

## LES EXTREMES CLIMATIQUES

### Chaleur excessive et Grand froid, Sécheresse et Inondations

La variabilité naturelle du climat se traduit souvent par des conditions climatiques extrêmes et des catastrophes. Sur une échelle temporelle exprimée en jours, mois et années, la variabilité météorologique et climatique peut produire des vagues de chaleur, périodes de gel, inondations, sécheresses, orages violents et autres.

#### -Vagues de chaleur et canicules

On parle de **vague de chaleur** lorsqu'on observe des températures anormalement élevées pendant plusieurs jours consécutifs. Il n'existe pas de définition universelle du phénomène : les niveaux de température et la durée de l'épisode qui permettent de caractériser une vague de chaleur varient selon les régions du monde et les domaines considérés (caractérisation d'un point de vue climatologique, activité de recherche, dispositif de vigilance météorologique).

**Une canicule** est un épisode de températures élevées, de jour comme de nuit, sur une période prolongée. Dans le cadre de la vigilance météorologique, le dispositif d'information sur les phénomènes météorologiques dangereux, on tient en effet compte du caractère exceptionnel des températures nocturnes. Lorsque celles-ci sont élevées pendant plusieurs jours consécutifs, le risque de mortalité augmente chez les personnes fragiles. La canicule, comme le grand froid, constitue en effet un danger pour la santé de tous.

#### - Vagues de froid

C'est un épisode de temps froid caractérisé par sa persistance, son intensité et son étendue géographique. L'épisode dure au moins deux jours. Les températures atteignent des valeurs nettement inférieures aux normales saisonnières de la région concernée. Le grand froid, comme la canicule, constitue un danger pour la santé de tous.

Les périodes de grand froid sont à l'origine d'autres phénomènes météorologiques aux effets dangereux. La neige et le verglas se forment par temps froid et peuvent affecter gravement la vie quotidienne en interrompant la circulation routière, ferroviaire ou encore aérienne.

#### Les épisodes de grands froids marquants

Les climatologues identifient des périodes de froid remarquables en tenant compte des critères suivants : l'écart aux températures moyennes régionales, les records précédemment enregistrés, l'étendue géographique et la persistance d'un épisode de froid

Mais d'où viennent ces phénomènes météorologiques extrêmes ? D'une perturbation des courants atmosphériques provoquée par le **réchauffement climatique**, selon les travaux de climatologues .

Des climatologues ont déterminé le mécanisme des phénomènes météorologiques extrêmes. Les dernières sécheresses, vagues de chaleur ou de froid connues résultent d'une perturbation des courants atmosphériques due au réchauffement climatique.

Précisément, les travaux révèlent que ces phénomènes dévastateurs résultent tous de la même perturbation des courants atmosphériques autour du globe dans l'hémisphère nord, qui sont affectés par le réchauffement résultant des émissions de gaz à effet de serre provenant des activités humaines.

**Une situation climatique extrême correspond à un écart significatif par rapport à l'état normal du système climatique, qu'elle ait ou non un impact effectif sur la vie ou l'écologie de la planète.** Lorsque les conditions climatiques extrêmes ont de graves incidences néfastes sur le bien-être de l'humanité, on parle de catastrophe climatique. Dans certaines régions du monde, les catastrophes climatiques se produisent si fréquemment qu'on peut les considérer comme la norme.

Les événements extrêmes constituent pour les sociétés un temps de crise durant lequel leur fonctionnement est altéré. Les tempêtes ou les inondations s'accompagnent bien souvent de destructions matérielles importantes (ponts, moulins, maisons, ouvrages de défense, ...). Ils conduisent à appréhender les modes de gestion du risque et de réduction de la vulnérabilité.

**L'analyse des événements extrêmes**

Les événements climatiques extrêmes constituent le second volet de la recherche en histoire du climat. En effet, ceux-ci peuvent avoir d'importantes répercussions d'ordre économique, politique, sociale et sanitaire sur la vie des sociétés. Ainsi au-delà de l'analyse de la période de retour des événements extrêmes, il s'agit à partir des informations glanées dans les archives d'évaluer leur intensité en fonction des dommages et de l'espace touché. Pour ce faire plusieurs grilles indicielles ont été établies.

**Les grilles indicielles**

*- Les inondations*

**La grille indicielle** mise en œuvre par Emmanuel Garnier permet de qualifier ces phénomènes. L'objectif est de distinguer les épiphénomènes limités à un territoire, des événements majeurs dont les effets s'inscrivent dans une dimension spatiale et économique de grande ampleur.

| <b>Tableau 1 : Méthode indicielle pour les inondations (E. Garnier)</b> |   |
|---|---|
| Indice  | Description   |
| 5   | Événement exceptionnel par son impact géographique et économique, pertes humaines, émeutes, disette |
| 4   | Gros dommages (terres et bâtiments)   |
| 3   | Dommages conséquents (terres et bâtiments ; Inondations localisées                                  |
| 2   | Quelques dommages (surtout agricoles) ; Inondations localisées                                      |
| 1   | Mention dans les sources, peu de dommages ; Inondations très localisées                             |
| -1  | Mention dans les sources, Informations insuffisantes  |

Les indices s'échelonnent de -1 à 5. Le plus faible correspond aux inondations pour lesquelles les sources ne permettent pas d'évaluer l'ampleur du phénomène. Les indices 1 et 2 sont attribués aux phénomènes mineurs. Pour les deux suivants, 3 et 4, les dommages apparaissent conséquents avec la destruction des infrastructures fluviales (ponts, moulins, pêcheries) et des bâtiments. À partir de l'indice 4, plusieurs villes ou bassins versants sont touchés par les débordements. Les phénomènes d'indice 5 se caractérisent par une intensité exceptionnelle avec des conséquences économiques et sociales durables pour les hommes et les territoires.

*- Les sécheresses*

Second extrême hydrologique particulièrement redouté par les populations, les sécheresses se caractérisent par une baisse notable des précipitations. Leur durée et leur intensité peuvent avoir des effets aussi bien sur l'agriculture que sur le niveau des eaux et donc sur les communications fluviales et la salubrité urbaine. Ainsi de la même manière que pour les inondations, les sécheresses peuvent être évaluées sous la forme d'indices.

| <b>Tableau 2 : Méthode indicielle de sévérité des sécheresses (J. Desarthe)</b> |   |                          |
|---|---|--------------------------|
| Indice  | Descriptions  | Type de sécheresse       |
| 5   | Sécheresse exceptionnelle (pas d'approvisionnement en eau possible, récoltes compromises, impacts sanitaires, cherté, émeutes...) | Sécheresse hydrologique  |
| 4   | Étiage sévère (navigation impossible, chômage, tentative de captation d'eau)  | Sécheresse hydrologique  |
| 3   | Baisse générale des cours d'eau et des réserves en eau  | Sécheresse phréatique    |
| 2   | Baisse localisée des cours d'eau, premiers effets sur la végétation   | Sécheresse édaphique     |
| 1   | Absence de précipitations   | Sécheresse atmosphérique |
| -1  | Informations qualitatives et quantitatives insuffisantes  |                          |

Dans un premier temps, l'absence de précipitations entrave essentiellement la bonne croissance de la végétation. Ensuite à l'indice 3, les ressources en eaux diminuent. Dans les villes, les puits se tarissent posant alors le problème d'un approvisionnement pour les populations. Aux indices 4 et 5, la navigation fluviale devient impossible. Le chômage des moulins empêche la production de farine. Les prix du pain augmentent fortement et sont susceptibles de conduire à de vives tensions sociales. La baisse de ressources en eaux ne tarde pas à occasionner des problèmes sanitaires importants à l'origine de maladies comme la dysenterie.

## La Sécheresse

On parle de sécheresse quand le déficit hydrique n'est pas propre au climat de la zone et quand il dure suffisamment longtemps pour être dommageable.

-La sécheresse est un phénomène naturel complexe et ne dispose pas d'une définition précise. Ainsi, elle se manifeste uniquement par certains indices et paramètres dont plusieurs chercheurs ont essayé de les identifier. En effet, ces indices permettent d'identifier les différents types de sécheresse (météorologique, agricole et hydrologique), son intensité, sa durée, son étendue spatiale et sa probabilité de récurrence. La plupart de ces indices sont fondés sur deux concepts à savoir : l'année normale, et le seuil qui indique la sécheresse.

-Une sécheresse est une période prolongée caractérisée par un déficit de précipitations ayant de graves répercussions sur l'agriculture et les ressources en eau.

Une même intensité de sécheresse peut avoir, selon les régions et leurs vulnérabilités, des conséquences fort diverses.

- La sécheresse est un épisode de manque d'eau plus ou moins long mais suffisant pour que les sols et la flore soient affectés. Ce phénomène peut être cyclique ou bien exceptionnel et peut affecter une zone localisée comme un sous-continent entier.

Suivant les régions du monde et leurs ressources en eau, la définition de l'état de sécheresse varie. En France, on considère qu'il y a *sécheresse absolue* lorsqu'il n'y a pas une [goutte](#) de pluie (moins de 0,2 mm par jour) pendant 15 jours consécutifs.

On distingue trois types de sécheresse suivant les situations :

- La sécheresse météorologique ou atmosphérique, liée à la pénurie de [précipitations](#) sur une période donnée ;
- La sécheresse agricole, qui est fonction du taux d'humidité du sol à un mètre de profondeur. Cette sécheresse dépend des précipitations, mais aussi de la nature du sol, des pratiques culturales et du type de plante. Ce type de sécheresse a des effets marquants sur la végétation ;
- La sécheresse hydrologique se produit quand les réserves en eau des sols ([aquifères](#)) et les cours d'eau tombent en dessous de la moyenne. Cela peut être dû à une sécheresse météorologique particulièrement longue et intense, mais aussi à une surexploitation des ressources en eau.

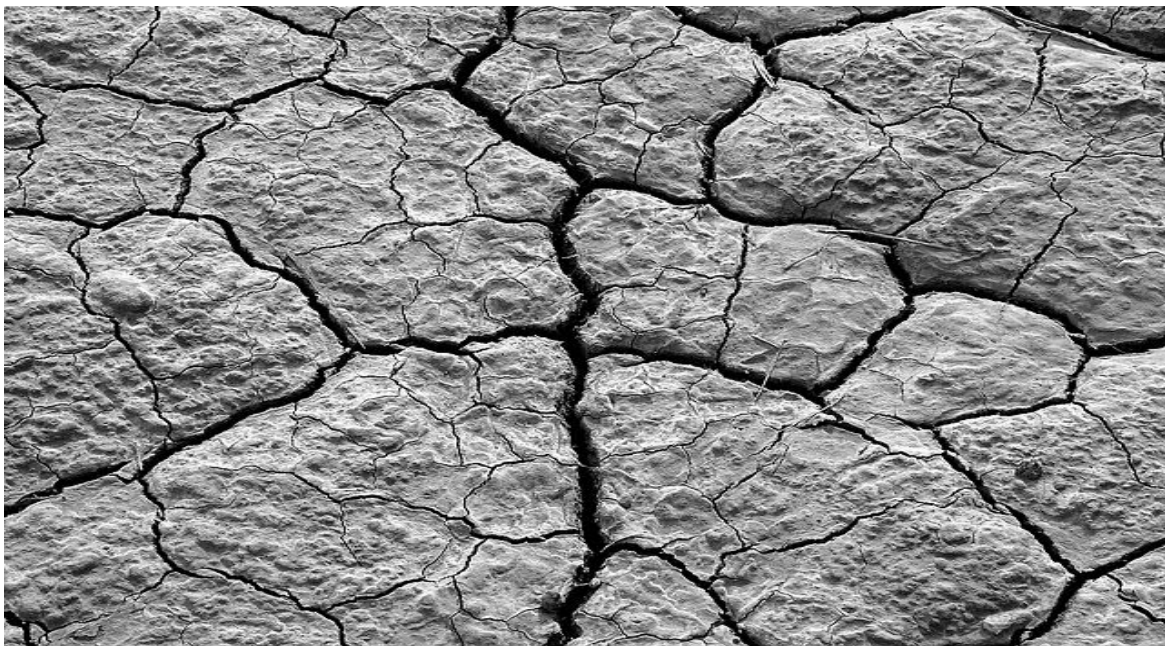
Il faut faire la différence entre **sécheresse et aridité**. L'**aridité** est due à la faiblesse des précipitations moyennes ou à la rareté de l'eau naturelle disponible. Dans ce cas, le manque de pluie est une caractéristique permanente du climat de la zone. Il s'agit généralement de régions où la pluie est rare et les températures sont élevées.

Un autre processus relié à la sécheresse, mais qui ne doit pas être confondu avec elle, est la désertification. La **désertification** est le processus par lequel les terres productives arides et semi-arides deviennent des terres économiquement improductives. Différents facteurs sont à l'origine de ce processus : la culture excessive, le surpâturage ou le déboisement.

*Selon l'Organisation météorologique mondiale (OMM), de 1967 à 1991, 1,4 milliards de personnes ont été affectées par les sécheresses et 1,3 milliards en sont mortes de causes directes ou indirectes. Selon certains scénarios des changements planétaires, l'occurrence et l'impact des sécheresses risquent d'augmenter dans les années à venir.*

## **Conséquences de la sécheresse**

Une sécheresse persistante peut ruiner la production agricole d'une région, réduire la production hydroélectrique, entraîner des incendies de prairies ou de forêts, stopper la navigation fluviale, provoquer des pénuries d'eau potable et même, dans les cas extrêmes, déclencher un exode.



**La sécheresse provoque l'apparition de craquelures caractéristiques sur les sols.**

## **Evaluation de la sécheresse :les indices**

Un indice de [sécheresse](#) détermine une valeur numérique liée à certains effets cumulatifs d'un déficit en eau prolongé et anormal.

En [hydrologie](#), un indice de sécheresse concerne les niveaux des [cours d'eau](#), des [lacs](#) et des [réservoirs](#), comparés à leurs valeurs moyennes.

En agriculture, il doit se rapporter aux effets cumulatifs d'un déficit de transpiration absolu ou anormal.

## **Il existe différents indices pour évaluer la sécheresse**

**1/L'indice de secheresse de Palmer Ou PDSI (Palmer Drought Severity Index).** Indice imaginé par Wayne Palmer (États-Unis) en 1965 mesurant la sécheresse d'une région et prenant en compte à la fois les quantités d'eau apportées (par les précipitations et par les cours d'eau) mais aussi la manière dont elle est absorbée. C'est un principe d'offre et de demande, qui fait intervenir par exemple l'humidité des sols et l'évapotranspiration.

L'indice s'obtient à l'aide d'un algorithme intégrant ces différents paramètres. On obtient un nombre positif (climat humide), négatif (sécheresse) ou nul, entre -4 et +4.

**Tableau des indices de sécheresse de Palmer, de +4 (extremely wet, extrêmement humide) à -4 (extreme drought, sécheresse extrême). © DR**

| Palmer Classifications |                     |
|------------------------|---------------------|
| 4.0 or more            | extremely wet       |
| 3.0 to 3.99            | very wet            |
| 2.0 to 2.99            | moderately wet      |
| 1.0 to 1.99            | slightly wet        |
| 0.5 to 0.99            | incipient wet spell |
| 0.49 to -0.49          | near normal         |
| -0.5 to -0.99          | incipient dry spell |
| -1.0 to -1.99          | mild drought        |
| -2.0 to -2.99          | moderate drought    |
| -3.0 to -3.99          | severe drought      |
| -4.0 or less           | extreme drought     |

**2/L' Indice de l'écart à la moyenne (Em) ou indice de sécheresse(IS) :** Il permet d'estimer le déficit pluviométrique annuel. Cet écart à la moyenne est la différence entre la hauteur de précipitations d'une année  $P_i$  et la hauteur moyenne annuelle de précipitations  $P$  de la série. La formule est :

$$IS = P_i - P$$

*(P<sub>i</sub>) : hauteur de précipitation annuelle, (P<sub>m</sub>) : hauteur moyenne annuelle de précipitation*

l'indice est positif pour les années humides et négatif pour les années sèches. C'est l'indice le plus simple et le plus utilisé ,Il peut également se formuler de cette façon

- On parle d'année déficitaire quand la pluie est inférieure à la moyenne, et d'année excédentaire quand la moyenne est dépassée. Cet indice permet de visualiser et de déterminer le nombre d'années déficitaires et leur succession.

**3/. Indice de pluviosité (Ip)**

C'est le rapport de la hauteur de précipitation d'une année à la hauteur moyenne annuelle de précipitation de la série.

$$I_p = P_i/P_m$$

Une année est dite humide si ce rapport est supérieur à 1 et sèche s'il est inférieur à 1.

Le cumul des indices d'années successives permet de dégager les grandes tendances en faisant abstraction des faibles fluctuations d'une année à l'autre. Quand la somme des indices croît, il s'agit d'une tendance « humide », et dans le cas contraire, lorsque la somme des indices décroît, la tendance est de type « sèche ».

#### **4 .Indice de déficit pluviométrique (Indice de l'écart à la normale (En))**

Pour situer une pluviométrie dans une longue série de relevés pluviométriques, on utilise l'écart proportionnel à la moyenne. Il s'exprime par la formule suivante :

$$IDP (\%) = (P_i - P_m)/P_m \times 100$$

- ⊙ IDP : Indice de déficit pluviométrique (en pourcentage).
- ⊙ P<sub>i</sub> : précipitation annuelle (en mm).
- ⊙ P<sub>m</sub> : précipitation moyenne (en mm).

Cet indice permet de visualiser et de déterminer le nombre des années déficitaires et leur succession. Une année est qualifiée d'humide si cet indice est positif, de sèche lorsqu'il est négatif.

De même que l'indice de pluviosité, le cumul des indices d'années successives permet de dégager les grandes tendances. Quand la somme des écarts croît, il s'agit d'une tendance humide, et inversement, lorsque la somme des écarts décroît, la tendance est de type « sèche ».

#### **5 . Indice pluviométrique standardisé (IPS)**

L'indice standardisé de précipitation « SPI » (*standardised precipitation index*) a été développé en vue de caractériser les déficits de précipitation pour une période donnée. Il reflète l'impact de sécheresse sur la disponibilité des différentes ressources en eau. Cet indice est calculé surtout lorsque la précipitation n'est pas normalement distribuée. Il est exprimé mathématiquement comme suit :

$$SPI = (P_i - P_m)/\sigma$$

- ⊙ p<sub>i</sub> = Moyenne inter-annuelle (mm)
- ⊙ p<sub>m</sub> = Moyenne de la série (mm)
- ⊙ sigma = Ecart type de la série (mm)

On effectue une classification de la sécheresse suivant les valeurs des SPI (La sécheresse est modérée quand les valeurs d'SPI sont comprises entre 0 et -1.5, elle est sévère quand cet indice est compris entre -1.5 et -2, au delà de -2 la sécheresse est considérée comme extrême.)



**Le monde a connu des phénomènes climatiques extrêmes à fort impact pendant la décennie 2001-2010, la plus chaude qui ait été constatée depuis le début des mesures systématiques, en 1850. Faisant suite à une longue période caractérisée par un réchauffement prononcé du climat, cette décennie a vu plus de records nationaux de température battus que n'importe quelle autre décennie précédente, selon un nouveau rapport publié par l'Organisation météorologique mondiale (OMM).**

C'est entre 2001 et 2010 que des records de chaleur nationaux ont été enregistrés dans environ 44% des pays sondés, et entre 1991 et 2000 dans 24% d'entre eux. À l'inverse, alors que dans près de 32% des pays sondés, les records de froid remontent à la période 1961-1970, ce pourcentage n'est plus que de 11% en ce qui concerne la décennie 2001-2010.

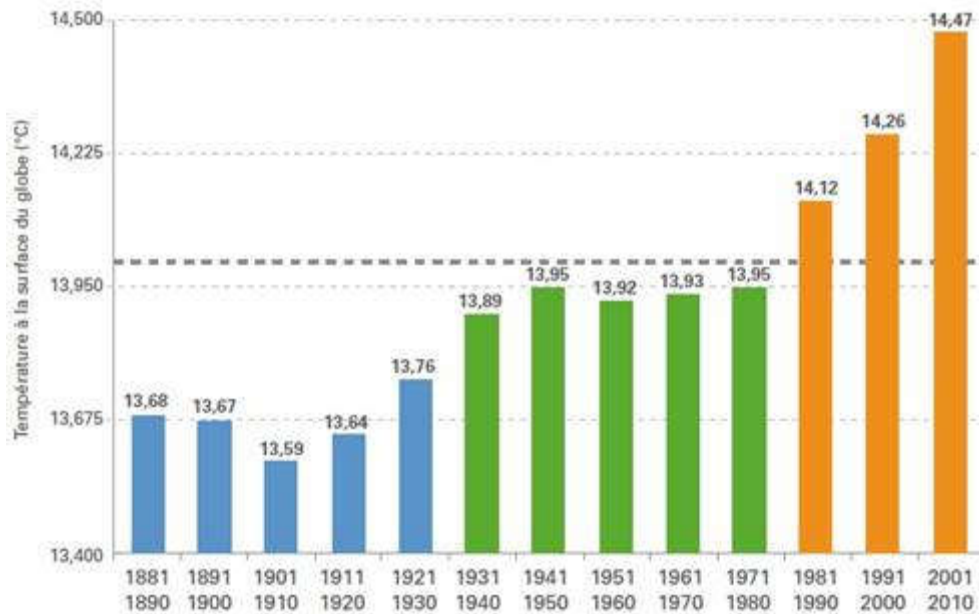
**Précipitations et inondations:** La décennie 2001-2010 se classe au deuxième rang des plus arrosées depuis 1901, et 2010 est l'année la plus pluvieuse qui ait été enregistrée à l'échelle du globe depuis le début des relevés instrumentaux.

Les précipitations ont été supérieures à la normale un peu partout dans le monde pendant cette décennie. L'est des États-Unis d'Amérique, le nord et l'est du Canada et de nombreuses régions d'Europe et d'Asie centrale ont connu des précipitations particulièrement abondantes.

D'après les données dont dispose l'OMM, les inondations représentent **le phénomène extrême le plus fréquemment observé tout au long de la décennie**. L'Europe orientale a été particulièrement touchée en 2001 et 2005, l'Inde en 2005, l'Afrique en 2008, l'Asie (en particulier le Pakistan où 20 millions de personnes ont été sinistrées et 2 000 ont trouvé la mort) en 2010 et l'Australie également en 2010.

Les sécheresses touchent plus de personnes que n'importe quelle autre catastrophe naturelle vu qu'elles surviennent à grande échelle et qu'elles ont un caractère persistant. Toutes les régions du monde en ont subi les effets entre 2001 et 2010. Des sécheresses persistantes et particulièrement dévastatrices ont frappé l'Australie (notamment en 2002), l'Afrique de l'Est (en 2004 et 2005, entraînant des pertes en vies humaines à grande échelle) et le bassin de l'Amazonie (en 2010), avec des conséquences néfastes pour l'environnement.





## COMMENT DÉFINIR UNE SÉCHERESSE ?

Les climatologues distinguent trois types de sécheresse.

- La sécheresse absolue se réfère généralement au climat et correspond à une période prolongée durant laquelle aucune précipitation mesurable n'est tombée (notion "d'aridité" des climats désertiques par exemple).
- La sécheresse hydrologique correspond à une période pendant laquelle les nappes phréatiques et le débit des cours d'eau sont affectés.
- La sécheresse agricole (ou "édaphique") se réfère au sol et aux effets sur les êtres vivants. Elle correspond aux conditions pour lesquelles la hauteur et la distribution des pluies, les réserves en eau du sol et les pertes par évapotranspiration provoquent, en conjuguant leurs effets, un dysfonctionnement. Ce concept de sécheresse "édaphique" implique donc un effet négatif et, dans le cas des végétaux, on parlera généralement de "stress hydrique" et de perte de rendement, de vitalité, de réduction de croissance voire de mortalité. C'est le concept le plus important pour le gestionnaire car de nombreuses études ont montré que cette sécheresse "édaphique", estimée à partir des calculs de bilan hydrique, joue un rôle fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes forestiers (Bréda et al., 2004 ; Lebourgeois, 2005).

## Les indices bioclimatiques : une manière simple d'appréhender le niveau de la sécheresse "atmosphérique"

La recherche d'indices bioclimatiques permettant de caractériser le plus simplement possible le niveau de sécheresse ou d'aridité d'un lieu ou d'un climat a été une préoccupation importante de la communauté scientifique dans la première moitié du XXe siècle (Curé, 1945). Plusieurs indices ont été élaborés en combinant généralement des données de précipitations (P) et un estimateur du pouvoir évaporant (E) de l'atmosphère. Selon les cas, les auteurs ont envisagé les rapports  $P/E$  ou  $(P-E)/E$  ou encore la différence  $(P-E)$ . En l'absence de données précises quant à l'évaporation (E) ou encore au déficit de saturation de l'air, c'est la température (T) qui a été le plus fréquemment utilisée (Coutagne, 1939). Ces indices prennent en compte les moyennes ou les sommes mensuelles ou annuelles des valeurs

de P et T, et ne sont généralement valides qu'à l'échelle d'un grand territoire. De fait, ils masquent totalement la fréquence et l'intensité des phénomènes extrêmes. Le tableau I (pp. 336-337) présente une liste non exhaustive des différents indices bioclimatiques trouvés dans la littérature et utilisables dans les études écologiques.

Seuls les indices ou les formules les plus utilisés sont présentés plus en détails dans les paragraphes suivants.

• *Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls*

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 (Gaussen et Bagnouls, 1952). Un mois donné est considéré comme sec quand  $p < 2t$ , c'est-à-dire quand les pertes en eau (supposées causées par une température trop forte) sont supérieures aux apports (précipitations). Inversement, quand  $p > 2t$ , le mois est considéré comme humide. Pour repérer les mois "secs" et "humides" et mettre en évidence les périodes de sécheresse d'une localité, on trace généralement le diagramme ombrothermique. Ce diagramme superpose 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)