

ANALYSE CLIMATIQUE

par : Mr. DAHBI Abdelaziz
Dr. Sc. CNER

I • Introduction

Dans le domaine routier, le facteur climatique joue un rôle très important aux stades des études de conceptions et de dimensionnement ainsi que de la construction et de la vie de l'ouvrage sous les aspects du drainage, teneur en eau des sols et matériaux érosion, choix des matériaux et des liants, etc...

Les facteurs principaux qui caractérisent le climat sont : la pluviométrie, la température, l'insolation, l'évapotranspiration. La combinaison de ces facteurs détermine un régime climatique.

Au Maroc on peut distinguer plusieurs zones climatiques ; climats sub-humide, semi-aride et aride. Il semble que ces zones soient mal connues. Actuellement le catalogue de structure limite les zones climatiques en deux : zones aride et non aride. Cette définition est donnée sans aucun appui d'étude climatologiques des données existants. Les zones sont réparties sur une carte à très petite échelle délimitant approximativement ces zones et laisse l'initiative à l'ingénieur pour ranger l'itinéraire dans celle « qui lui paraîtra le mieux convenir ». Nous estimons, sachant le grand intérêt de l'étude, qu'une définition précise des zones climatiques du Maroc est un sujet indispensable à connaître avant toute initiative de définition d'une conception de chaussée.

II • Méthodologie :

Pour réaliser ce travail nous avons pris appui sur les trois tomes des ressources en eau du service géologique du Maroc et sur les données climatologiques de plus de 200 stations de telle façon d'avoir une couverture générale du territoire national. Nous avons gardé la répartition, la numération et le découpage par bassins hydrogéologiques du service de la géologie pour pouvoir s'appuyer sur la bibliographie hydrogéologique analytique.

Pour l'étude des zones climatiques on procède comme suit :

- Recueil du maximum des données climatologique
- Traitement informatique et calcul des différents indices de classification
- Elaboration de différents cartes climatologiques
- Confrontation des cartes avec les bassins hydrogéologiques.

Vu le volume des données que nous avons pu réunir le traitement a été fait sur l'ordinateur du centre Hp 1.000/45.

III • Classifications climatiques :

L'estimation des données climatiques :

Température, Pluviométrie, Evaporation, Evapotranspiration, permet de définir le type de climat fut abordée par de nombreux climatologues qui ont proposé divers systèmes basés sur la combinaison des paramètres et des indices climatiques.

1—Classification d'après thornthwaite C.W. :

La classification de Thornthwaite C.W. (1948) est basée sur le calcul de l'évapotranspiration potentielle et de quatre indices calculés selon les équations suivantes :

$$I_h (\text{indice d'humidité}) = \frac{100 s}{n}$$

$$I_m (\text{indice d'humidité global moyen}) I_m = \frac{100 s - 60 d}{n}$$

I_d (efficacité thermique, concentration estivale de l'efficacité thermique)

$$S_c = \frac{\text{P.E.T. estivale}}{\text{P.E.T. annuelle}}$$

avec :

S : Surplus d'eau annuelle

s : Déficit en eau annuel

n : Besoin en eau

E.T.P. : évapotranspiration

La détermination de l'indice d'aridité a été modifiée par Thornthwaite C.W. et Mathes J.R. en 1957 par l'introduction d'une méthode de calcul au bilan hydrique.

Les paramètres climatiques sont calculés selon un programme électronique, ainsi que les paramètres complémentaires introduits par Vernemmen C. (1969). Celui-ci a également préconisé une subdivision poussée des climats semi-arides et arides.

Pour la définition du climat, les paramètres suivants sont calculés :

E.T.P. : évapotranspiration potentielle

en mm

E.T.R : évapotranspiration réelle

en mm

D.R.C. :	déficit potentielle	en mm
D :	déficit en eau	en mm
S :	surplus d'eau	en mm
R :	eau disponible en fin d'année ou réserve cumulée	en mm

2—Classification d'après Koppén W :

L'auteur définit, vers 1936, cinq types climatiques d'après les températures moyennes mensuelles extrêmes et leurs variations saisonnières. Cette classification établie à l'échelle mondiale ne permet toujours pas de distinguer les sous-types climatiques ni l'influence océanique ni celle de la continentalité ou de l'altitude. Cette méthode préconisée par KOPPEN est inductive et empirique et néglige les valeurs des évapotranspirations, de l'insolation... (TAVERNIER R.)

3—Classification d'après de MARTONNE E. :

Dès 1923, DE MARTONNE conçoit un indice d'aridité calculé selon l'équation suivante :

$$A = \frac{P}{T + 10}$$

où :

P : est la hauteur annuelle des précipitations

T : est la température moyenne annuelle.

Cette équation fut modifiée ultérieurement par les élèves de DE MARTONNE par l'équation suivante, exprimant l'aridité mensuelle soit :

$$A = \frac{12 P}{T + 10}$$

La combinaison empirique des paramètres thermiques et pluviométriques (moyennes annuelles) ne tient pas compte ni de la répartition des pluies au cours de l'année, ni de l'évapotranspiration réelle.

4—Classification d'après BOUGNOULS G. et GAUSSEN H. :

Cette classification est basée sur les variations mensuelles des précipitations, des températures et des indices xérothermiques.

Si les précipitations, exprimées en millimètres, sont inférieure au double de la température exprimée en degrés centigrades le mois est dit « biologiquement sec ».

L'indice xérothermique désigne le nombre de jours secs observés pendant les mois secs ; cet indice peut être estimé selon l'équation suivante :

$$X_m = N(n + L/2)h$$

où

N : est le nombre de jours mensuels

n : est le nombre de jours brouillards et de rosée pendant la même période

h : le degré hygrométrique moyen du mois considéré

Le système de classification de BAGNOULS et de GAUSSEN, appliqué en Afrique du Nord, présente l'avantage d'être simple et explicite, ceci du fait que la présentation des paramètres climatiques sous forme de diagramme ombrothermique, situe les variations mensuelles des quantités de pluies et de chaleur d'une station donnée et donnent une image réelle de la période « biologiquement sèche » estivale.

Cependant, les critiques faites aux précédentes méthodes de classification sont valables pour ce système qui ne tient compte que d'une façon approximative de l'évapotranspiration réelle ou bilans hydriques des sols que pour celle des relations liants la végétation au climat.

5—Classification d'après EMBERGER L. :

Les étages bioclimatiques sont définis d'après les valeurs des quotients pluviométriques calculés (QE) et des températures minimales (m) du mois le plus froid. Le coefficient (QE) d'EMBERGER est calculée d'après l'équation suivante :

$$QE = \frac{1000 P}{M + m \cdot (M - m)}$$

où

P : précipitations moyennes annuelles en mm

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid

Le diagramme climatique établi par SAUVAGE ch. (1963) d'après les valeurs de m et les valeurs du coefficient QE situe les principaux étages et sous étages bioclimatiques correspondant aux principaux types de végétation ou espèces climat du Maroc.

Cependant, quelle que soit la relation liant le climat actuel au développement des types de végétations ou aux espèces « climat » le système de classification d'EMBERGER L. (1952 - 1955) ne fait pas ressortir les fluctuations climatiques mensuelles ou annuelles partout sur les variations des intensités et les fréquences des pluies et des amplitudes thermiques mensuelles, journalières et diurnes, ni de l'évapotranspiration.

6—Calcul de l'évapotranspiration potentielle (E.T.P.)

6.1. Calcul selon PENMAN :

Ce calcul est basé sur la détermination de l'évapotranspiration de référence (ET₀) qui s'exprime par la formule suivante :

$$ET_0 = c [W.R_n + (1 - W) f(u).(e_a - e_d)]$$

où, $e_a - e_d$: est la différence entre la tension de la vapeur saturée à la température ambiante et la tension réelle. La valeur e_a est connue en fonction de la température tandis que e_d peut être calculée à partir de l'humidité relative Hr.

W : est un facteur de correction en fonction de l'altitude et la température.

R_n : est le rayonnement total par jour. Il peut être déterminé à partir de la position géographique du milieu, la durée d'ensoleillement et la pression e_d .

$f(u)$: est un facteur fonction du vent

C : un facteur de correction des vitesses diurne et nocturne

6.2. Calcul selon la méthode du rayonnement :

L'évaporation peut être aussi calculée à partir du rayonnement déterminé par la méthode Penmen (R_s) par la formule suivante :

$$ET_0 = c [W.R_s]$$

où

c : facteur d'ajustement en fonction de l'humidité relative et la vitesse du vent.

6.3. Calcul selon la méthode du bac

Si on connaît l'évaporation mesurée dans un bac de classe A en utilisant un facteur K_b qui tient compte de la région de l'implantation du bac on peut aussi déterminer l'évapotranspiration :

$$ET_0 = K_b \cdot E_{bac}$$

IV • Approche utilisée pour la classification

D'après les formules citées ci-avant on voit que le calcul exige un grand nombre d'information :

- Température
- Ensoleillement - Rayonnement
- Vitesse du vent
- Humidité relative
- Evaporation

En général les stations météorologiques du Maroc ne sont pas toutes équipées pour donner toutes les informations nécessaires. Lors de l'exploitation des informations nous avons calculé l'évapotranspiration potentielle pour les stations donnant tous les paramètres nécessaires. Dans les autres cas nous avons appliqué un calcul approximatif selon la méthode de THORNTWAITE. Un exemple de sortie de calcul pour une station est donné ci-joint.

On connaît que tant que l'eau emprisonnée dans le sol est en

qualité suffisante l'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle et décroît avec la diminution de l'eau dans le sol.

Si on peut calculer pour chaque station et chaque mois la précipitation moyenne (P) et l'évapotranspiration moyenne (E) on en déduit **l'eau disponible dans le sol (D)**

$$D_i = P_i - E_i$$

Ainsi, nous avons calculé pour chaque station et chaque mois :

- la quantité d'eau disponible dans le sol
- la période pour laquelle le sol s'humidifie
- et la moyenne mensuelle de l'eau dans le sol

Cette approche nous a permis d'étudier trois cartes supplémentaires en fonction de ces résultats.