcul des besoins hydriques. Pour son calcul, et à cause des nombreux facteurs qui y interviennent, on utilise le concept d'évapotranspiration potentielle défini comme étant l'eau remise à l'atmosphère en état de vapeur par un sol complètement couvert de végétation, en supposant qu'il n'existe pas de limitation dans l'apport en eau (de pluie ou d'irrigation) pour obtenir une croissance végétale optimale. Il existe plusieurs méthodes expérimentales ou théoriques pour déterminer l'évapotranspiration.

On présente ici, à titre d'exemple, la méthode de TORNTHWAITE (1955). Cette méthode se base exclusivement sur les données de température exprimées dans la formule :

$$E_p = 1,6 \cdot (10tI)^a$$

avec  $E_p$  évapotranspiration potentielle (mm/mois),  $t$  température moyenne mensuelle en  $^\circ\text{C}$ ,  $I$  indice de chaleur annuelle et

$$a = 0.492 + 0.0179I - 0.0000771I^2 + 0.000000675I^3.$$

L'indice de chaleur  $I$  se calcule à partir des températures moyennes des douze mois :

$$I = \sum^{12} (t_i / 5)^{1,5}$$

Les valeurs de  $E_p$  ainsi calculées, correspondent à un mois standard de 360 heures de lumière. Pour les valeurs de durée de l'insolation qui correspondent à nos latitudes, l'évapotranspiration calculée doit être corrigée en multipliant par un facteur approprié du tableau suivant :

Latitude	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
40°N	0.80	0.89	0.99	1.10	1.20	1.25	1.23	1.15	1.04	0.93	0.83	0.78
30°N	0.87	0.93	1.00	1.07	1.14	1.17	1.16	1.11	1.03	0.96	0.89	0.85
20°N	0.92	0.96	1.00	1.05	1.09	1.11	1.10	1.07	1.02	0.98	0.93	0.91

**Facteur de correction de l'évapotranspiration potentielle standard, en fonction de la latitude (DUNNE & LEOPOLD, 1978)**

## B.5. RADIATION

C'est le processus de transmission d'énergie au moyen d'ondes électromagnétiques et le mode par lequel arrive l'énergie solaire à la terre. Son intensité dépend de la latitude, altitude, nébulosité et pente. En absence d'instruments de mesure, il est possible d'utiliser la formule suivante (BLACK, 1954) pour la calculer :

$$Q_s = I_0 / 0.803 - 0.340 C - 0.458 C^2 \quad \text{avec } Q_s \text{ radiation moyenne journalière pour le mois (cal/cm}^2 \text{ jour), } I_0 \text{ radiation solaire par jour reçue en une superficie horizontale dans la limite supérieure de}$$

l'atmosphère (voir tableau suivant),  $C$  nébulosité moyenne mensuelle exprimée comme fraction décimale.

Latitude	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
40°N	364	495	673	833	944	985	958	858	710	536	390	323
30°N	508	624	764	880	950	972	955	891	788	658	528	469
20°N	642	732	834	902	930	934	930	902	843	755	656	610

Valeurs mensuelles de  $I_0$  en  $\text{cal/cm}^2$  jour (TURC, 1961)

## B.7. INSOLATION

C'est le nombre d'heures de soleil. Son importance est claire pour la croissance des plantes et autres types d'activités (construction, tourisme, etc.). Elle peut être exprimée en termes absolus (nombre d'heures de soleil) et groupée ensuite en moyennes mensuelles et annuelles, ou en termes relatifs comme pourcentage de la durée théorique du jour.

## B.8. VENT

Se définit comme « air en mouvement horizontal », abstraction faite de la possible composante verticale. Les effets du vent peuvent être bénéfiques : dispersion des contaminants, pollinisation de certaines plantes, production d'énergie, etc., mais aussi préjudiciables : dommages mécaniques de la végétation (cultures, reboisements), dessèchement, transport de parasites et virus, etc. La connaissance des variations du vent au niveau de sa vitesse et sa direction, est importante pour plusieurs activités comme les plantations forestières, l'agriculture et l'urbanisation. Il convient pour cela de connaître le vent dominant, les fréquences des directions et les fréquences des vitesses. Ces données sont souvent exprimées par les « roses des vents ». Dans une rose des vents, les observations se réduisent à huit directions, indiquées par les lignes qui partent radialement à partir du point central d'observation. Le pourcentage de temps total durant lequel le vent souffle dans ces directions est indiqué par la longueur des segments respectifs. Les polygones octogonaux autour du point d'observation indiquent les fréquences du vent dans chaque direction dans une période déterminée (mensuelle, saisonnière ou annuelle).

## C. INDICES ET CLASSIFICATIONS CLIMATIQUES

La classification du climat a pour objectif établir des types climatiques pour définir des espaces climatiques à différentes échelles. La classification du climat peut être réalisée en fonction des caractères de base (température, vent, humidité, précipitation...) considérés isolément ou combinés. Il existe plusieurs classifications climatiques, mais le choix d'une classification donnée dépend des objectifs de l'étude.

### C.1. INDICES PHYTOCLIMATIQUES

Il s'agit de relations numériques entre les différents éléments du climat qui prétendent quantifier son influence sur les communautés végétales. L'aridité est l'aspect le plus fréquemment quantifié sous forme d'indice puisqu'il s'agit d'un facteur limitant pour la vie des communautés végétales. On présente ici deux indices très utilisés en région méditerranéenne : l'indice d'EMBERGER (1932) pour la classification des bioclimats méditerranéens et l'indice modifié de PATTERSON (1956) pour estimer la productivité forestière potentielle.

Indice d'EMBERGER : L'expression actuellement utilisée de cet indice est

$$Q_2 = 1000P / \{(M-m)[(M+m)/2]\} = 2000P / (M^2 - m^2)$$

avec  $P$  précipitation moyenne annuelle en mm,  $M$  température moyenne des maxima du mois le plus chaud,  $m$  température moyenne des minima du mois le plus froid.  $M$  et  $m$  représentent les seuils entre lesquels dans un endroit donné se déroule la vie végétale, ils sont exprimés en degrés absolus ( $0^\circ\text{C} = 273,2^\circ$ ). Le facteur  $(M + m)/2$  exprime la moyenne ;  $(M - m)$  qui correspond à l'amplitude thermique extrême traduit la continentalité ou l'évaporation.

Indice de productivité forestière potentielle : La productivité forestière potentielle est la production maximale qu'on peut obtenir dans une forêt 1) si le sol est mûr, en équilibre avec le climat et évolué en fonction des conditions fixées par la roche mère, 2) si on dispose d'une gestion technique adéquate, 3) si l'état phytosanitaire est bon et 4) si l'espèce possède la meilleure croissance compatible avec la stabilité du milieu. On utilise ici l'indice de PATTERSON (1956) modifié pour son application dans la région méditerranéenne

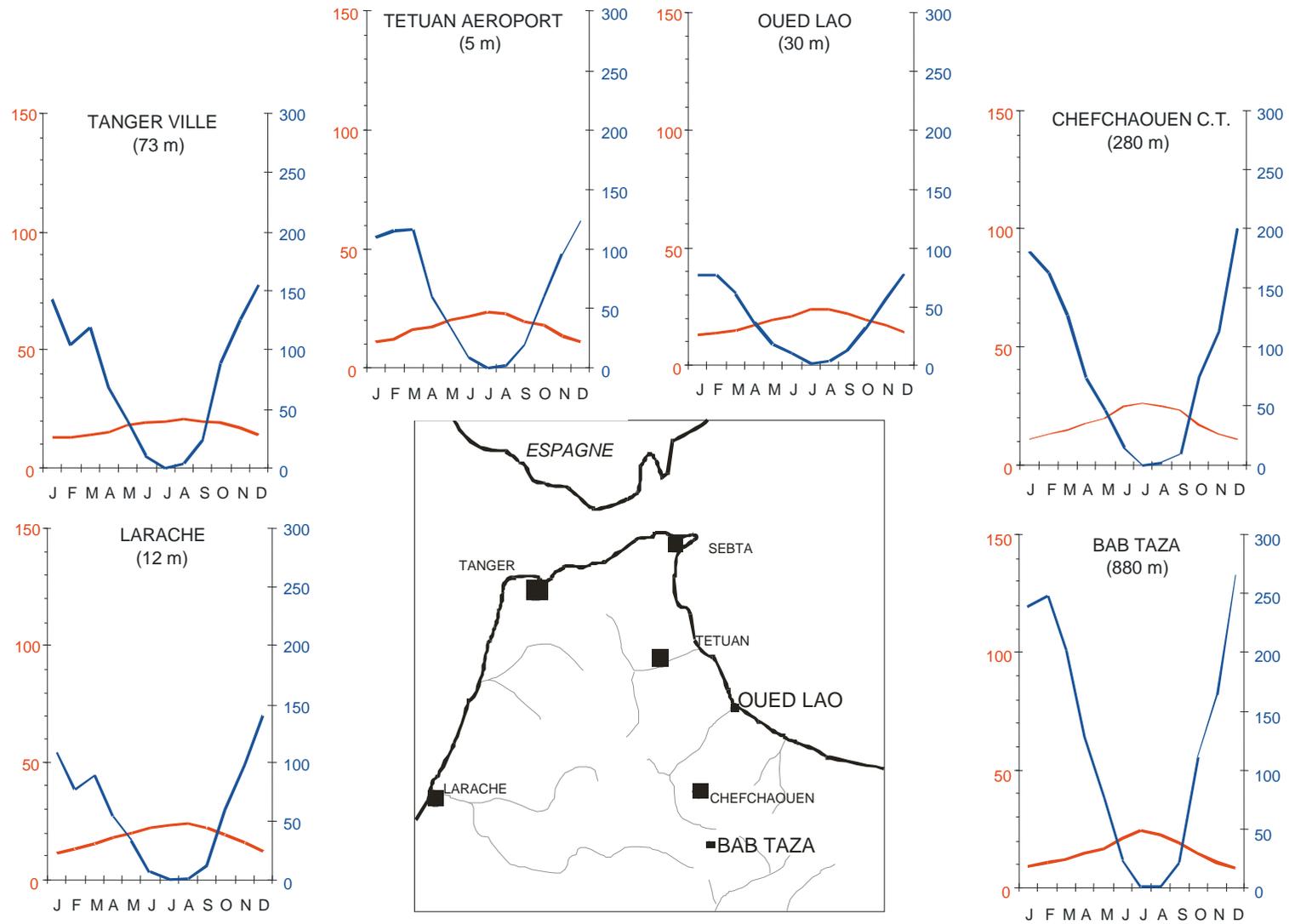
$$I = (V * f * P * G) / (A * I_2)$$

avec  $I$  valeur de l'indice,  $V$  température moyenne du mois le plus chaud en  $^\circ\text{C}$ ,  $A$  amplitude annuelle des températures estimée par la différence entre la moyenne des maxima du mois le plus chaud et la moyenne des minima du mois le plus froid en  $^\circ\text{C}$ ,  $P$  précipitation moyenne annuelle en mm,  $f$  facteur d'insolation estimé par le quotient  $2500/(n + 1000)$  où  $n$  est l'insolation moyenne annuelle exprimée en heures,  $G$  durée de la période végétative en considérant mois actif pour la végétation, selon GAUSSEN, celui où la précipitation moyenne mensuelle en mm est égale ou supérieure au double de la température moyenne mensuelle en  $^\circ\text{C}$ , lorsque cette dernière est supérieure ou égale à  $6^\circ\text{C}$ . PATTERSON a établi la relation suivante  $Y = 5,3 \log x - 7,4$  avec  $x$  indice de PATTERSON et  $Y$  productivité potentielle en  $\text{m}^3$  de bois par ha et année de l'espèce de meilleur rendement économique dans une forêt qui répond aux conditions précitées.

### C.2. DIAGRAMMES CLIMATIQUES

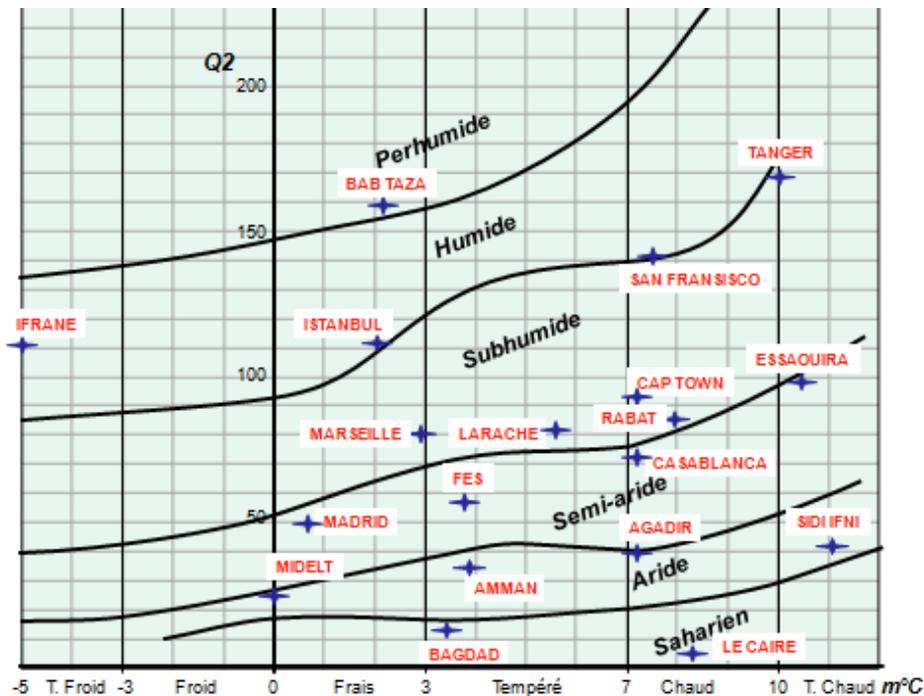
Les diagrammes climatiques constituent une forme classique pour représenter le climat d'une région et comparer des localités distinctes.

Climagramme de WALTER-GAUSSSEN (Diagramme ombrothermique) : On y représente les données de température et de précipitation moyennes mensuelles. On établit une échelle des précipitations en mm, double à celle des températures en  $^\circ\text{C}$ , selon l'hypothèse de GAUSSEN (1954-1955), d'équivalence entre 2 mm de précipitation et  $1^\circ\text{C}$  de température. L'indice xérothermique de GAUSSEN est le nombre de jours biologiquement secs.

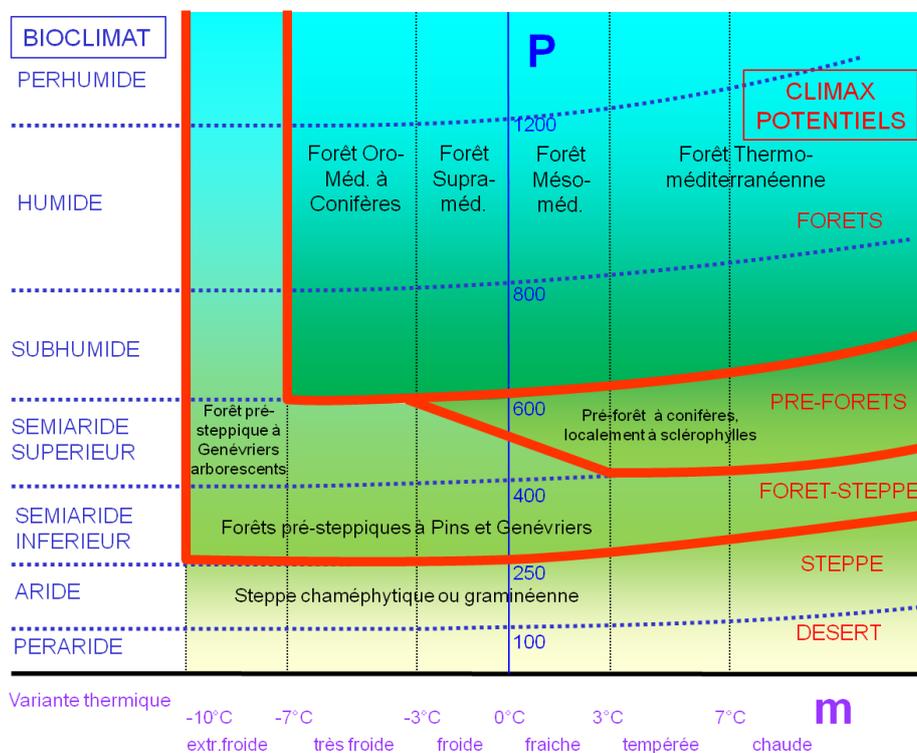


Diagrammes ombrothermiques de quelques stations du Rif occidental

Climagramme d'EMBERGER : Il est obtenu en combinant  $m$  (en abscisse) et  $Q_2$  (en ordonnée) et permet de définir les ambiances bioclimatiques suivantes : saharienne, aride, semi-aride, subhumide et humide. Parfois, les bioclimats sont divisés en deux niveaux supérieur et inférieur (le niveau supérieur étant plus humide que le niveau inférieur).



Climagramme d'Emberger indiquant la position de certaines stations méditerranéennes



Climagramme d'Emberger simplifié (en utilisant P à la place de  $Q_2$ ) et aires potentielles des types de végétation méditerranéenne.

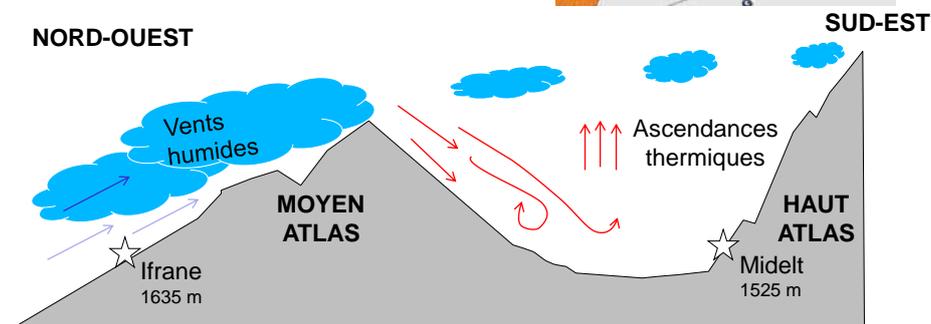
## D. MICROCLIMAT ET MÉSOCLIMAT

Dans plusieurs situations on a besoin de connaître le mésoclimat et le microclimat, mais on ne dispose que rarement de séries de données appropriées de l'aire d'étude. Pour remédier à cela, on fait recours à des estimations indirectes des conditions et caractéristiques climatiques. La base de ces estimations est connaître comment certains aspects locaux (topographie, végétation, etc.) modifient les caractéristiques du climat général d'une région.

### D.1. BARRIERES MONTAGNEUSES

Lorsque les masses d'air rencontrent une barrière montagneuse, certains phénomènes se produisent. En particulier, l'effet orographique de Foehn peut donner lieu à un climat chaud et sec dans la zone abritée contre le front d'air humide par une chaîne montagneuse.

### Effet de Foehn au niveau du Haut Bassin de la Moulouya

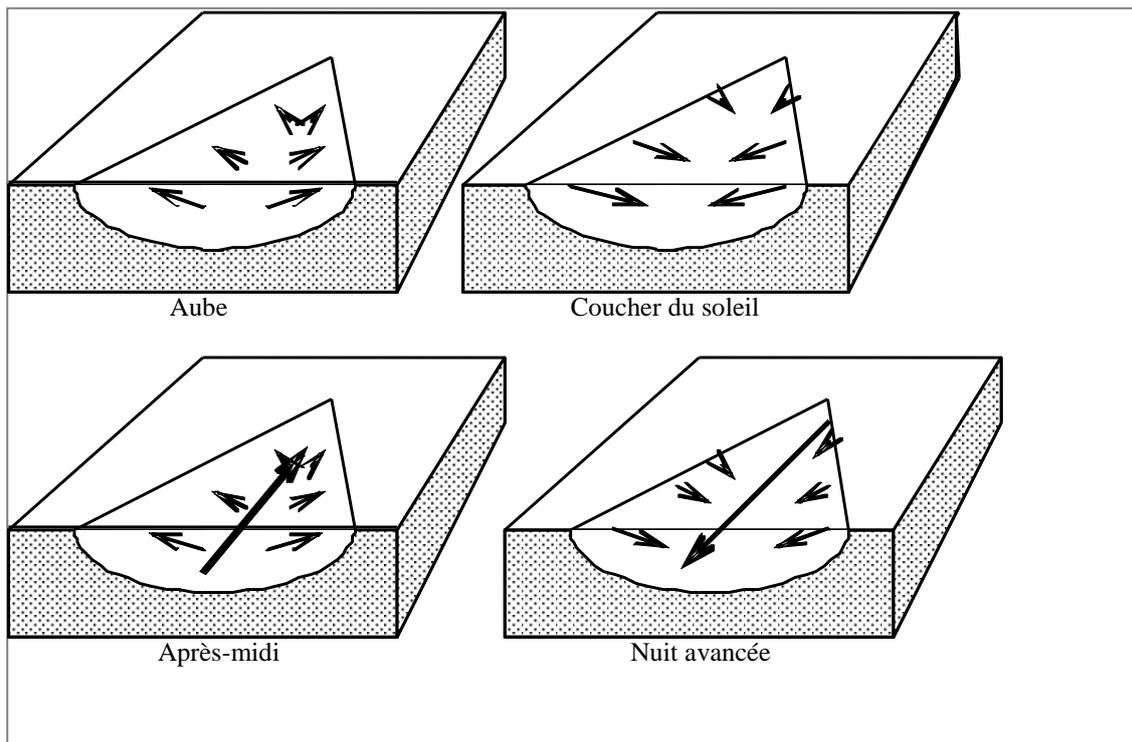


Coupe schématique illustrant l'effet de Foehn au niveau du Haut Bassin de la Moulouya

### D.2. VALLÉES ET DÉPRESSIONS

Elles sont responsables des vents locaux dûs à la configuration des bassins-versants. En plus, dans les vallées et dépressions se produisent des mouvements quotidiens d'air.

L'air qui descend la nuit au fond de la vallée est froid et augmente le risque de gelées. Les versants sont adéquats pour des cultures délicates parce qu'une ceinture thermique où le risque est faible s'y installe. Le risque de gelée est élevé dans les fonds de vallées orientées dans une direction Nord-Sud car le coucher du soleil est précoce et sa levée est tardive, et par conséquent la période d'accumulation d'air froid au fond de la vallée est plus longue que dans les vallées orientées dans une direction Est-Ouest.



Variation des flux d'air en temps calme dans une vallée

### D.3. EXPOSITION ET ORIENTATION

L'exposition d'une zone est son accessibilité à différents facteurs écologiques (vent, pluie, etc.). L'orientation est la position qu'elle occupe relativement au nord géographique. Aussi bien l'exposition comme l'orientation du terrain (versant, flanc, etc.) sont des facteurs topographiques qui en modifiant la radiation modifient toutes les autres caractéristiques climatiques qui en dépendent.

### D.4. COURS ET MASSES D'EAU

La présence d'eau modifie l'humidité des zones proches et son évaporation provoque un refroidissement de l'air. Le phénomène de brise de vents se produit dans les zones littorales où un gradient de température s'étend perpendiculairement vers la mer. Le sens du gradient varie du jour à la nuit.

### D.5. NATURE DU SOL ET TYPE DE VÉGÉTATION

Le type de couverture végétale avec ses différentes valeurs d'albédo modifie la température au niveau local. Selon GREIGER (1965), les valeurs, en pourcentage de radiation solaire réfléchi, sont

Type de couverture	Albédo
Neige	20-95
Dunes	30-60
Glacier	20-46
Sol sableux	15-40
Prairies	12-30
Aires urbaines (haute densité de construction)	15-25
Forêts	5-20
Sols de culture	7-10
Superficies d'eau	3-10

## E. DETERMINATIONS CLIMATIQUES À PARTIR DE LA VEGETATION

### E.1. PHÉNOLOGIE

La phénologie étudie les relations entre les facteurs climatiques et les phénomènes périodiques (phases) de la vie des organismes (animaux et plantes). Les organismes immobiles ou à mobilité limitée, répondent aux changements climatiques puisqu'ils nécessitent des circonstances climatiques déterminées pour initier ou compléter une phase de leur développement. À partir de l'observation de ces phases de développement, il est donc possible de conclure qu'une série de valeurs climatiques ont été atteintes. La phénologie peut ainsi aider à déterminer le climat et surtout le microclimat lorsque des données provenant de stations météorologiques font défaut.

On appelle phase l'apparition, transformation ou disparition rapide des organes des plantes (germination, bourgeonnement, floraison, etc.). Une phase déterminée d'une même espèce se produit à des moments différents en fonction du climat de chaque région. Le laps de temps entre deux phases est appelé étape. Les exigences météorologiques des plantes varient en fonction des étapes. La période critique est un intervalle de la période végétative, généralement bref, durant lequel la plante présente le maximum de sensibilité à un élément météorologique déterminé. Les périodes critiques se présentent souvent un peu avant ou après les phases, et ont une durée de deux ou trois semaines. Les plus importantes observations phénologiques des plantes sont les suivantes (selon l'ordre proposé par FUENTES YAGÜE, 1983) : la floraison (apparition des premières fleurs lorsque la plupart sont sur le point d'épanouir), la foliation (apparition des premières feuilles chez différents individus de l'espèce considérée), maturité des fruits, défoliation (lorsque la plante perd la moitié de son feuillage).

### E.2. ESPÈCES INDICATRICES CLIMATIQUES

La recherche d'espèces indicatrices du climat se base sur la comparaison plante-climat dans des localités où l'on dispose de mesures climatiques. La caractérisation climatique des espèces ou taxons se réalise statistiquement avec différentes variables météorologiques.

## Exercice: Variations climatiques au Nord du Maroc

Le Nord du Maroc est représenté ci-dessous par 3 cartes:

- Figure 1: Carte générale du Rif indiquant les variations altitudinales. L'altitude maximale est environ 2400 m au Rif Central (Jbel Tidighine).

- Figure 2: Carte structurale du Rif représentant les grandes unités géologiques; on y distingue les unités paléozoïques et métamorphiques sur le littoral méditerranéen bordées par la dorsale calcaire, puis par les nappes de flyschs de Bni Idder et Tizirène suivies des grès de la chaîne numidienne à l'ouest et ceux de l'unité de Ketama à l'ouest. Les matériaux tendres des nappes externes et du Prérif sont relayés au sud par les plaines du Rharb, du Saïss et la vallée de la Moulouya.

- Figure 3: Carte de localisation des stations météorologiques du Nord du Maroc. Les données climatiques de ces stations sont présentées dans les deux tableaux suivants:

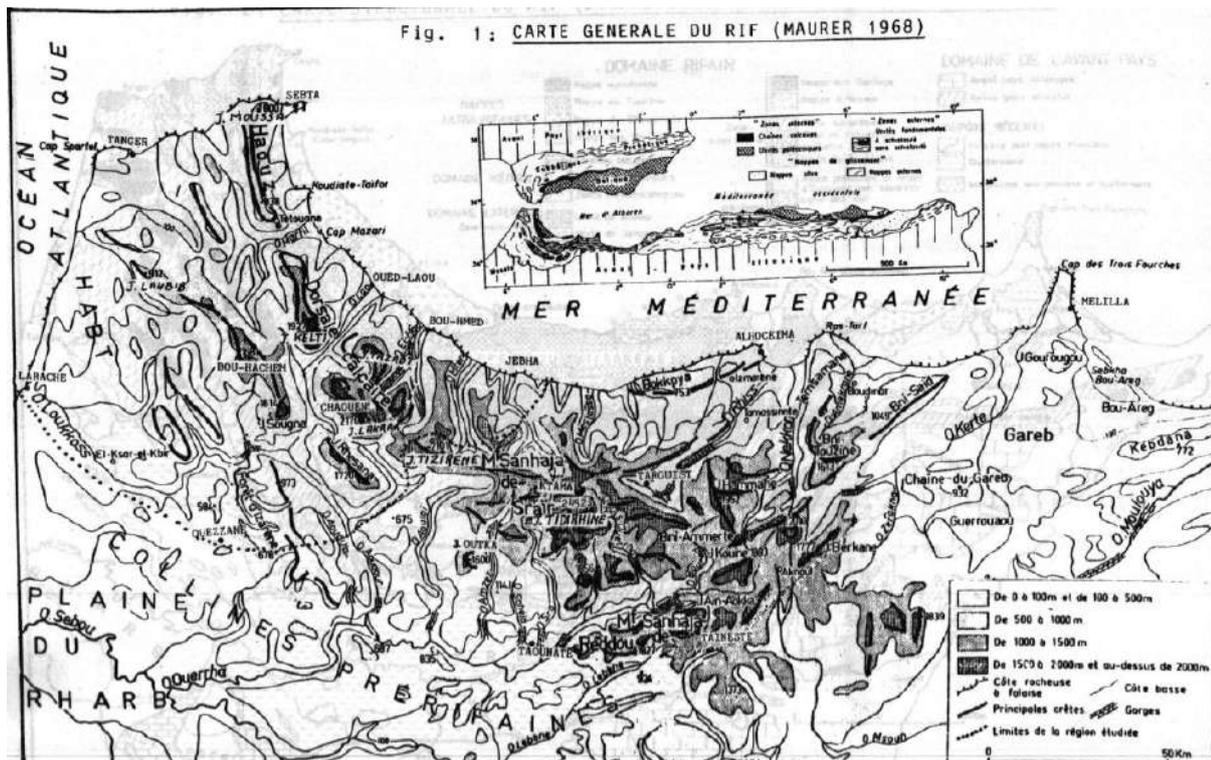
- Tableau 1: moyennes mensuelles des températures extrêmes (M et m)
- Tableau 2: moyennes mensuelles des précipitations avec altitudes des stations, moyennes des précipitations annuelles et nombre de jours de pluie par station.

Toutes ces données sont extraites de la thèse doctorale de Benabid (1982).

En considérant les bandes représentées sur la Figure 3, on se propose d'étudier la variation des températures et des précipitations selon les gradients suivants:

- Bande A: gradient longitudinal Ouest-Est du littoral atlantique à Melilla
- Bande B: gradient latitudinal Nord-Sud du Détroit de Gibraltar à Jorf el-Mellah
- Bande C: gradient NO-SE d'Assilah à Aknoul
- Bande D: gradient NE-SO de Martil à Arbaoua

Pour vous aider, une analyse de la bande A est présentée ci-dessous.



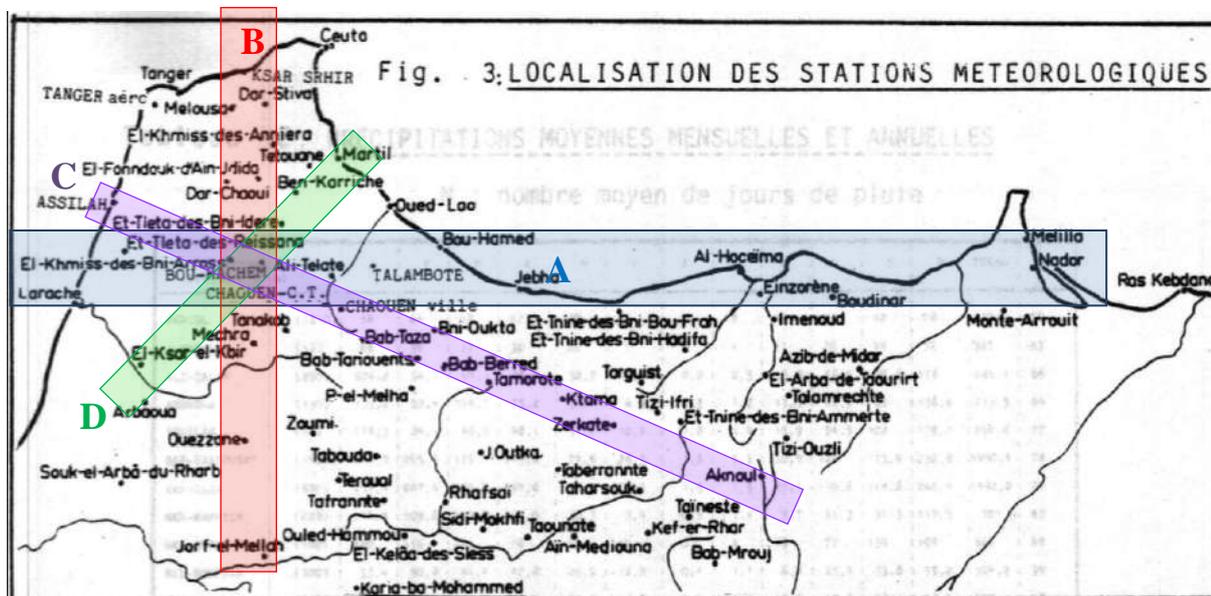
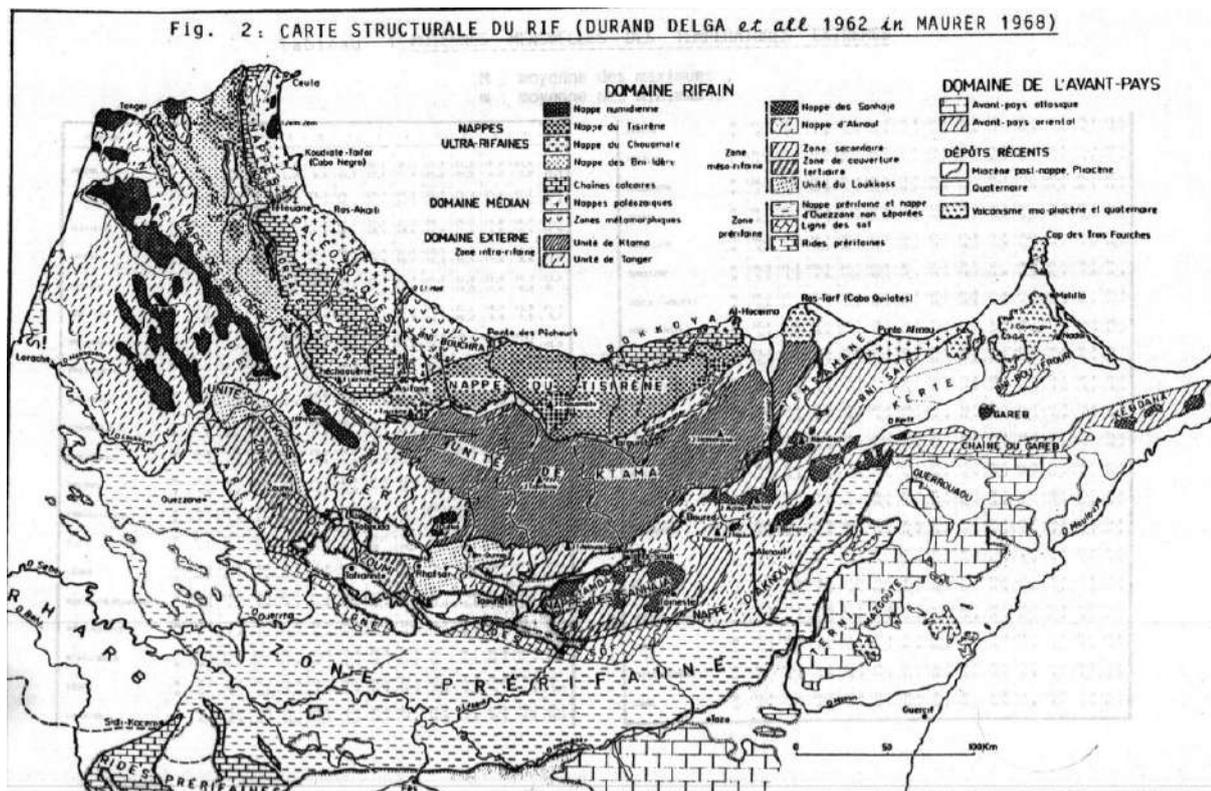


Tableau 1: MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES EXTREMES

M : moyenne des maximums ;  
 m : moyenne des minimums.

STATIONS		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOY- ENNE
AKNOUL	M	9,9	11,9	14,4	17,2	21,0	27,5	34,2	34,0	26,2	21,2	14,8	10,6	20,0
	m	1,9	2,8	5,2	7,2	9,8	13,7	17,6	17,8	15,2	10,8	6,2	3,2	9,3
ALHOCEIMA	M	17,2	18,2	19,8	21,2	23,3	26	28,9	28,9	26,8	23,3	20,1	17,7	22,6
	m	9,9	10,8	12,6	13,9	15,9	19,1	21,5	21,6	20,0	16,7	13,7	11,6	15,6
ALI-TELAT	M	15,5	16,8	16,2	20,2	23,3	27,2	31,7	31,9	29	24,2	19,6	16,2	22,8
	m	6,1	7,1	8,5	10,3	12,4	15,5	18,1	18,6	16,5	12,9	9,5	6,5	11,8
ARBAOUA	M	15,7	17	19,4	21,9	26	28,2	32,4	32,9	28,5	25,4	20,1	16,7	23,7
	m	7,8	8,3	10,1	11,8	15	15,9	18,4	19,2	17,3	15,5	11,5	8,6	13,3
ASSILAH	M	22,5	22,1	23,6	19,6	23,8	27,3	33,7	33,7	27,2	22,9	17,4	14,2	22,4
	m	7,5	8,4	9,2	10,5	13,5	15,0	17,6	18,6	18,6	14,0	11,4	8,2	10
BAB-TAZA	M	11,7	13,7	16,1	18,7	21,9	26,2	32,1	32,5	28,1	22,2	16,3	13,5	21,1
	m	2,5	3,8	4,3	6,3	9,3	12,2	15,4	15,8	13,7	10,2	6,8	4,5	8,7
BNI-AROSS	M	18,0	19,8	23,4	24,4	27,4	31,1	35,5	36,0	32,8	29,2	23,3	19,3	26,7
	m	4,0	4,8	7,1	8,4	10,4	13,8	16,0	16,4	14,8	11,4	7,9	5,4	10,0
BNI-BOUFRAN	M	16,3	16	16,6	19,2	21	24,8	29,1	29	25,5	23,3	19,1	16,4	21,4
	m	8,6	7	7,8	9,2	11,1	14,2	17,4	16	14,9	13,9	10	10	11,7
BNI-HDHIFA	M	12,7	14,3	16	17	20,6	24,6	30,2	29,6	24,7	20,2	15,7	13,4	19,9
	m	4,2	4,4	6,3	7,4	9,5	12,4	16,4	16,1	15,1	11,6	7,4	4,6	9,6
CHAOUEN-C.T.	M	15,4	16,6	18,6	20,7	27,8	28,8	33,2	33,5	29,2	24,2	19,1	16	23,3
	m	5,5	6,6	8	10	12,2	15	18,3	18,6	16,3	12,3	9,3	5,9	11,5
DAR-CHAOUI	M	16,4	17,3	19,1	21,1	23,7	27,6	31,5	32	29,2	25,4	20,7	17,2	23,4
	m	6,1	6,5	9,5	10,7	12,4	15,5	16,8	17,6	16,3	13,5	10	7,7	11,9
DRIOUCH	M	17,6	19,0	21,0	22,8	25,3	28,5	31,6	31,6	29,4	25,3	21,3	18,1	24,3
	m	4,6	5,2	7,4	9,0	11,4	15,0	17,5	17,7	16,0	12,3	8,8	6,4	10,9
FANDAK-JDIDA	M	14,9	15,6	17,7	20,3	23	27,9	29,7	30,5	28,4	20,6	19,2	16	22
	m	7,1	7,5	9,2	10,4	12,3	14,1	17	18,1	17,8	14,2	10,8	8,3	12,2
FEZ	M	15,2	17,2	19,6	22,2	25,5	30,8	35,7	35,7	31,4	25,7	20	15,9	24,6
	m	4,5	5,4	7,6	9,4	11,7	15,0	18	18,2	16,1	12,6	8,6	5,7	11,1
JEBHA	M	16,0	17,8	18,9	19,2	20,9	24,2	27,5	28,5	26,1	23,3	20,0	17,3	25,8
	m	10,0	10,1	11,6	12,4	13,3	16,5	20	20,4	18,3	15,4	12	10,0	11,1
KARIA-BA-MOHAMED	M	16,0	19,0	22,0	24,1	27,3	32,0	37,1	37,6	32,8	26,4	21,2	16,9	26,0
	m	5,4	6,5	8,6	9,7	12,9	16,2	19,1	19,2	17,0	13,6	9,4	5,4	12,0
KSAR-LAKBIR	M	18,2	19	20,3	22,6	26,5	29,1	33,5	32,9	30,2	27	21,1	17,7	24,8
	m	7	7,8	9,6	11,2	12,6	15,6	18,6	18,8	17,3	16,8	10,5	7,1	12,7
KSAR-SRHIR	M	19,5	19,1	20,2	22	23,3	27,1	28,8	28,4	27	24,7	21,8	20,9	23,6
	m	10,3	10,2	11,5	11,8	14	16,4	16,1	17,6	18	15,7	12,9	11,7	14
KTAMA	M	8,2	8,9	10,2	13,9	15,7	20,5	27,9	25,2	23,9	16,4	12,1	8,7	16
	m	0	1	2,2	4,2	7,8	10,4	14,8	14,4	11,5	7,6	5	1,5	6,7
LARACHE	M	17,2	18,1	19,8	22,3	24,6	28,0	30,6	31,0	29,2	25,5	21,8	18,3	23,9
	m	6,0	6,5	8,2	10,0	12,0	15,2	17,4	18,0	16,8	13,9	10,3	7,4	11,8

MARTIL	M	: 17,9	: 18,1	: 19,3	: 21,5	: 23,7	: 26,8	: 29,7	: 30,8	: 28	: 24,7	: 21,2	: 18,9	: 23,4
	m	: 8,1	: 8,4	: 9,8	: 11,4	: 13,5	: 16,3	: 18,9	: 19,4	: 17,7	: 14,8	: 11,9	: 9,1	: 13,3
MELILLA	M	: 16,3	: 17,4	: 19,0	: 20,5	: 22,7	: 25,6	: 28,6	: 28,6	: 26,4	: 22,7	: 19,4	: 16,8	: 22,1
	m	: 9,8	: 10,2	: 12,1	: 13,6	: 15,8	: 15,3	: 22,0	: 22,1	: 20,4	: 16,7	: 13,4	: 11,0	: 15,5
MELLOUSSA	M	: 14,9	: 16,9	: 19,1	: 21,3	: 25,0	: 26,6	: 29,2	: 29,1	: 26,3	: 23,7	: 20,1	: 15,9	: 22,3
	m	: 8	: 9,4	: 10,3	: 11,7	: 14,4	: 16,6	: 18,8	: 18,2	: 17,6	: 14,6	: 11,5	: 10,3	: 13,5
MIDAR	M	: 16,1	: 18,1	: 19,9	: 21,9	: 26,6	: 28,4	: 33,0	: 34,5	: 32,2	: 26	: 19,8	: 17,7	: 24,5
	m	: 4,6	: 5,9	: 7,3	: 8,2	: 11,9	: 13,6	: 15,8	: 16,4	: 14,6	: 12,6	: 9,1	: 6,6	: 10,5
OUED-LAOU	M	: 16,8	: 17,2	: 19,1	: 20,2	: 23,1	: 25,1	: 28,3	: 28,9	: 26,9	: 24,1	: 21	: 17,5	: 22,4
	m	: 8,6	: 8,1	: 9,6	: 10,3	: 13	: 15,6	: 18	: 19,3	: 16,8	: 13,9	: 11,6	: 9,0	: 13,1
QUEZZANE	M	: 15,3	: 17,5	: 20,5	: 22,5	: 25,4	: 30	: 35,2	: 34,2	: 32	: 26,9	: 21,1	: 16,4	: 24,7
	m	: 5,6	: 6,8	: 9,5	: 10,5	: 12,3	: 15,7	: 17,3	: 18,2	: 16,4	: 13,6	: 10,1	: 7,0	: 11,9
SEBTA (=CEUTA)	M	: 14,2	: 15	: 16,4	: 18,6	: 20,9	: 24,4	: 27,3	: 27,8	: 25,6	: 21,5	: 18,1	: 15,2	: 20,4
	m	: 9,6	: 10,0	: 11,3	: 12,6	: 14,1	: 16,5	: 18,1	: 18,6	: 17,6	: 15,5	: 12,8	: 10,6	: 13,9
SOUK LARBAA	M	: 18,4	: 20,0	: 22,5	: 24,4	: 27,3	: 30,9	: 35,2	: 35,6	: 32,6	: 29	: 23,4	: 19,5	: 26,6
	m	: 5,7	: 6,4	: 8,6	: 9,9	: 12	: 14,9	: 16,9	: 17,2	: 15,8	: 12,9	: 9,5	: 7,2	: 11,4
TALAMBOTE	M	: 13,6	: 14,6	: 16,5	: 17,8	: 20,4	: 24,9	: 26,6	: 30,2	: 26,2	: 22,8	: 16,0	: 14,4	: 20,7
	m	: 5,7	: 6,5	: 8,2	: 9,6	: 11,9	: 14,8	: 17,7	: 17,8	: 16,2	: 13,5	: 10,1	: 7,1	: 11,7
TAINESTE	M	: 11,6	: 13,4	: 15,7	: 18,2	: 21,7	: 27,7	: 33,9	: 33,8	: 28,3	: 21,9	: 16,1	: 12,2	: 21,2
	m	: 2,0	: 2,8	: 5,1	: 6,8	: 9,2	: 13,1	: 17,2	: 17,4	: 14,6	: 10,3	: 6,0	: 3,2	: 9,0
TAMOROT	M	: 11,8	: 12,6	: 14,2	: 19,4	: 22,2	: 28,7	: 33,7	: 33,9	: 29,3	: 22,2	: 17,8	: 13,6	: 21,6
	m	: 1,6	: 2,3	: 4,1	: 6,6	: 9,8	: 12,7	: 15,8	: 14,1	: 11,1	: 9,2	: 5,7	: 3,2	: 8,0
TANAKOB	M	: 13,2	: 14,8	: 16,4	: 18,7	: 22,2	: 27,6	: 33,7	: 33,3	: 29,7	: 24,6	: 18,2	: 13,9	: 22,2
	m	: 6,6	: 7,7	: 8,8	: 9,8	: 12,1	: 15,1	: 19	: 19,1	: 16,7	: 13,7	: 10,6	: 7	: 12,2
TANGER aérodrome	M	: 15,8	: 16,4	: 17,7	: 19,9	: 22,0	: 25,4	: 28,2	: 28,7	: 26,6	: 22,9	: 19,4	: 16,6	: 21,6
	m	: 8,1	: 8,6	: 10,1	: 11,8	: 13,0	: 16,8	: 19,0	: 19,4	: 18,3	: 15,6	: 12,2	: 9,3	: 13,5
TANGER ville	M	: 15,1	: 15,8	: 17,1	: 19	: 20,8	: 23,4	: 25,4	: 25,7	: 24,3	: 21,5	: 18,6	: 16,0	: 20,2
	m	: 9,9	: 10,3	: 11,6	: 13	: 14,6	: 17,2	: 18,9	: 19,4	: 16,4	: 16,1	: 13,3	: 10,9	: 14,5
TAOUNATE	M	: 12,8	: 15	: 17,8	: 20,5	: 24,5	: 30,6	: 36,1	: 36,1	: 31,2	: 24,7	: 18,2	: 13,6	: 23,4
	m	: 5,5	: 6,9	: 7,9	: 9,3	: 11,4	: 14,9	: 18,6	: 18,9	: 16,2	: 12,3	: 8,7	: 6,3	: 11,4
TARQUIST	M	: 13,3	: 14,3	: 16,1	: 17,7	: 21,5	: 25,6	: 30,9	: 30,8	: 26,7	: 21,9	: 17,6	: 13,4	: 20,8
	m	: 2,4	: 3,1	: 5	: 5,5	: 7,6	: 10,8	: 14,7	: 15	: 12,7	: 8,9	: 5,9	: 3,4	: 7,9
TAZA	M	: 14,1	: 16,0	: 18,4	: 21,0	: 24,6	: 30,7	: 37,1	: 37	: 31,4	: 24,8	: 18,8	: 14,8	: 24,1
	m	: 4,2	: 5,1	: 7,6	: 9,5	: 12,0	: 15,6	: 18,9	: 19,1	: 16,9	: 13,0	: 8,6	: 5,5	: 11,3
TETOUAN aérodrome	M	: 16,4	: 17,3	: 18,9	: 21,4	: 23,8	: 27,3	: 30,2	: 30,7	: 28,6	: 24,4	: 20,8	: 17,5	: 23,1
	m	: 8,0	: 8,4	: 10,0	: 11,5	: 13,4	: 16,3	: 18,3	: 18,8	: 17,7	: 15,1	: 11,9	: 9,2	: 13,2
TISSA	M	: 15,3	: 18,2	: 21,0	: 24,2	: 27,9	: 33,9	: 29,6	: 39,6	: 34,4	: 27,4	: 21,6	: 16,6	: 26,6
	m	: 5,0	: 6,5	: 8,4	: 10,8	: 13,1	: 16,8	: 20,0	: 20,1	: 16	: 13,3	: 8,7	: 5,6	: 12,2
TLETA RISSANA	M	: 16,2	: 17,5	: 19,4	: 21,1	: 24,3	: 27,9	: 32,2	: 32,8	: 29,9	: 25,7	: 20,5	: 16,8	: 23,7
	m	: 5,3	: 6,3	: 7,8	: 9,1	: 11,1	: 13,7	: 16,3	: 16,6	: 15,5	: 12,8	: 9	: 6	: 10,8
ZOUMI	M	: 15,4	: 17,2	: 20,5	: 23,6	: 25,7	: 31,6	: 35,9	: 36	: 32,8	: 27	: 22,8	: 17,3	: 25,5
	m	: 4,5	: 5	: 6,9	: 8,7	: 10,5	: 13,7	: 14,7	: 16,7	: 14,9	: 11,8	: 8,7	: 5,2	: 10,1

Tableau 2: PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES

N : nombre moyen de jours de pluie

STATIONS (Altitude en m)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL	N
AKROUL (1210):	66	64	68	61	38	17	7	12	12	44	62	78	529	59
ALHOCEIMA (12)	48	38	37	36	26	7	1	1	11	26	44	52	327	33
ALI-TELAT (250)	109,2	94,1	94,1	62,7	32,7	10,0	0,2	2,5	13,9	58,5	87,2	116	681,1	66
ARBAOJA (130)	133,0	82,4	104,7	73,2	32,7	6,3	0,3	1,2	11,5	42,5	89	136,9	713,9	64
ASSTILAH (12)	114,3	84,1	86,0	48,1	34,5	10,4	1,2	2,4	15,9	54,5	102	139,2	694,6	77
BAB-TARJOUENT (1400):	241,8	245,7	188	145,8	71,5	28,3	1,6	5,1	32,5	124	173,5	232,8	1490,6	78
BAB-TAZA (880)	239,4	247,9	201,7	127,8	75,9	24,2	1,3	1,3	21,1	110,6	164,6	266,4	1482,2	76
BEN-KARRICH (220)	114,9	109,6	102,7	62,0	30,3	8,4	0,3	1,9	9,7	61,3	81,3	119,5	701,9	63
ENI-AROSS (190)	160	116	121	76	51	10	0	4	15	77	139	197	966	65
ENI-BOUFRAH (100)	35,4	40,9	44,4	47,8	25,9	12,2	0,4	1,1	6,4	21,4	33,8	55,2	324,9	39
ENI-ENHIFA (870)	58,2	51,7	54,7	76,7	39,2	17,5	0,7	3,0	13,5	40,3	38	48,5	442	44
ENI-IDER (410)	232,6	181,5	174,0	85,0	56,6	16,5	0,1	1,2	14,4	62,1	115,3	168,8	1108,1	69
BOU-HACHEN (1094)	351,7	422,2	278,5	233,3	75,6	39,5	0	1,9	53,2	166,1	274,7	271,4	2168,1	78
BOU-IMED (30)	60,7	67,9	70,5	77,2	21,6	2,9	2,4	2,5	5,4	27,2	29,9	58,6	426,8	51
CHAOUEN-C.T. (280)	181,4	162,7	127,1	74,1	46,1	14,6	0,3	2,2	9,3	74,2	113,1	200,1	1005,2	59
CHAOUEN ville (630)	156,2	128,9	142	88	49	12,7	0,4	3,4	15,8	67,2	121,5	164,3	949,4	57
DAR-CHAOUTI (260)	142,2	114,6	116,8	53,8	38,4	10,1	0,3	2,0	20,2	65,7	100,7	152,0	816,8	61
DAR-GTIVA (210)	182,5	159,5	162,8	89,1	42,2	3,9	0,7	4,4	19,4	49	116,4	158,4	988,3	80
DRIOUCH (290)	41	26	25	34	26	5	1	2	12	23	38	48	281	—
FANDAK-JDIDA (300)	132,4	125,2	127,6	53,8	32,5	11,8	1,1	0,9	16,1	59,9	91,2	134,2	786,7	64
FEZ (415)	79	65	80	65	41	11	1	2	14	45	74	96	573	70
JBEL OUTKA (1085)	289,1	266,3	235,4	165,2	104,9	27,2	0,9	2,7	25,3	107,2	216,8	317,1	1758,1	83
JENHA (10)	40,5	41,4	51,7	50,8	37,8	12,6	1,5	3,5	11,8	19,7	33,9	56	361,2	49
KARIA-BA-POHAMED (250)	83	72	79	53	28	9	0	1	12	44	79	111	572	60
KHEDIS-ANJRA (80)	126,2	129,3	131,5	75,4	39,0	10,6	0	1,1	16,7	66,7	94,1	179,3	869,7	—
KHEDIS-SAHEL (197)	156,9	113,1	69,7	43,6	32	5,1	0	2,6	15,1	44,8	119,2	148,7	750,8	57
KSAR LAKBIR (20)	127,3	124	75,4	82,4	26	6,5	0,8	0,8	9,4	48,6	93,1	112,7	707	70
KSAR SRHIR (50)	123,6	108,2	101,0	56,8	29,2	8,9	0,2	0,1	8,5	89,6	76,7	124,1	726,9	—
KTAMA (1520)	299,2	255,5	199,9	136,1	86,8	24,6	4,0	3,5	25,2	108,3	202,1	270,9	1616,1	75
LARACHE (12)	109	77	89	54	34	7	0	1	13	60	99	140	683	71
MARTIL (5)	101,6	94,5	76,3	39,1	21,5	13,4	0,1	2	16,3	41,8	81,7	114,3	602,6	59
MELILLA (48)	65	43	35	41	39	7	0	3	15	31	54	66	401	52
MELLOUSSA (150)	98,8	139,8	98,1	49	25	14	9,4	11,1	26,6	79,8	193	185,7	930,3	—
MIDAR (340)	42	28	26	35	28	6	1	2	12	24	40	50	294	—
OUED-LAOU (30)	77	77,4	61,1	36,2	18,4	9,9	1,2	3,1	14,1	31,9	565	77,7	464,5	53
QUEZZANE (370)	131,3	114,3	109,8	86,5	44,3	12,8	0,8	0,9	13,8	75,3	118,3	165,8	874,3	70
SEBTA (=CEUTA) (200)	98	64	80	46	27	6	0	2	15	60	76	106	580	63
SOUK LABAA (30)	91	78	74	47	33	6	0	1	10	53	97	124	614	65
TALAMBOTE (350)	112,2	100,1	109,7	64,1	40,1	7,3	0,3	0,7	10,8	48	89,2	116,7	699,2	56
TAINESTE (1250)	144	137	143	99	67	20	1	4	14	78	139	212	1058	53
TANROT (990)	176,2	166,3	119,9	105,5	54,2	19,8	1,1	2,3	14,5	71,2	113,1	227,8	1071,9	72
TANAKOB (750)	226,0	202,8	166,6	121,9	74,8	17,5	0,5	1,2	17,6	81,2	141,3	228,7	1280,7	70
TANGER aérodrome (15)	124	91	102	60	35	9	0	3	20	77	109	135	765	91
TANGER ville (73)	142	104	118	88	40	10	0	3	23	88	125	155	876	84
TAOUNATE (668)	134	119	126	75	50	18	1	3	13	65	116	186	904	58
TARGUIST (1020)	44	50	46,8	57,8	26,4	17,6	1,9	6,3	16,1	29	42,3	61,9	400,1	49
TAZA (510)	99	98	100	69	48	9	4	5	14	48	79	126	699,0	69
TETOUAN aérodrome (5)	110	115	116	60	35	9	0	2	20	60	96	124	747	83
TISSA (240)	70	66	77	56	35	10	0	2	11	45	74	105	551	61
TLETA HISSANA (160)	138,2	117,2	104,8	73,6	44,5	13,8	0,3	1,6	14,3	68	113,3	149,9	839,5	72
ZARKAT (1400)	101,6	137,5	110,8	91,6	34,9	24,2	6,1	3,3	13,3	67,7	116	137,4	844,8	57
ZOUNI (350)	172,3	204,5	156,9	110,7	54,7	13	2,4	4,2	10,2	75,7	124,5	194	1123,1	74

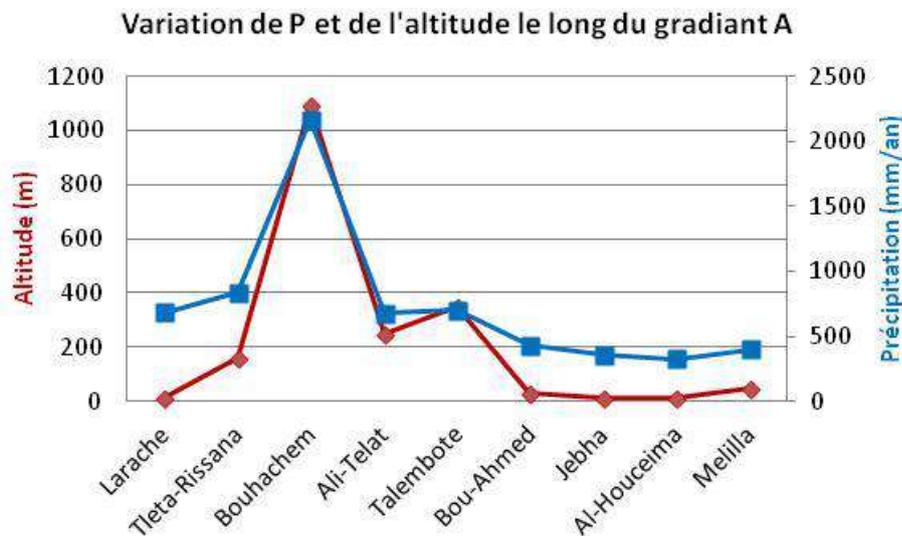
**Exemple: Etude du gradient de la Bande A**

1) Tableau des données sélectionnées:

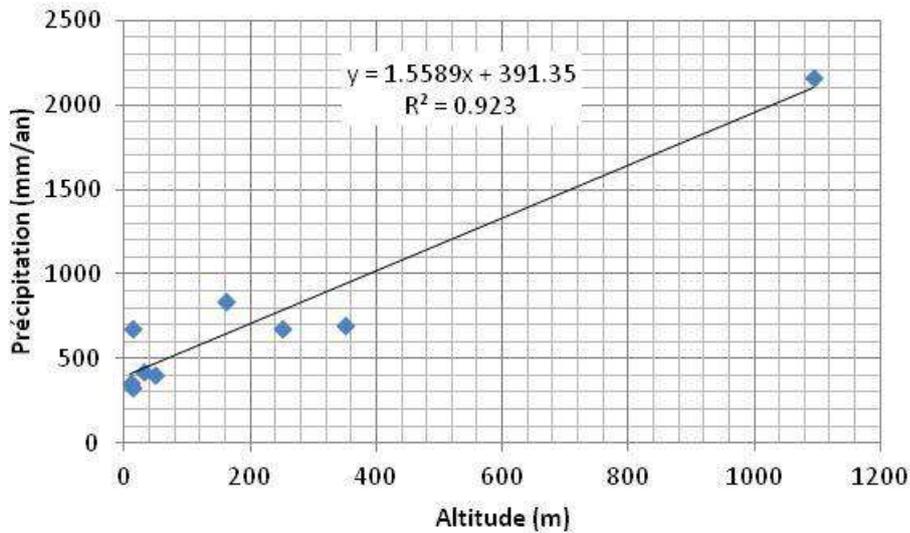
	Altitude (m)	P (mm/an)	M (°C)	m (°C)	M-m (°C)
Larache	12	683	31	6	25
Tleta-Rissana	160	839.5	32.8	5.3	27.5
Bouhachem	1094	2168.1			
Ali-Telat	250	681.1	31.9	6.1	25.8
Talembote	350	699.2	30.2	5.7	24.5
Bou-Ahmed	30	426.8			
Jebha	10	361.2	28.5	10	18.5
Al-Houceima	12	327	28.9	9.9	19
Melilla	48	401	28.6	9.8	18.8

2) Variation des précipitations en fonction de l'altitude:

Dans la bande A, les stations sont situées approximativement au niveau de la même latitude. La continentalité ne se manifeste pas clairement car le gradient traverse les montagnes du Rif occidental puis se prolonge le long du littoral méditerranéen. Cependant, on peut remarquer l'effet de l'éloignement de l'Océan Atlantique en comparant les précipitations entre Larache et les stations littorales de la Méditerranée (de Bou-Ahmed à Melilla) qui montrent une tendance à la diminution de P en allant vers l'Est. Melilla reçoit plus de précipitations que Al-Houceima car sa latitude est légèrement plus au Nord.

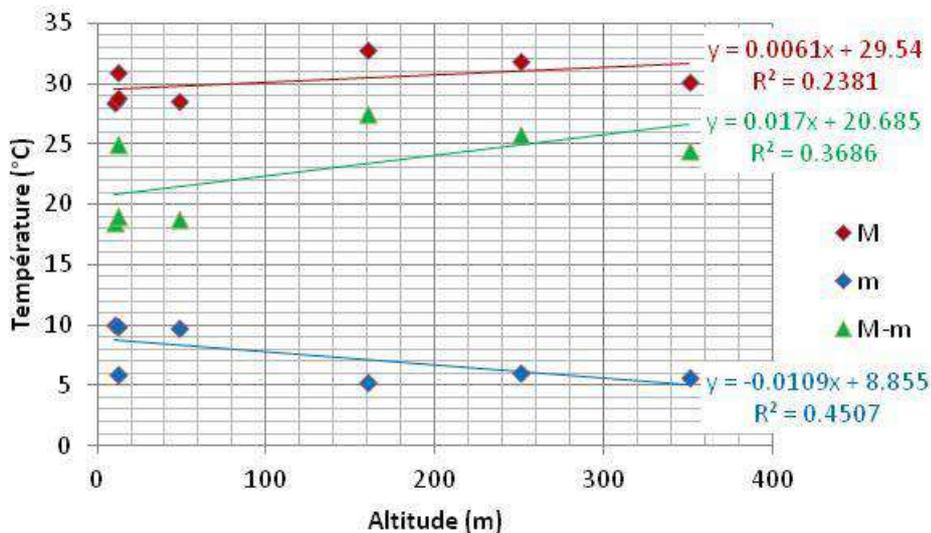


Par ailleurs, la variation de P apparaît étroitement liée à la variation de l'altitude. La représentation graphique suivante de P en fonction de l'altitude, sous-forme de nuage de points, permet d'établir la courbe de régression linéaire entre ces deux variables. Excel permet de calculer le coefficient de détermination et l'équation de régression linéaire. Le coefficient R2 = 92,3% indique une relation forte entre l'altitude et les précipitations (R2 varie de 0 à 1; avec 0 indiquant absence de relation et 1 indiquant une relation complète). La pente de la ligne de régression indique une relation positive; plus l'altitude augmente, plus les précipitations augmentent. Le coefficient de la pente est égal à +1,56 ce qui signifie que les précipitations moyennes annuelles augmentent de 156 mm / 100 mètres d'altitude.



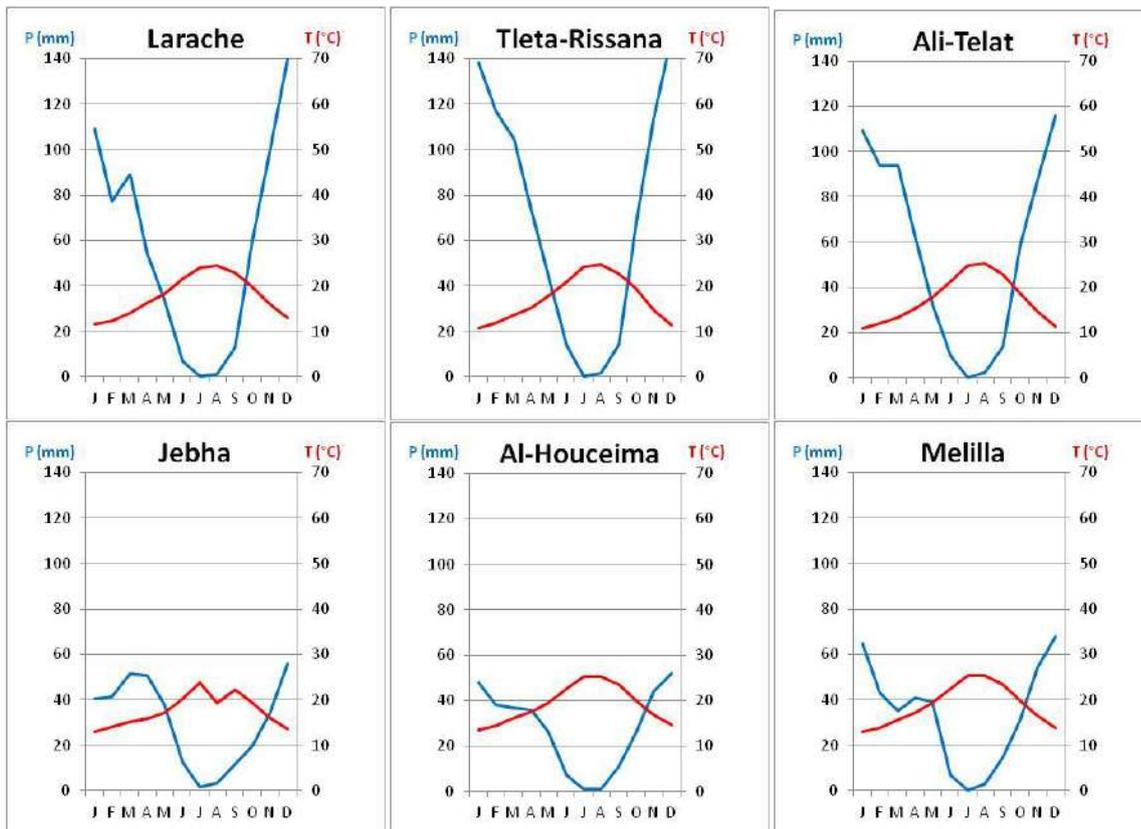
3) Variation des températures en fonction de l'altitude:

La courbe de régression des températures M en fonction de l'altitude a une pente et un coefficient de détermination faibles. Dans le gradient étudié, M varie très peu en fonction de l'altitude. La relation est relativement importante dans le cas de m: l'altitude explique 45% de la variation de m et la pente indique qu'il y a une diminution d'environ  $-1,09^\circ\text{C} / 100$  mètres d'altitude. La courbe de régression altitude - contraste thermique est intermédiaire avec  $R^2=37\%$ . La relation positive dans ce cas indique une certaine augmentation du contraste thermique d'environ  $0,17^\circ\text{C}$  par 100 mètres d'altitude.



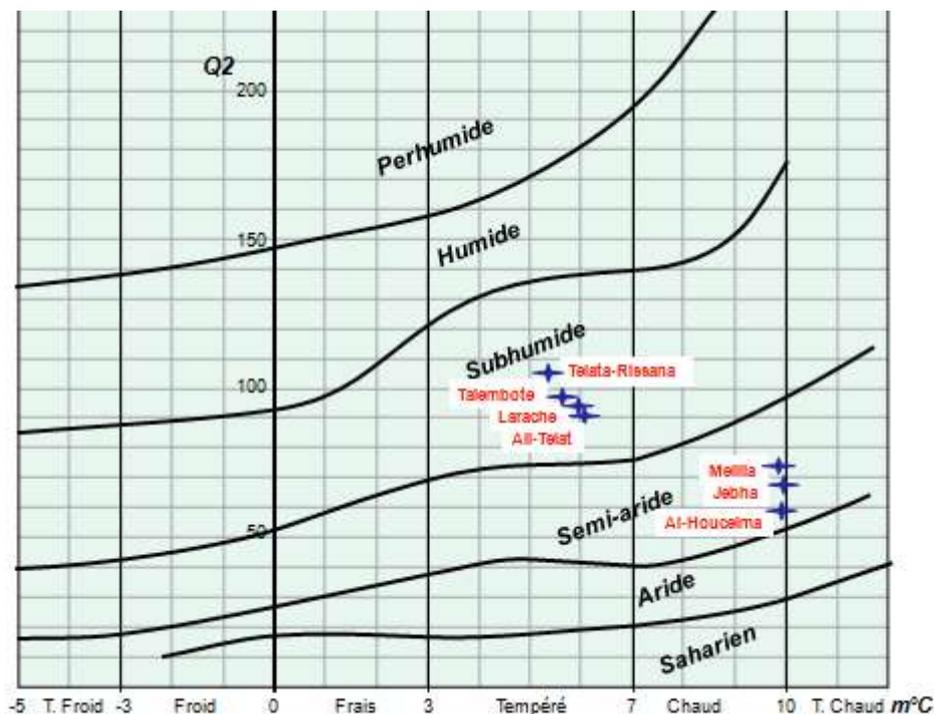
4) Diagrammes ombrothermiques

L'étude du gradient A peut être complétée par d'autres analyses. Les données disponibles permettent d'établir et comparer les diagrammes ombrothermiques de différentes stations de ce gradient. Du côté Ouest du gradient la pluviométrie est plus importante et on constate que l'indice de xérité est d'environ 4 mois alors qu'il est de 5 à 6 mois du côté Est.



5) Types de bioclimat et d'hiver:

De même, les données disponibles permettent de calculer les coefficients  $Q_2$  (pour effectuer les calculs, il faut transformer les températures en degrés Kelvin en ajoutant 273.15). Les stations sont ensuite positionnées sur le diagramme pluviothermique d'Emberger pour déterminer leurs types de bioclimat et d'hiver. Dans le cas de la bande A, on constate que de Larache à Talembote, le bioclimat est subhumide à hiver tempéré; de Jabha à Melilla, le bioclimat est semi-aride à hiver chaud.



# Bon courage



## LIENS UTILES 🙌

### Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

