

6. Classification climatique physique

En raison de la variabilité spatio-temporelle des paramètres climatiques et de la nécessité de description synthétique, de classement et de comparaison des types de climat et de végétation à travers le monde, de nombreux auteurs ont proposé diverses formules, indices et expressions graphiques, tenant compte d'un nombre plus ou moins élevé de facteurs. Pour ces différents auteurs, la principale difficulté était de définir à partir de quand un climat, une saison, sont-ils secs ? On peut légitimement admettre qu'une période est sèche quand celle-ci dépense plus d'eau qu'elle n'en reçoit, donc qu'elle perd par évaporation et transpiration une quantité d'eau supérieure à celle des précipitations qui tombent pendant le même temps. Les éléments les plus couramment analysés sont les précipitations, les températures. Les indices climatiques globaux fournissent des variables synthétiques qui combinent généralement des données climatiques moyennes calculées à partir de séries climatologiques correspondant à un poste d'observation. Ces indices ont été tout d'abord utilisés pour classer et cartographier les climats selon leur aridité par les hydrologues et les géomorphologues puis par les botanistes et écologues. A l'échelle macroclimatique, ces indices permettent d'expliquer la répartition biologique des essences, de définir les limites d'aire biotique coïncidant avec celle d'un facteur climatique précis.... Cependant, ce sont avant tout des formules mathématiques qui ignorent les exigences écologiques des plantes, les possibilités écologiques d'un territoire (caractéristiques du sol, topographie...) et la hiérarchie écologique des facteurs déterminant la répartition d'une essence dans un milieu géographique. Beaucoup de ces formules sont empiriques et n'ont aucune signification physique. Elles n'ont de signification que par la bonne corrélation existante avec la distribution de certains groupements végétaux.

6.1. Classification des climats selon De Martonne

La classification d'Emmanuel de Martonne est fondée sur un indice d'aridité (fig.23), cet indice (traité en détail plus loin) n'est pas utilisable dans les régions froides, à cause de sa sensibilité aux températures annuelles très basses (-10°C).

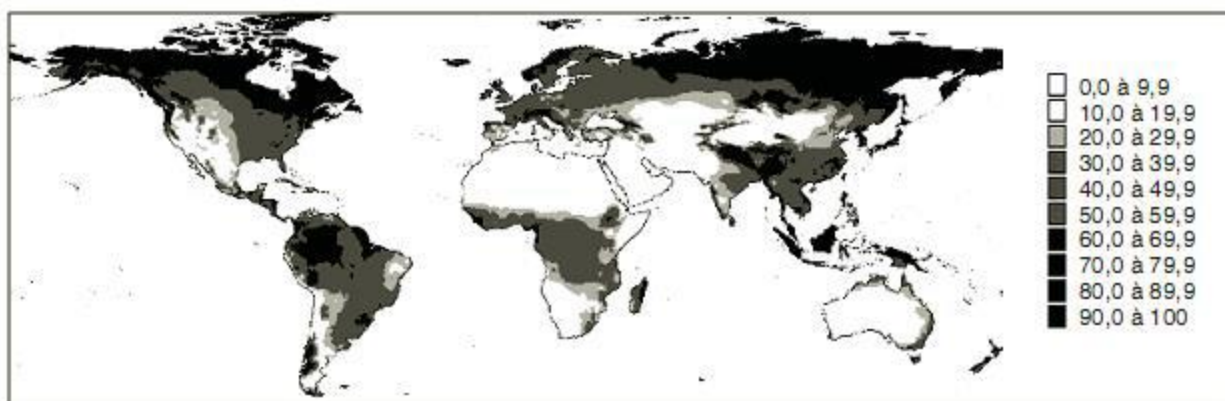


Figure 23. Les zones arides dans le monde selon l'indice de Martonne (période 1951-2000)

6.2. Classification des climats selon Köppen

La classification de Köppen-Geiger (1923) (Tab.1), est encore largement utilisée. Köppen, botaniste de formation, donnait beaucoup d'importance aux relations entre le climat et la végétation, ce qui transparaît dans sa classification. Celle-ci utilise 3 critères d'importance décroissante et désignés, pour chaque catégorie, par 3 lettres successives. La première lettre, de A à E, correspond à la caractéristique principale de la catégorie climatique et donc aux grands types de climat. La deuxième lettre correspond essentiellement au régime pluviométrique, parfois à la température. Cette lettre, tantôt une majuscule, tantôt une minuscule, est l'initiale d'un mot allemand : F : Frost (gel), S: Steppe, T: Tundra, W: Wüste (déserts). La troisième lettre se réfère uniquement à la température moyenne : a, b, c, d, h (trocken-heiss : chaud et sec) et k (trockenkalt : froid et sec). Ainsi, par exemple, le climat des steppes péri-sahariennes sera désigné par l'abréviation BSh alors que celui des steppes d'Asie centrale sera désigné par BSk.

Tableau 5. Grands types de climats de Köppen-Geiger selon M. Kottek, J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf et F. Rubel, 2006. Meteorol. Z., 15, 259-263.

Types de climat	Sous-types de climat	Caractéristiques (voir légende ci-dessous)
A : climats équatoriaux ($T_{min} \geq +18\text{ °C}$)	Af : forêt humide équatoriale	$P_{min} \geq 60\text{ mm}$
	Am : mousson équatoriale	$P_{ann} \geq 25(100\text{ }P_{min})$
	As : savane équatoriale à été sec	$P_{min} < 60\text{ mm en été}$
	Aw : savane équatoriale à été humide	$P_{min} > 60\text{ mm en été}$
B : climats arides $P_{ann} < 10\text{ }P_{th}$	BS : climat de steppe	$P_{ann} > 5\text{ }P_{th}$
	BW : climat de désert	$P_{ann} \leq 5\text{ }P_{th}$
C : climats tempérés $-3\text{ °C} < T_{min} < +18\text{ °C}$	Cs : climats tempérés à été sec	$P_{smin} < P_{wmin}, P_{wmax} > 3\text{ }P_{smin}$ and $P_{smin} < 40\text{ mm}$
	Cw : climats tempérés à hiver sec	$P_{wmin} < P_{smin}$ and $P_{smax} > 10\text{ }P_{wmin}$
	Cf : climats tempérés toujours humides (ni Cs ni Cw)	
D : climats neigeux $T_{min} \leq -3\text{ °C}$	Ds : climats neigeux à été sec	$P_{smin} < P_{wmin}, P_{wmax} > 3\text{ }P_{smin}$ and $P_{smin} < 40\text{ mm}$
	Dw : climats neigeux à hiver sec	$P_{wmin} < P_{smin}$ and $P_{smax} > 10\text{ }P_{wmin}$
	Df : climats neigeux toujours humide (ni Ds ni Dw)	
E : climats polaires $T_{max} < +10\text{ °C}$	ET : climat de toundra	$0\text{ °C} \leq T_{max} < +10\text{ °C}$
	EF : climat des glaces	

Abréviations. P : précipitations en mm, avec Pmin (précipitations du mois le plus sec), Pann (cumul annuel), Psmín (précipitations du mois le plus sec du semestre estival), Pwmin (idem pour le semestre hivernal), Psmáx (précipitations du mois le plus humide du semestre estival), Pwmax (idem pour le semestre hivernal) ; T : températures en °C, avec Tann (température moyenne annuelle), Tmax : température moyenne du mois le plus chaud, Tmin : température moyenne du mois le plus froid. Pth (th pour threshold, seuil) est égal à 2 x Tann si au moins les 2/3 des précipitations annuelles ont lieu en hiver, 2 x Tann + 28 si au moins les 2/3 des précipitations annuelles ont lieu en été, 2 x Tann + 14 dans les autres cas.

7. L'Aridité

7.1. Les différents indices d'aridité

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

Il caractérise la continentalité thermique des sites par la concentration estivale des températures.

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

A = amplitude thermique annuelle moyenne en °C

γ = latitude en °

h = altitude en kilomètres

Un climat est continental ou semi-continental quand la continentalité pluviale (IA) est supérieure 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. Par contre, au niveau thermique, ce climat étant par nature contrasté, les amplitudes annuelles sont importantes mais, comme elles dépendent avant tout de l'importance des températures estivales, elles sont peu déterminantes pour la végétation en tant que facteur thermique. En revanche, elles jouent un rôle important dans l'accentuation de l'aridité. Un climat est continental ou semi-continental quand la continentalité pluviale (IA) est supérieure 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. Par contre, au niveau thermique, ce climat étant par nature contrasté, les amplitudes annuelles sont importantes mais, comme elles dépendent avant tout de l'importance des températures estivales, elles sont peu déterminantes pour la végétation en tant que facteur thermique. En revanche, elles jouent un rôle important dans l'accentuation de l'aridité.

7.1.2. Indice d'aridité de De Martonne (1926)

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 **I** ou **IDM** équivalant à **P/(T+10)**. 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. 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 (Tab.6).

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

P : précipitations annuelles (mm) et T : température moyenne annuelle (°C)

Tableau 2. Classification climatique selon l'indice d'aridité De Martonne

Valeur de I _{DM}		Signification
< 5	aridité absolue	désert sans culture
5 à 10	désert (aride)	désert et steppe ; aucune culture sans irrigation
10 à 20	semi-aride	formations herbacées, steppes ou savanes. Irrigation nécessaire pour les cultures exigeant de l'humidité
20 à 30	semi-humide	prairie naturelle ; irrigation généralement non nécessaire
30 à 40	humide	les arbres jouent un rôle de plus en plus grand dans le paysage
> 40	humide	la forêt est partout la formation climatique. Les cultures de céréales tendent à être remplacées par les herbages

7.1.3. Indices de Bagnouls et Gaussen (1953)

• 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 et en intensité. 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.

Pour

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.

Les diagrammes ombrothermiques des villes de Sétif, Ouagadougou et Brest (fig.24) mettent en évidence la différence de régimes climatiques avec un gradient de sécheresse estivale relativement important entre Sétif et Ouagadougou, dans le contexte méditerranéen. Tandis qu'il est absent dans le contexte climatique à Brest sous influence continental. Ces représentations ne sont que des moyennes et masquent totalement les variations interannuelles qui peuvent être localement fortes et avoir des répercussions durables sur les écosystèmes forestiers.

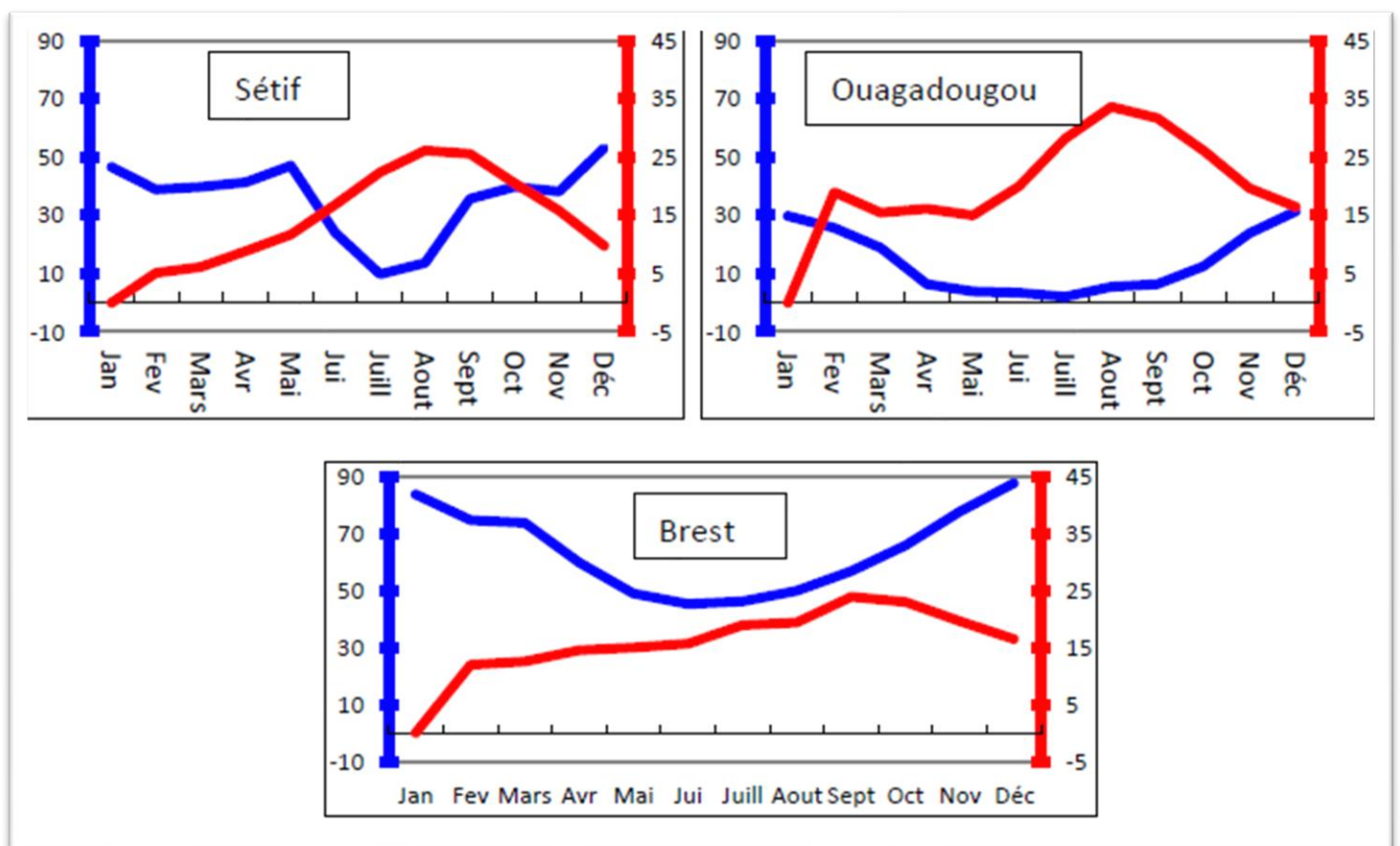


Figure 24. Diagrammes ombrothermiques de trois stations contrastées

L'emploi de l'indice xérothermique qui correspond au nombre de jours *biologiquement* secs durant la période sèche pour un endroit donné et qui fait intervenir les précipitations, l'humidité atmosphérique, la température, les brouillards et la rosée. S'échelonnant entre 0 et 365, l'indice

xérothermique s'est révélé très valable dans les régions tropicales, subtropicales et méditerranéennes

En général, il est considéré qu'un milieu est non aride lorsque cet indice est inférieur à 100, semi-aride entre 100 et 290, aride entre 290 et 350, et hyperaride entre 350 et 365.

Calcul de l'indice xérothermique X_t

$$X_t = m(x/10) - (p+b /2)$$

m : nombre de jours de la période pour laquelle l'indice est calculé

x/10 : humidité de l'air

Si

Humidité de l'air est inférieure à 40% les jours sont considérés secs => $x/10=1$

Humidité de l'air est de 40% à 60% les jours sont considérés 9/10 secs => $x/10=9/10$

Humidité de l'air est de 60% à 80% les jours sont considérés 8/10 secs => $x/10=8/10$

Humidité de l'air est sup à 80% les jours sont considérés 7/10 secs => $x/10=7/10$

p : nombre de jours de pluie pour la période concernée

b : nombre de jours de brouillard ou de rosée durant la période considérée

7.2. Régions arides dans le monde, en Afrique et au Maghreb

Les zones sèches correspondent aux zones arides, semi-arides et subhumides sèches. Dans un contexte de développement durable, le terme exclut généralement les zones hyperarides (déserts). La dégradation des terres dans les zones sèches du monde crée généralement des conditions similaires à celles du désert. En termes d'environnement, les zones sèches sont caractérisées par :

- des précipitations faibles, peu fréquentes, irrégulières et imprévisibles ;
- de grandes variations entre les températures du jour et de la nuit ;
- des sols contenant peu de matières organiques et présentant un manque d'eau ;
- une faune et une flore adaptées aux variations climatiques (résistants à la sécheresse, s'accommodant de l'eau salée et capables de supporter un manque d'eau).

Il existe différentes définitions des zones sèches. Le PNUE base sa définition sur l'indice d'aridité. À titre de comparaison, la FAO utilise la période de croissance. Ces différentes définitions entraînent différents chiffres. La plupart des 2 milliards d'habitants des zones sèches de la planète vit dans des pays en développement. Les zones sèches occupent 41,3 % de la surface de la Terre et 44 % des terres cultivées se trouvent en zones sèches. Les zones sèches accueillent 50 % du bétail mondial. Celles-ci représentent environ la moitié de l'ensemble des terres cultivées et comptent parmi les principaux habitats de la vie sauvage.

Bien qu'ils soient situés sous les tropiques, ces climats sont subtropicaux, par référence aux anticyclones subtropicaux qui les engendrent. Ils diffèrent des climats subtropicaux méditerranéens par leur aridité permanente. A In-Salah (27° de latitude N., dans le Sahara algérien), le mois le plus humide enregistre 5,1 mm d'eau, le total annuel étant de 15,2 mm. Outre ce caractère, ils possèdent

celui d'être chauds. La chaleur est liée à l'intensité de la radiation solaire (In-Salah : année, 25 °C, juillet 36,7 °C), qui dépend elle-même de la limpidité de l'air et aussi d'un net appui des régions considérées en direction des basses latitudes. Les contrastes thermiques saisonniers (23,4 °C à In-Salah) et aussi diurnes peuvent cependant être saisissants. Après une journée torride, le gel est possible dans la nuit du fait de l'importance du rayonnement nocturne dans un air sec et sans nuages (Sahara). Ce type climatique est médiocrement représenté en Amérique, où les terres sont étroites aux basses latitudes et où il subit de fortes altérations azonales (reliefs méridiens et courants froids). Il est mieux établi en Afrique australe (Kalahari et désert de Namib, qui s'étire en façade maritime, en accord avec le courant froid de Benguela). Mais, surtout, il s'exprime avec une ampleur exceptionnelle en Australie, en Afrique boréale et en Asie occidentale (Sahara, péninsule Arabique, auxquels on peut adjoindre le désert de Thar). Le Sahara, le désert le plus impressionnant du globe, s'étend de l'Atlantique (influence du courant des Canaries) à la mer Rouge. Sur une grande partie de sa surface, les pluies ne dépassent pas 50 mm dans l'année. Au centre et dans l'est, les totaux moyens sont inférieurs à 5 mm (désert absolu). En accord avec les saisons des latitudes encadrantes, les pluies d'hiver et d'automne dominant du côté de la mer Méditerranée. Ce sont les pluies d'été qui l'emportent en bordure de la zone tropicale humide. Par ailleurs, si au cœur des hautes pressions le temps est généralement calme, il devient plus turbulent aux frontières (le sirocco, qui sévit sur l'Afrique du Nord et est attiré par les dépressions frontales méditerranéennes, vient du désert). Le désert australien, le plus vaste après celui du Sahara, est plus profondément affecté par les processus marginaux.