

Travaux dirigés en Agrométéologie

1. Les indices climatiques et bioclimatiques

1.1 Les indices climatiques fondés sur les données de précipitations (P) et/ou de Températures (T)

1.1.1 L'indice de continentalité pluviométrique d'Angot (1906)

Cet indice ne fait intervenir que les précipitations mensuelles et caractérise le degré de continentalité pluviale des sites.

$$IA = \frac{\Sigma P (6 \text{ mois les plus chauds})}{\Sigma P (6 \text{ mois les plus froids})}$$

1.1.2. L'indice de continentalité thermique de Gorczinski (1920) (modifié Daget 1968)

Il caractérise la continentalité thermique des sites par la concentration estivale des températures. On peut l'utiliser avec le coefficient d'Angot pour avoir une idée des variations pluviothermiques selon le degré de continentalité.

$$K' = (1,7A / \sin (\gamma + 10 + 9h)) - 14$$

Avec

A = amplitude thermique annuelle moyenne en °C

γ = latitude en °

h = altitude en kilomètres

Remarque

Un climat est continental ou semi-continental quand IA est supérieur à 1 et K' supérieur à 25.

En climat méditerranéen, la continentalité pluviale est toujours inférieure à 1 en raison de la forte sécheresse estivale.

1.1.3L'indice d'aridité De Martonne

En se basant sur des considérations essentiellement géographiques, De Martonne a défini comme fonction climatologique nouvelle l'indice d'aridité du climat par le quotient IDM = P/(T+10) (Coutagne 1943). Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à

partir de la température ; l'évaporation étant considérée comme une fonction linéaire de la température. Il a été ajouté 10 aux moyennes thermométriques pour éviter les valeurs négatives de l'indice. On notera l'ingéniosité de la méthode, qui, à première vue, un peu déconcertante par les raisons qui ont fait ajouter 10 à la température- (pourquoi pas 7, ou 8 ou 12 ?), a conduit à une expression essentiellement empirique, mais intuitivement très satisfaisante, ayant une valeur hydrographique et climatologique indéniable (Coutagne 1943). De fait de sa simplicité, il a été beaucoup utilisé par les géographes.

L'aridité augmente quand la valeur de l'indice diminue. Une faible aridité correspondant à des pluies abondantes et/ou des températures basses. De Martonne a proposé six grands types de climats selon les valeurs de l'indice annuel.

Cet indice (annuel ou mensuel) se calcule de la façon suivante :

Indice annuel : $I = P \text{ (mm)} / (T \text{ } ^\circ\text{C} + 10)$ Indice mensuel : $I = 12 \times P / (T + 10)$ Avec P = précipitations totales annuelles en mm (mensuelles si indice calculé mensuellement), T = température moyenne annuelle en °C (ou mensuelle), L'aridité augmente quand l'indice diminue.

Afin de caractériser le climat général d'une région du monde, on utilise les valeurs suivantes

Valeur de I	Type de climat	Type de végétation potentielle	Exemple
0 à 5	Hyper aride	Désert absolu	Vallée de la mort aux USA
5 à 10	Aride	Désert	Désert du Sahara, Désert de l'Arizona (USA)
10 à 20	Semi-aride	Steppe	Sahel, Kalahari
20 à 30	Semi-humide	Prairie naturelle, forêt	Région parisienne, Orléans, Région de Marseille
30 à 40	Humide	Forêt	Région Lille
40 à 55	Hyper-Humide	Forêt	Rouen, Dieppe, Alençon

L'ÉTUDE BIOCLIMATIQUE

Introduction:

L'influence des facteurs climatiques est capitale sur la végétation. En effet, le climat fournit des conditions indispensables à l'évolution des végétaux comme la lumière, l'eau, le gaz carbonique...

De nombreux indices bioclimatiques ont été proposés par des géographes (Lang, de Martonne) et par des botanistes (Gausson, Emberger) pour caractériser le climat. La plupart de ces indices bioclimatiques combinent des valeurs des Précipitations (Pr) et des Températures (T).

I-L'influence des Températures et des précipitations sur la végétation

1-L'influence des Températures

- La température agit sur les fonctions vitales des plantes (assimilation chlorophyllienne et transpiration). Pour la grande majorité des espèces, les fonctions vitales sont bloquées en deçà de 0°C et au-delà de 50°C.
- On distingue ainsi pour chaque espèce, autour d'une zone optimale de croissance, des températures minima et maxima d'activité à partir desquelles l'activité se ralentit voire s'arrête.

2-L'influence de l'eau

- L'eau est indispensable à la vie des plantes. La diversité des besoins en eau permet de distinguer :
- Les Hydrophytes, plantes des milieux humides, fortes consommatrices
- A l'opposé, les Xérophytes tolèrent des conditions limites d'approvisionnement en eau
- Entre ces deux groupes, les Mésophytes définissent le plus grand nombre d'espèces vivant en conditions moyennes

3-Indices de Gaussen et Bagnouls (1952)

A-Indices et diagrammes ombrothermiques

C'est encore à l'heure actuelle un des indices les plus utilisés. Cet indice tient compte des moyennes mensuelles des précipitations (P en mm) et de la température (T en °C) et donne une expression relative **de la sécheresse estivale en durée**. Celle-ci est appréciée à travers un indice de sécheresse S (= *indice ombrothermique*) calculé en faisant la différence entre les courbes P et T pour le ou les mois les plus secs.

Un mois donné est considéré comme **sec** quand $P < 2T$ c'est-à-dire quand l'évapotranspiration potentielle (ETP) est supérieure aux précipitations. Inversement, quand $P > 2T$, le mois est considéré comme humide.

$P < 2T$Mois sec

Pour repérer les mois "sec" et "humide" et mettre en évidence les périodes de sécheresse d'une localité, on trace généralement les diagrammes ombrothermiques. Ces diagrammes superposent les deux courbes de températures et de précipitations pour les 12 mois de l'année

ce qui permet de définir une aire ombrothermique. Plus l'aire est importante et plus la saison est sèche (valeur de l'intégrale). $P > 2T$Mois humide.

B- Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls

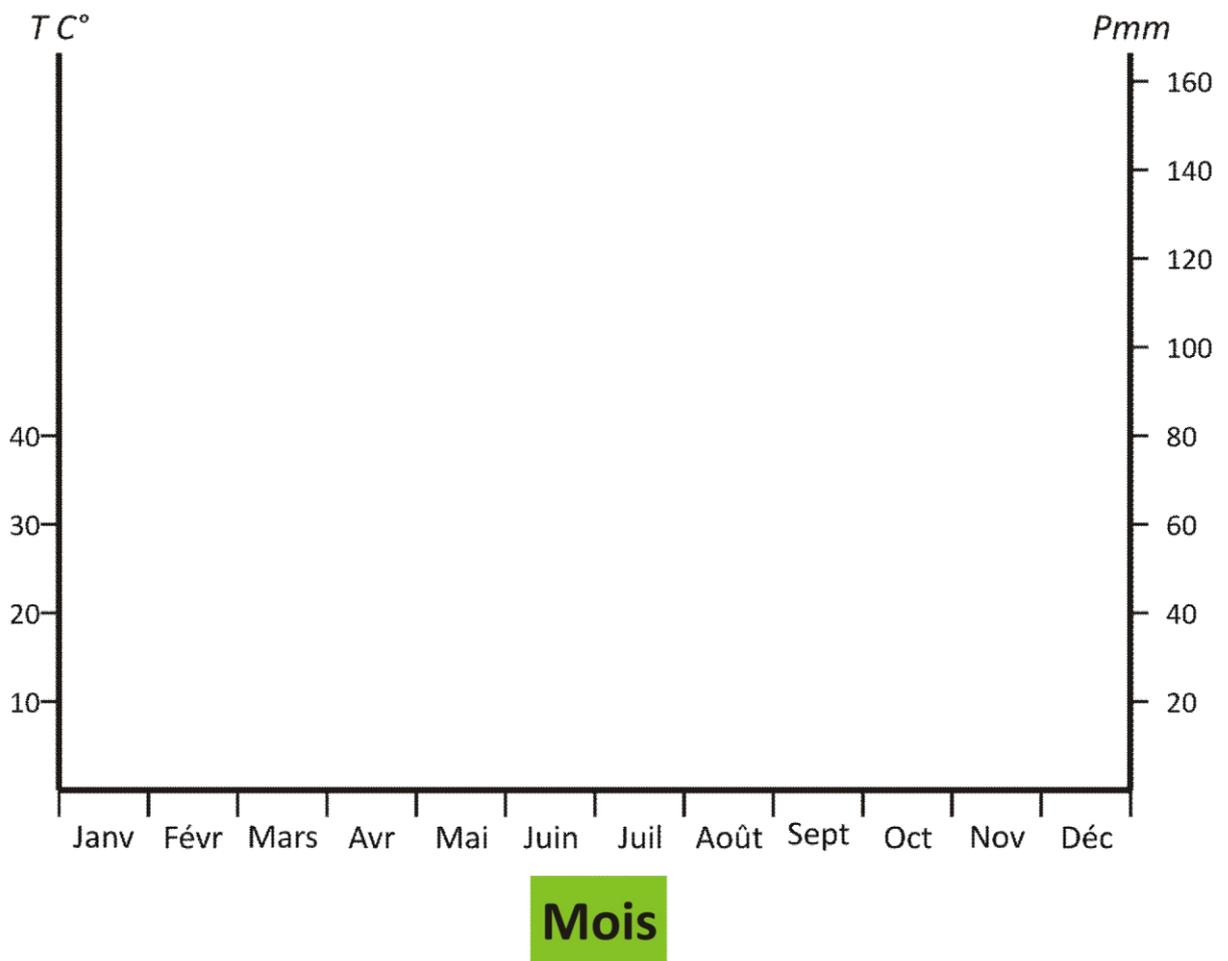
Le diagramme ombrothermique de **GAUSSEN et BAGNOULS** est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec $P=2T$. Pour construire un diagramme ombrothermique on porte sur l'axe horizontal des mois de l'année, sur l'axe verticale les températures à droite les précipitations à gauche. Il faut aussi respecter la règle suivante: une précipitation égale 2 températures, c'est-à-dire que sur la ligne verticale une température de 10° égale à une précipitation de 20mm. On représente des précipitations mensuelles par des colonnes et les températures mensuelles par des points qu'on doit relier par une courbe. (Voir pratique sur micro-ordinateur).

B1- Réalisation

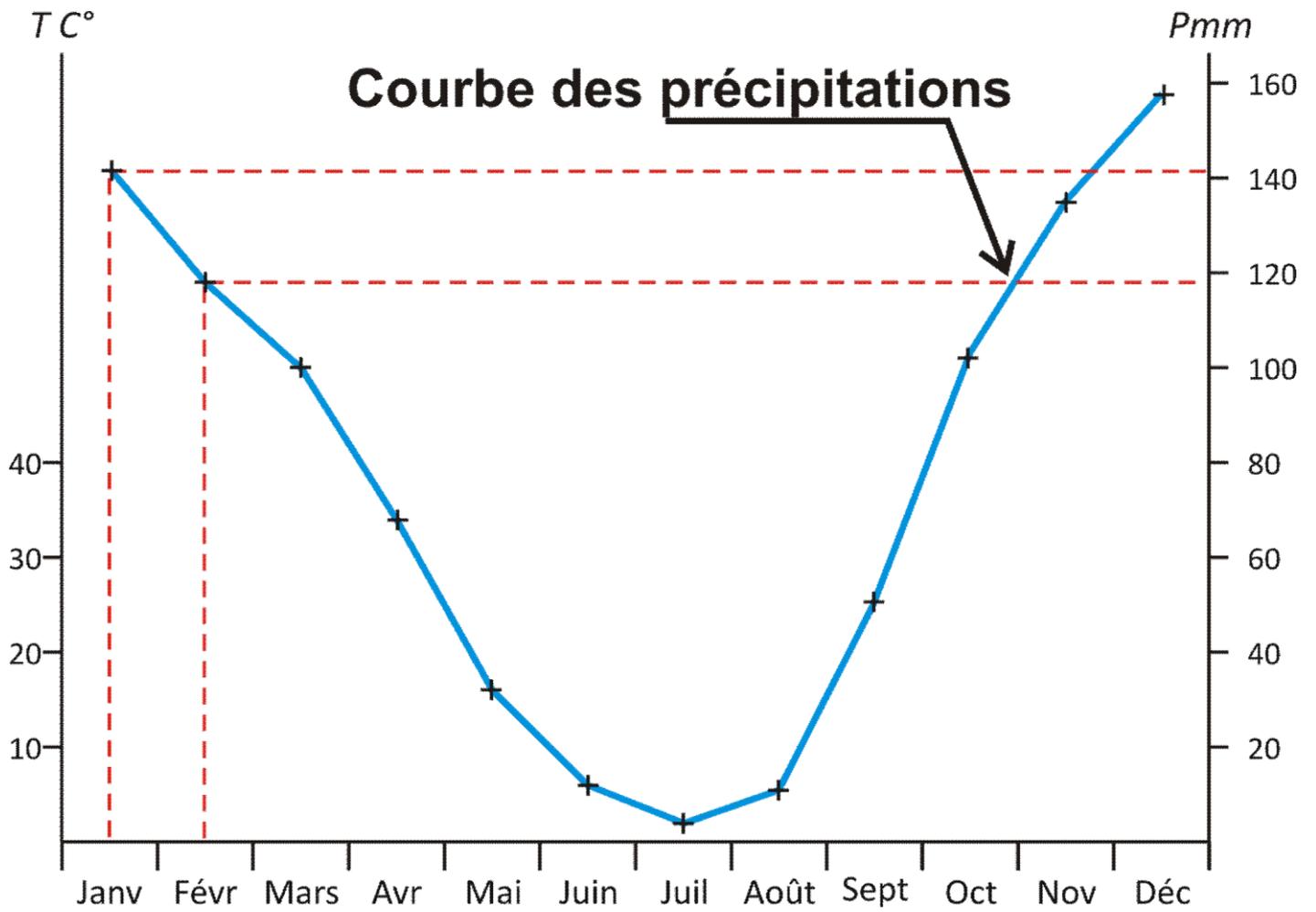
- Les températures à gauche
- les précipitations à droite.
- Les mois en bas

Températures

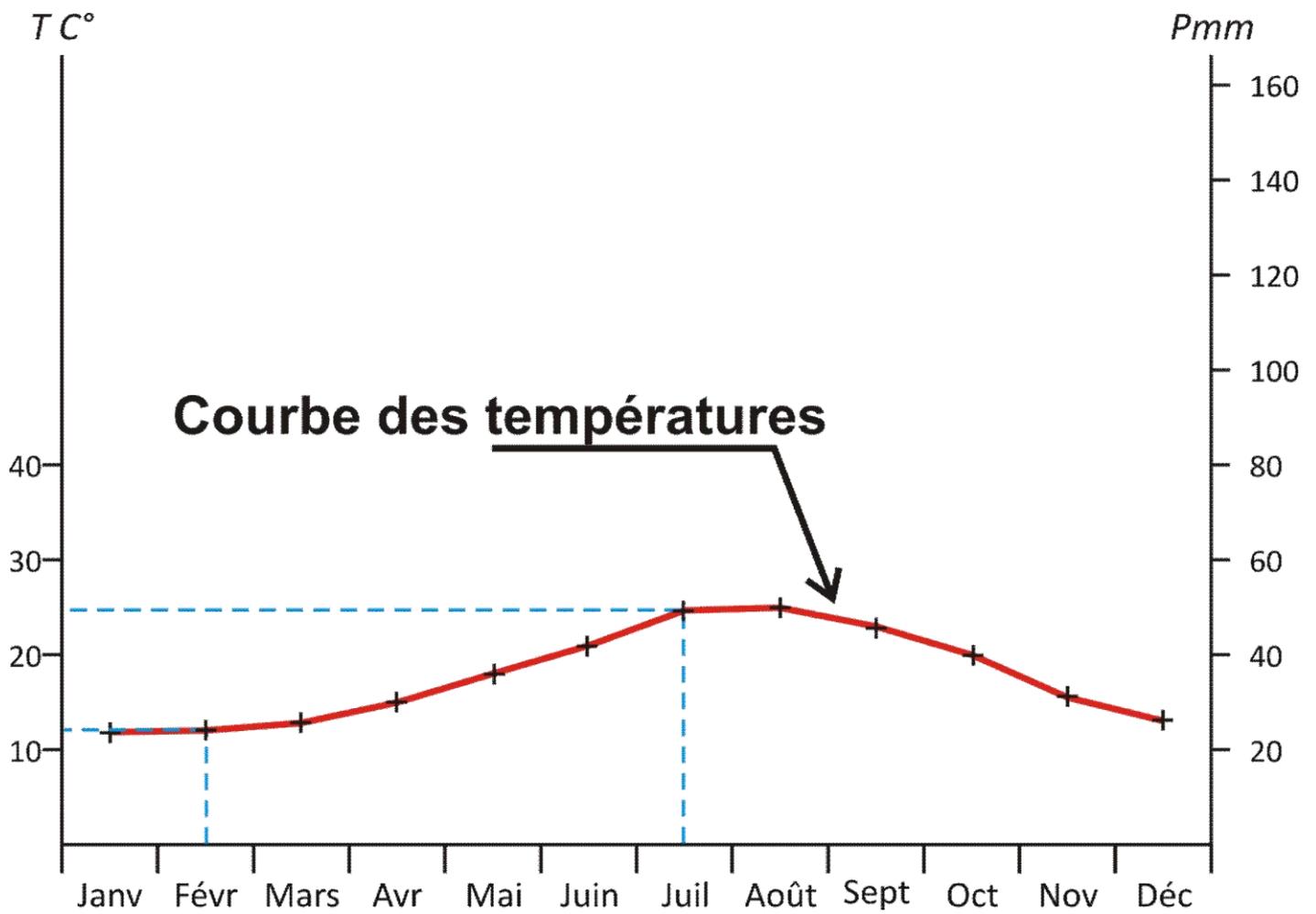
Précipitations

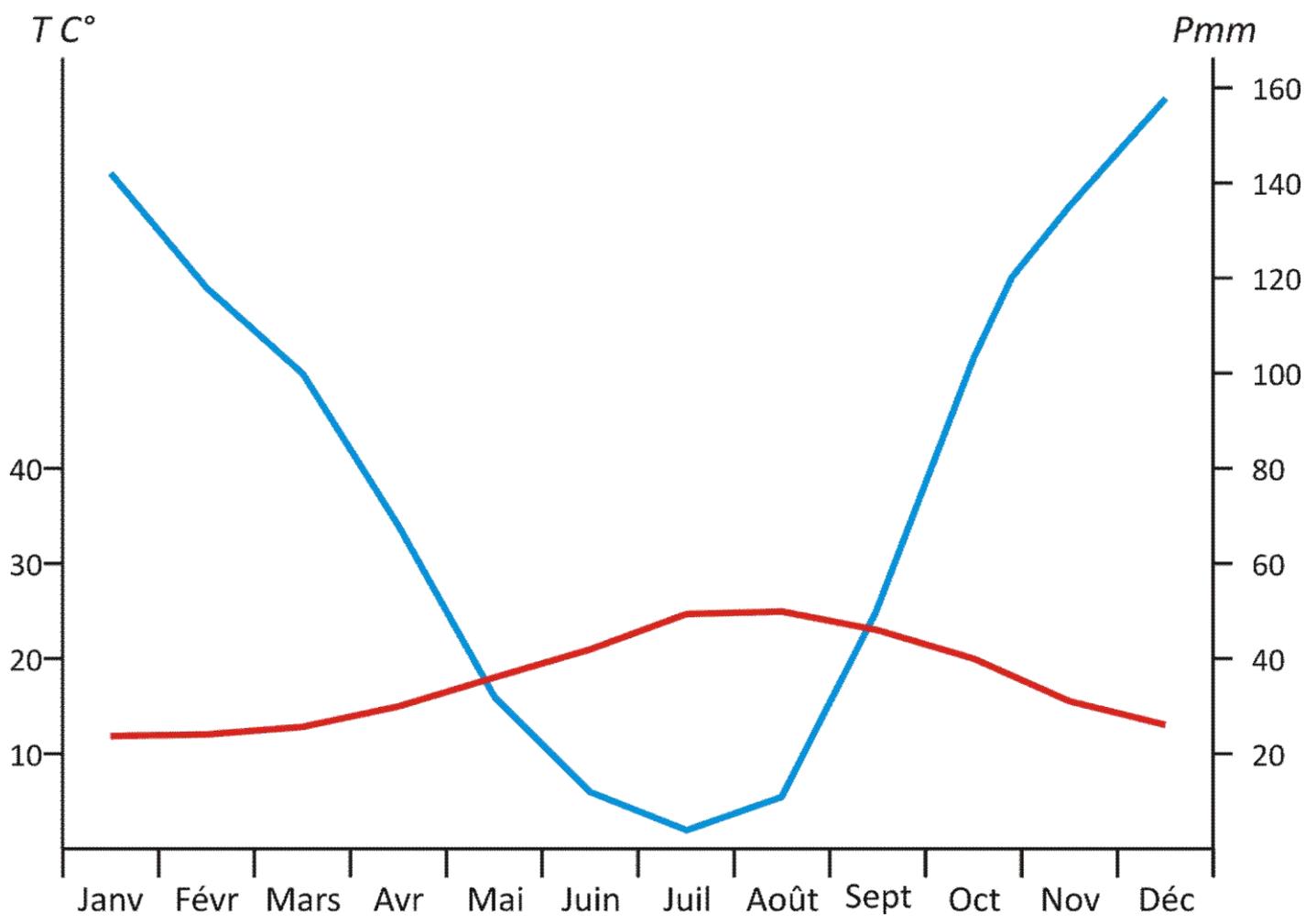


B2-Étape 2: On trace la courbe des précipitations

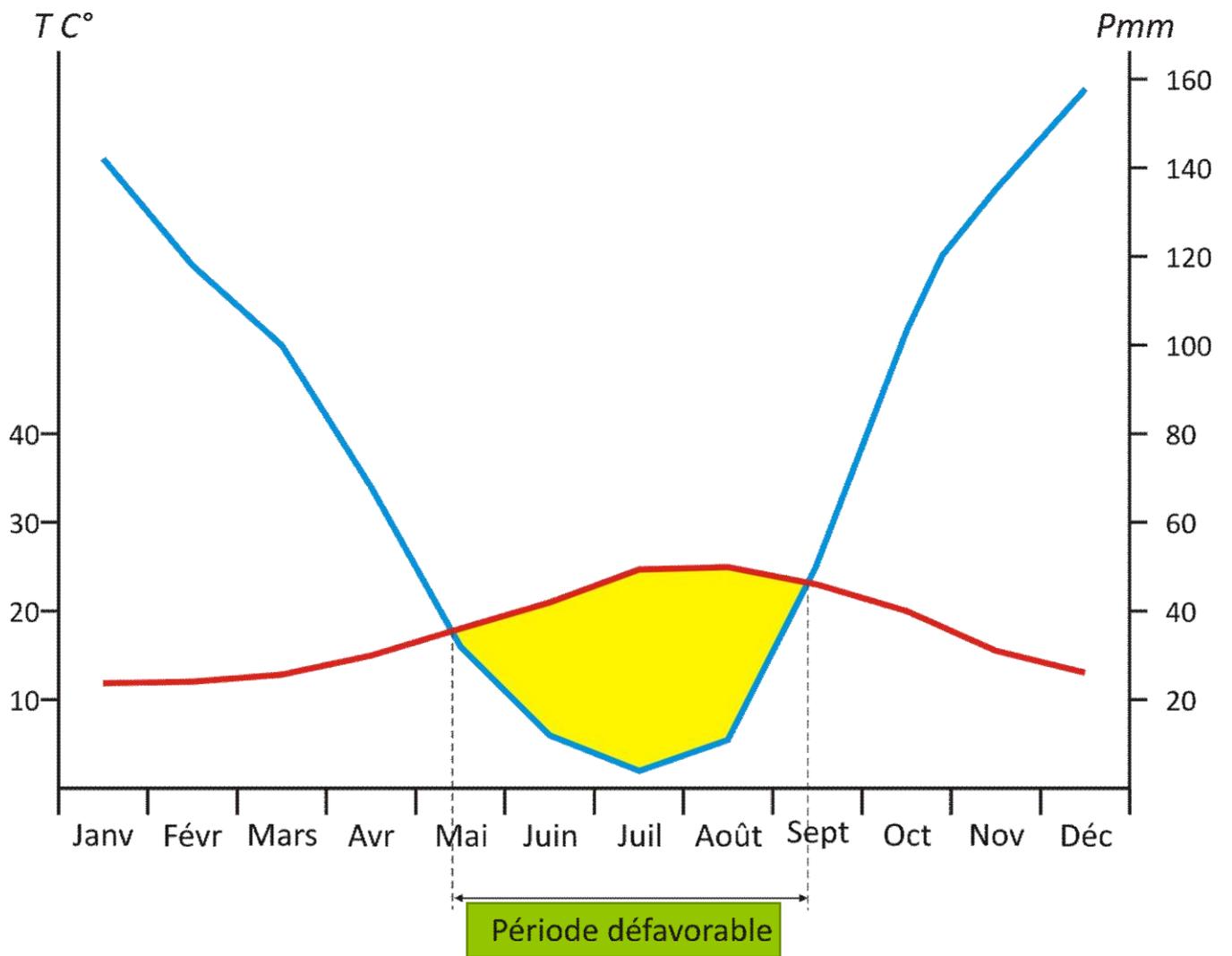


B-3-Étape 3: On trace la courbe des températures

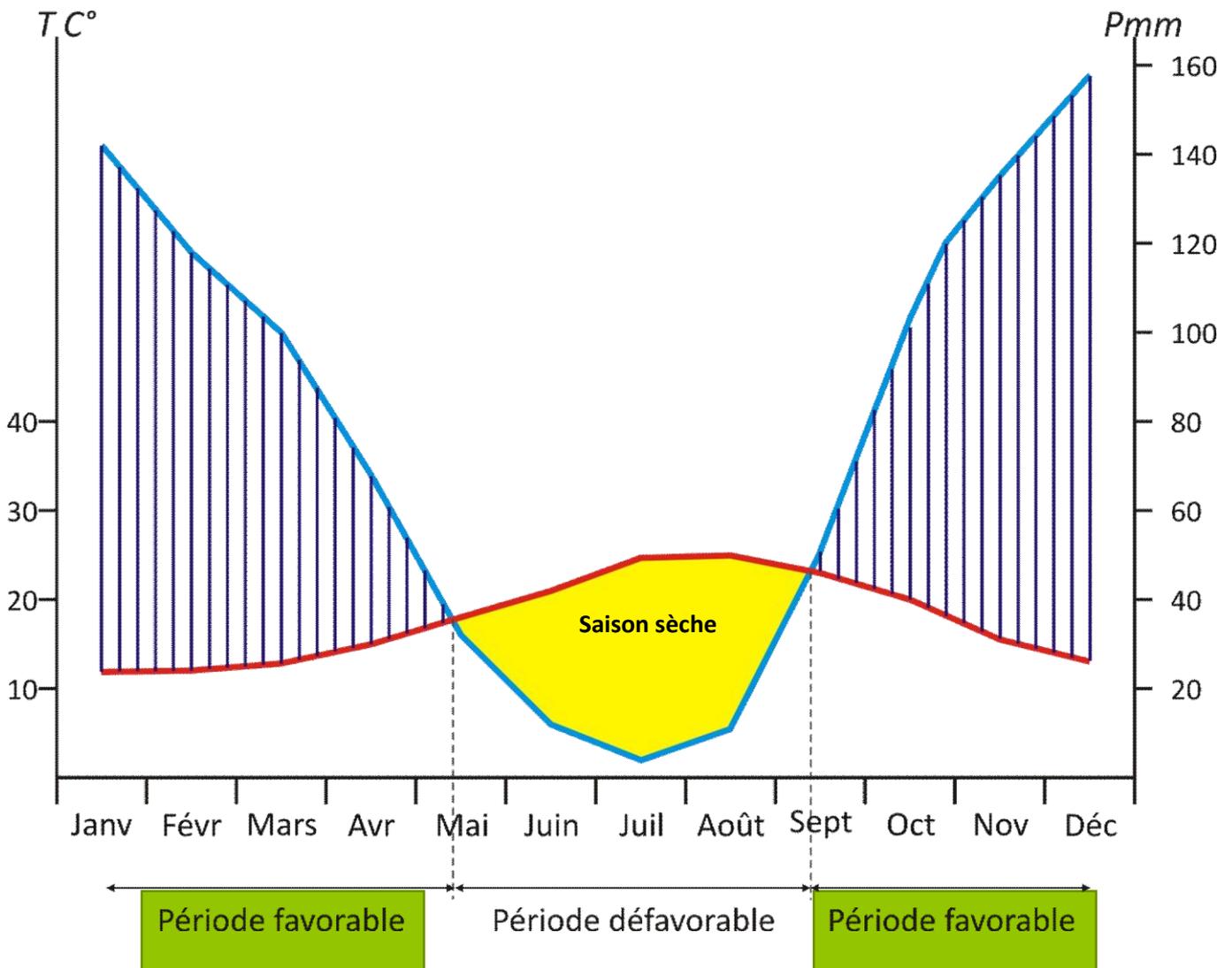




B-4 Étape 4: on délimite la période défavorable (en jaune)



B-5-Etape 4: on délimite la période favorable (traits bleus)



Période favorable: $Pr \geq 2T$ \Rightarrow Les besoins en eau des plantes sont suffisants

Période défavorable: $Pr < 2T$ \Rightarrow Les besoins en eau des plantes sont insuffisants

L'interprétation du diagramme ombrothermique

L'interprétation du diagramme ombro-thermique repose sur les points suivants:

- Introduire la station (coordonnées géographiques) et les particularités des sites (vallée, cote, montagne...)

*Distinguer à partir du diagramme la durée de la période défavorable (nombre de jours)

*déterminer la période favorable (nombre de jours température maximale et minimale, précipitation)

•L'influence simultanée de ces données sur le couvert végétal.

C-/Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

La classification la plus souvent utilisée pour caractériser le climat méditerranéen d'une localité a été élaborée par Emberger (1939). Celle-ci utilise un diagramme bidimensionnel dans lequel la valeur du « *Quotient pluviothermique* » Q2 est reportée en ordonnée et la moyenne du mois le plus froid de l'année en abscisse. Ce quotient est calculé à partir de la formule suivante :

$$Q2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

P : des précipitations annuelles (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud ($^{\circ}K = ^{\circ}C + 273,2$)

m : moyenne des minima du mois le plus froid ($^{\circ}K = ^{\circ}C + 273,2$)

Le quotient pluviométrique ou *indice climatique* d'Emberger sert à définir les cinq différents types de climats méditerranéens, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne.

La formule est parfois adaptée sous la forme suivante (formule de Stewart) :

$$Q2 = \frac{3,43P}{M - m}$$

L'indice d'Emberger définit le degré d'humidité du climat. Il prend en compte les précipitations annuelles P, la moyenne des maxima de température du mois le plus chaud (M) et la moyenne des minima de température du mois le plus froid (m). Comme pour l'indice xéothermique de Gaussen, il est plus particulièrement adapté aux régions méditerranéennes dans lesquelles il permet de distinguer différents étages climatiques. Dans ces régions, Emberger a remarqué que l'amplitude thermique (M-m), donc l'évaporation, est un facteur important de la répartition des végétaux. On sait en effet que, à température moyenne égale, l'évaporation est d'autant plus grande que l'amplitude thermique est élevée. Le facteur de pluie pris en compte est le produit du nombre de jours de pluie par an (n) par le cumul moyen annuel (P).

C1-1 Les Etages bioclimatiques selon EMBERGER (1952)

Zones bioclimatiques Q 2	Q 2	P en mm
Saharienne	$Q2 < 10$	$P < 100$
Aride	$10 < Q2 < 45$	$100 < P < 400$
Semi -aride	$45 < Q2 < 70$	$400 < P < 600$
Sub-humide	$70 < Q2 < 110$	$600 < P < 800$
Humide	$110 < Q2 < 150$	$800 < P < 1200$
Per-humide	$Q2 > 150$	$150 P > 1200$

C-2 Les Sous étages bioclimatiques

Variantes à hiver Valeur de m en °C

Glacial $m < - 10$

Frais $0 < m < + 3$

Extrêmement froid $- 10 < m < - 7$

Tempéré $+3 < m < + 4,5$

Très froid $- 7 < m < -3$

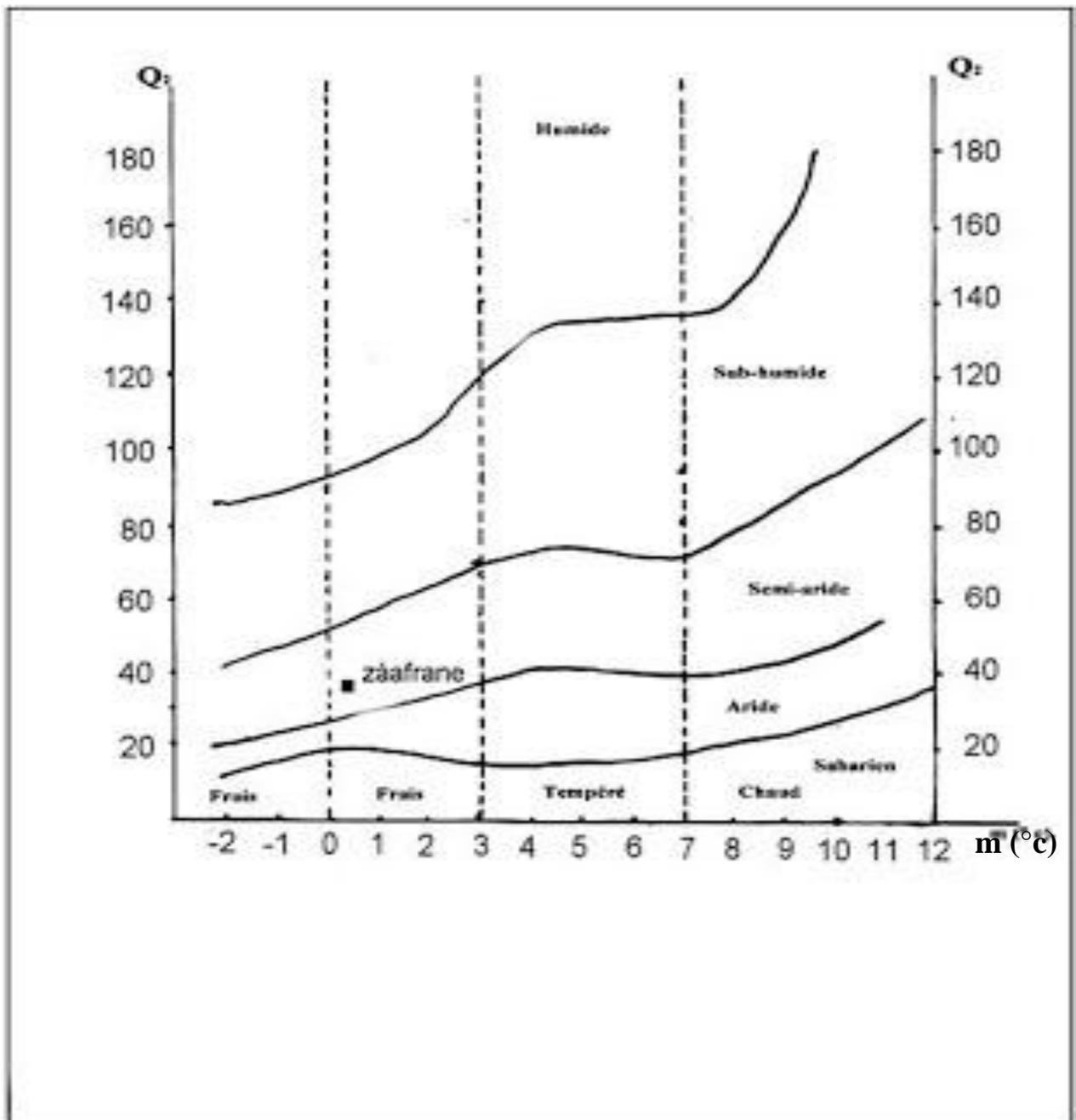
Doux $+ 4,5 < m < + 7$

Froid $-3 < m < 0$

Chaud $+ 7 < m < +10$

Frais $0 < m < + 3$

Très chaud $m > + 10$



Climmagrame d'Emberger (1952)

- Le climmagrame permet la représentation des étages bioclimatiques méditerranéens.

D- Les corrections SELTZER :

Selon SELTZER (1946), les pluviométries annuelles augmentent de 40 mm chaque 100 m d'altitude.

Selon SELTZER (1946), les températures minimales diminuent de 0,4 °C chaque 100 mètre d'altitude, et les températures maximales diminuent de 0,7°C pour chaque 100 mètre d'altitude. (Voir un exemple de correction SELTZER, exercice 3 ci dessous pour la région de Texenna)

EXERCICE 1

Les tableaux ci-dessous (1et 2) représentent des relevés des températures et des précipitations recueillies au niveau de la station météorologique de la région de Taher située à 2 mètres du niveau de la mer (wilaya de Jijel sur une durée de 20 ans (de 1998-2018)).

Tableau 1

Mois	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Total annuel
P (mm)	194,59	128,79	100,84	73,37	83,12	45,46	13,13	3,4	12,46	52,87	80,73	145,65	
Saisons	Hiver			Printemps			Eté			Automne			
P (mm)													

P (mm) : précipitations moyennes mensuelles en millimètre

Tableau 2

Mois	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Moyenne annuelle
M(°C)	16,1	16,7	19,1	19,9	24,3	27,5	30	31	28,5	25,6	20,4	17,1	
m(°C)	6,7	6,5	8,1	9,6	12,9	16,5	19	20,3	18,3	15,1	10,8	8,1	
$\frac{M+m}{2}$													

M : Température moyenne du mois le plus froid °C

m: Température moyenne du mois le plus chaud en °C

- 1- Complétez les tableaux 1 et 2
- 2- Construisez le diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la station de Taher
- 3- Déterminez, à partir du diagramme tracé, les mois humides et les mois secs et la durée de la saison sèche.
- 4- Déduisez-en le nombre de saisons en précisant la durée relative de chacune d'elles.
- 5- A partir des données de température et de précipitation, calculez l'indice d'aridité de DE MARTONNE, puis déduisez-en une caractérisation du climat de la station de Taher.

EXERCICE 2:

Pour la station de Taher (tableaux 1 et 2)

- 1- Calculez le Quotient pluviométrique d'Emberger (Q2)
- 2- Déterminez le bioclimat (étage et sous étage) et la variante d'hiver
- 3- Placez-les dans le diagramme des bioclimats.

Exercice 3

Texenna est une région de Jijel située à une altitude moyenne de 725 m du niveau de la mer.

- 1- Après avoir fait les corrections SELTZER, complétez et corrigez les tableaux 1 et 2
- 2- Construisez le diagramme ombrothermique de GAUSSEN pour la région de Texenna
- 3- Calculez le Quotient pluviométrique d'Emberger (Q2)
- 4- Placez-le dans le diagramme des bioclimats.

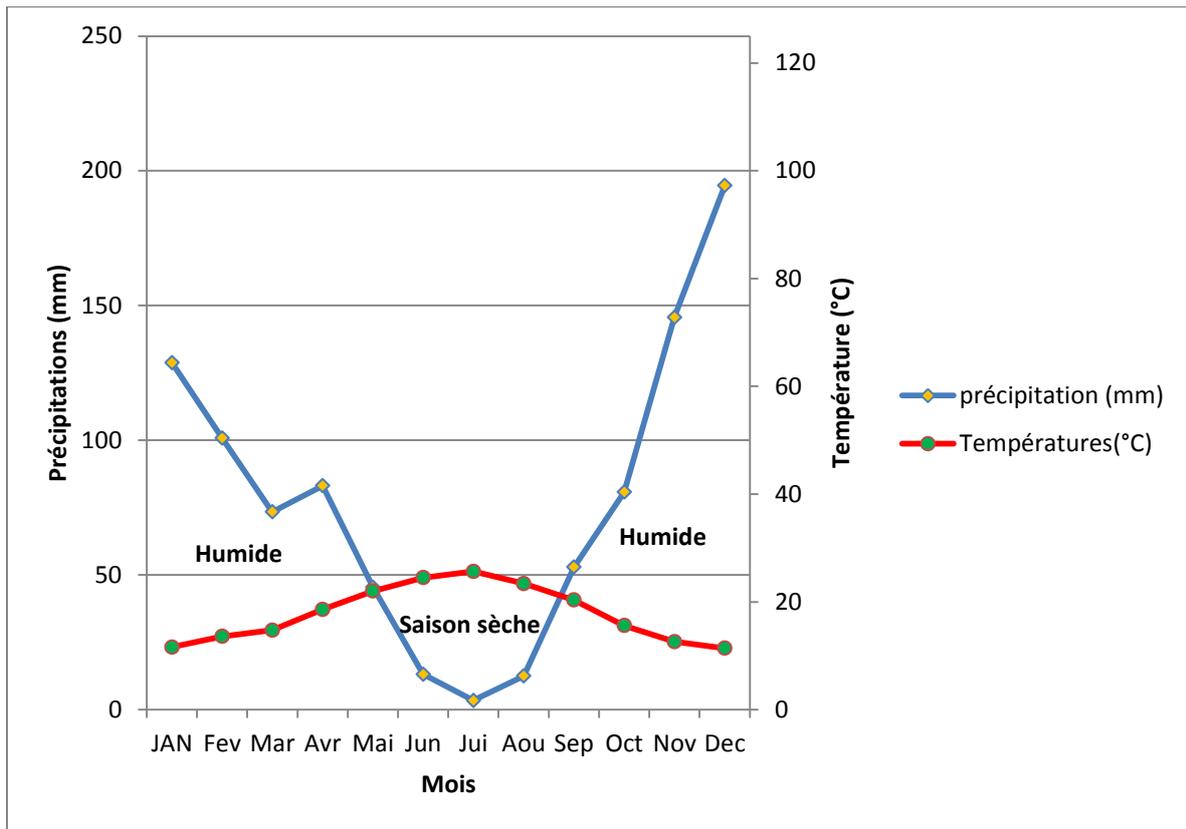
1- Solution Exercice 1

Tableaux 1 et 2

Mois	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Total annuel
P (mm)	194,59	128,79	100,84	73,37	83,12	45,46	13,13	3,4	12,46	52,87	80,73	145,65	934,41
Saisons	Hiver			Printemps			Eté			Automne			
P (mm)	424,22			201,95			28,99			279,25			

Mois	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Moyenne annuelle
M(°C)	16,1	16,7	19,1	19,9	24,3	27,5	30	31	28,5	25,6	20,4	17,1	23,01
m(°C)	6,7	6,5	8,1	9,6	12,9	16,5	19	20,3	18,3	15,1	10,8	8,1	12,65
$\frac{M+m}{2}$	11,4	11,6	13,6	14,75	18,6	22	24,5	25,65	23,4	20,35	15,6	12,6	17,83

2-



Diagrammes Ombrothermiques de la zone de Taher

3- Les mois humides : janvier, février, mars, avril (jusqu'à mi-mai), (début septembre), octobre, novembre et décembre

Les mois secs : mi- mai juin, juillet aout mi- septembre

La saison sèche dure 4 mois

4- Indice d'aridité De Martonne :

$$I = P \text{ (mm)} / (T \text{ } ^\circ\text{C} + 10)$$

$I = 934,41 / 17,83 + 10 \quad I = 33,57$ donc est compris entre 30 et 40 donc la région de Taher est humide

Solution exercice 2

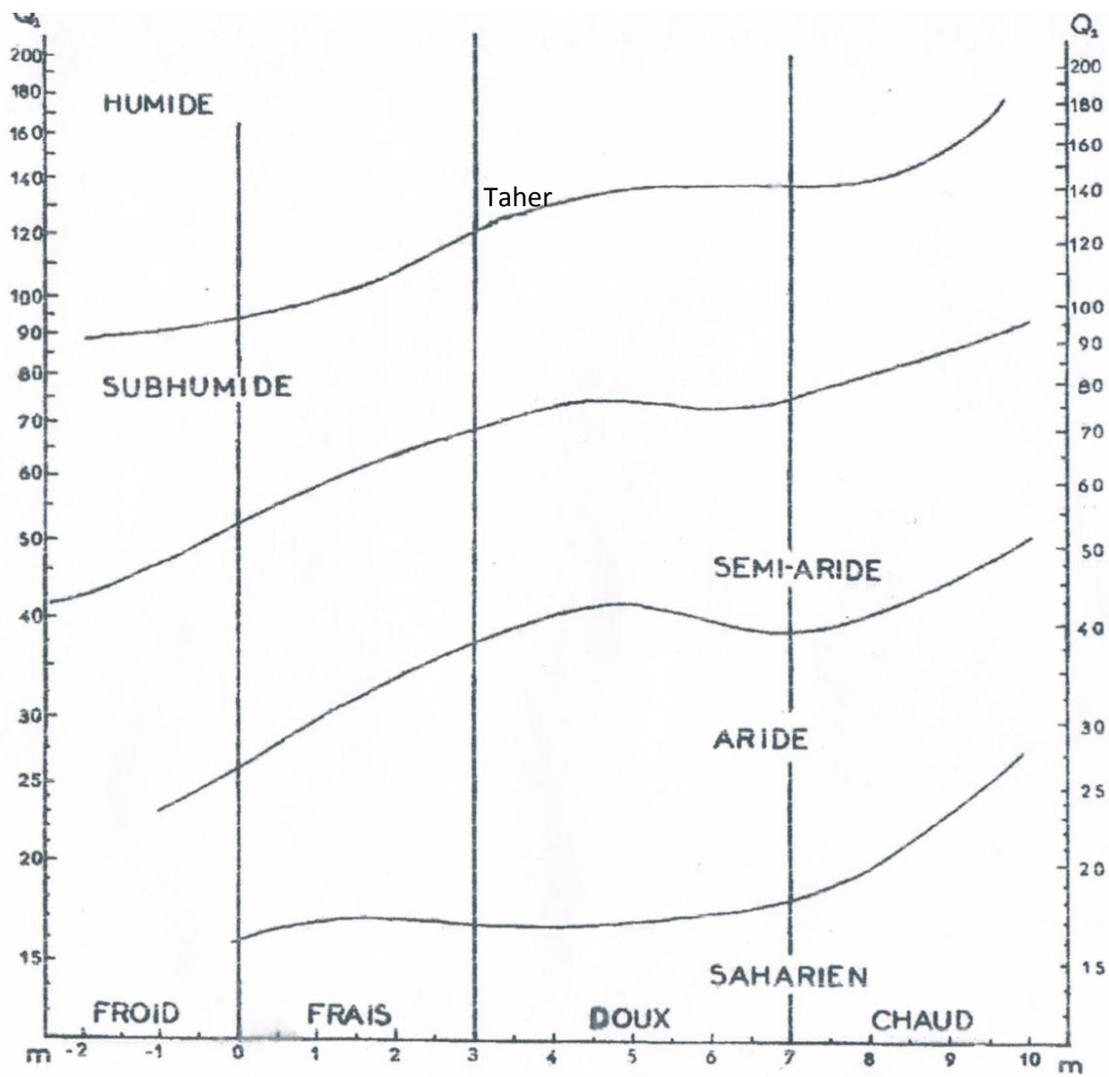
$$Q_2 = 2000 P / M^2 - m^2 \text{ (}^\circ\text{K)}$$

Où P représente la moyenne des précipitations annuelles en mm, (M) la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud et (m) la moyenne des minima du mois le plus froid. Les températures étant exprimées en degré absolu ($0^\circ\text{C} = 273,16^\circ\text{K}$). Le (M) et le (m) représentent les seuils entre lesquels, dans un endroit donné, se déroule la vie végétale. Le facteur $M+m/2$ exprime la moyenne; $M-m$ traduit l'amplitude thermique extrême ou la continentalité ou plus exactement l'évaporation (**Emberger, 1930, 1936 et 1955**). D'une manière générale, un climat méditerranéen est d'autant moins sec que le quotient est plus grand. En combinant sur un climagramme (m) en abscisse et le quotient pluviothermique en ordonnée pour définir les étages bioclimatiques (ou ambiances bioclimatiques).

$$\begin{array}{l} \mathbf{m} = 6,5 + 273,16 = 279,66 \text{ }^\circ\text{K} \\ \mathbf{M} = 31 + 273,16 = 304,16 \text{ }^\circ\text{K} \\ \mathbf{P}: 934,41\text{mm} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \mathbf{m} \\ \mathbf{M} \\ \mathbf{P} \end{array}} \right\} \text{ } Q_2 = 130,65$$

Humide $110 < Q_2 < 150$ $800 < P < 1200$ donc notre Q_2 (130,65) calculer appartient à l'étage bioclimatique humide

Doux $+4,5 < m < +7$, puisque la valeur du mois le plus froid = 6,5 elle est comprise dans cette intervalle donc notre zone appartient au sous étage bioclimatique à hiver doux



Solution exercice 3

1- Correction SELTZER

A- Les précipitations

Pour ramener la pluviométrie moyenne annuelle à la zone d'étude qui se trouve à une altitude de 725 m, nous procédons à des corrections de la manière suivante :

Selon SELTZER (1946), les pluviométries annuelles augmentent de 40 mm chaque 100 m d'altitude. Donc pour notre zone de Texenna, situé à une altitude moyenne de 725 m par rapport à la station météorologique de Taher, il faut ajouter $40 \times 7,25$ soit 290 mm de pluie, ainsi la hauteur de pluviométrie annuelle sera de $934,41 + 290 = 1224,41$ mm au niveau de la zone de Texenna.

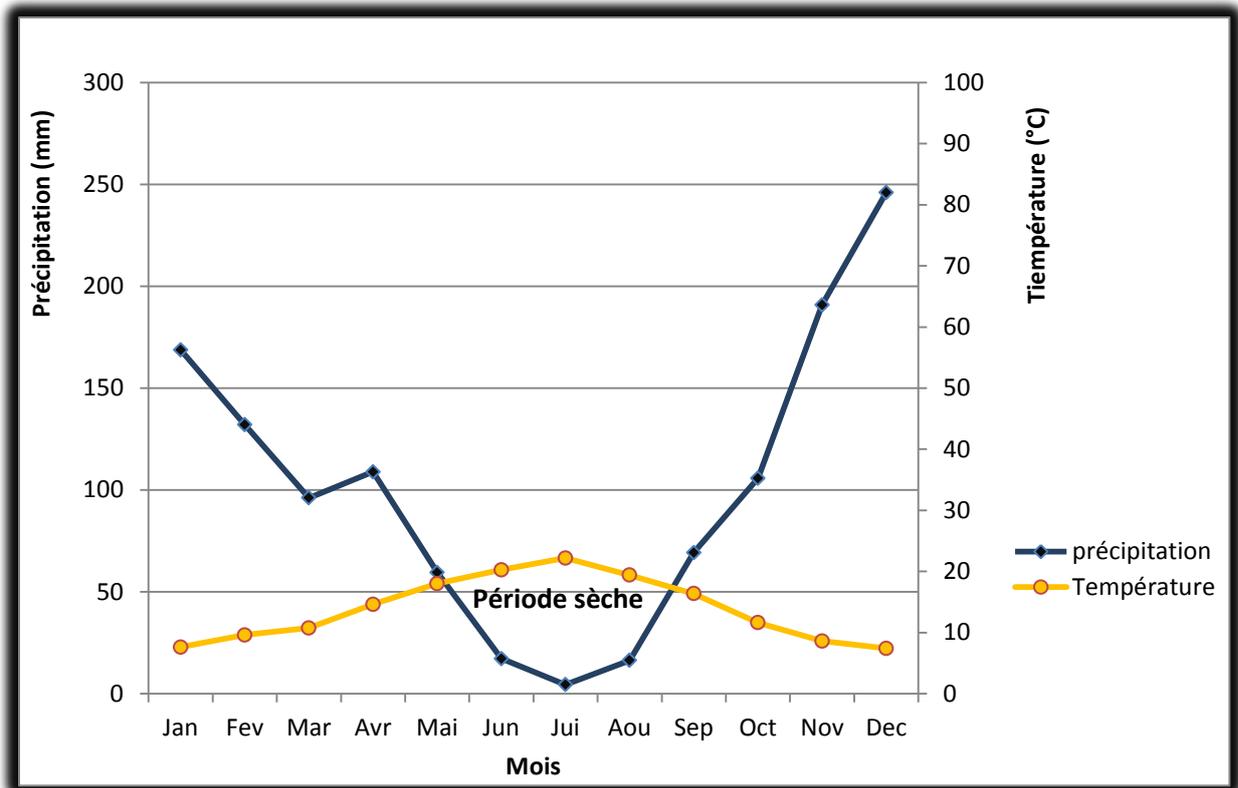
Le coefficient de correction se calculera alors comme suit : $K = 1224,41/934,41 = 1,31$. Donc il ne reste qu'à multiplier les hauteurs mensuelles obtenues au niveau de la station météo de Taher par le coefficient de correction «K» pour trouver celles de la zone de Texenna.

Mois	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Total annuel
P (mm)	245,98	168,76	132,13	96,14	108,9	59,56	17,20	4,45	16,32	69,27	105,78	190,85	
Saisons	Hiver			Printemps			Eté			Automne			1224,41
P (mm)	555,87			264,6			37,97			356,9			

B- Les températures

Selon SELTZER (1946), les températures minimales diminuent de 0,4 °C chaque 100 mètre d'altitude, et les températures maximales diminuent de 0,7°C pour chaque 100 mètre d'altitude. Donc pour notre zone de Texenna situé à une altitude de 725 m par rapport à la station météorologique de Taher, le coefficient de correction sera 7,25, donc les minimas vont diminuer de $0,4 \times 7,25 = 2,9^\circ\text{C}$, donc il faut soustraire 2,9 des minimas dans le tableau 2, quant aux maximas ils diminuent de $0,7 \times 7,25 = 5,07^\circ\text{C}$ on soustrais 5,07 des maximas dans le tableau2 donc les nouvelles valeurs obtenues ainsi représentent les données de notre zone de Texenna.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Moyenne annuelle
M(°C)	11,63	14,03	14,83	19,23	22,43	24,93	25,93	23,43	20,53	15,33	12,03	11,03	17,94
m(°C)	3,6	5,2	6,7	10	13,6	16,1	17,4	15,4	12,2	7,9	5,2	3,8	9,75
$\frac{M+m}{2}$	7,61	9,61	10,76	14,61	18,01	20,26	22,2	19,41	16,36	11,61	8,61	7,41	14,20



Diagrammes Ombrothermiques de la zone de Texenna

L'examen du diagramme Ombrothermique montre que dans la zone d'étude la séquence sèche est bien marquée, pour la période (1992-2017) la zone de Texenna accuse 3 mois est demi de sécheresse.

3-

$$Q2 = 2000 P / M^2 - m^2 (\text{°K})$$

Où P représente la moyenne des précipitations annuelles en mm, (M) la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud et (m) la moyenne des minima du mois le plus froid. Les températures étant exprimées en degré absolu ($0^{\circ}\text{C} = 273,16^{\circ}\text{K}$). Le (M) et le (m) représentent les seuils entre lesquels, dans un endroit donné, se déroule la vie végétale. Le facteur $M+m/2$ exprime la moyenne; $M-m$ traduit l'amplitude thermique extrême ou la continentalité ou plus exactement l'évaporation (Emberger, 1930, 1936 et 1955). D'une manière générale, un climat méditerranéen est d'autant moins sec que le quotient est plus grand. En combinant sur un climagramme (m) en abscisse et le quotient pluviothermique en ordonnée pour définir les étages bioclimatiques (ou ambiances bioclimatiques).

$$\begin{array}{l}
 m = 276,76^{\circ}\text{K} \\
 M = 299,09^{\circ}\text{K} \\
 P: 1224,41\text{mm}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} m \\ M \\ P \end{array}} \right\} Q_2 = 190,40$$

Le résultat de ce calcul nous a permis de positionner la région de Texenna dans l'étage bioclimatique humide à hiver doux.

4-

