

# ÉTUDE BIOCLIMATIQUE DE L'ARCHIPEL DES CANARIES

PAR

J. J. DE GRANVILLE

## SOMMAIRE

### INTRODUCTION

#### 1. LE MACROCLIMAT DES ILES CANARIES

##### 1.1. *Les facteurs hydrique et thermique*

###### 1.1.1. Les précipitations

###### 1.1.2. La température

###### 1.1.3. Les expressions combinées de la température et de la pluviosité et l'identification précise des types de climats :

###### a) La méthode de Thornthwaite

###### b) La méthode d'Emberger

###### c) Comparaison des deux méthodes

##### 1.2. *Les autres facteurs climatiques*

###### 1.2.1. Pressions et vents

###### 1.2.2. L'hygrométrie

###### 1.2.3. Durée du jour

###### 1.2.4. Courants marins

##### 1.3. *Comparaison avec les autres archipels macaronésiens*

#### 2. LES CLIMATS LOCAUX

##### 2.1. *Rôle de l'altitude*

###### 2.1.1. Précipitations

###### 2.1.2. Hygrométrie

###### 2.1.3. Température

###### 2.1.4. Les variations du quotient pluviothermique d'Emberger et la durée de la saison sèche

##### 2.2. *Rôles de la latitude et de la longitude*

###### 2.2.1. Latitude

###### 2.2.2. Longitude

##### 2.3. *Rôle de l'exposition*

#### 3. LES MICROCLIMATS

#### 4. CONCLUSIONS

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

\* Botaniste, Centre O.R.S.T.O.M. de Cayenne, B.P. n° 165, Cayenne (Guyane française).

## RÉSUMÉ

*L'auteur traite du climat des Canaries à des échelles successivement décroissantes (macroclimat, climats locaux, microclimats) et ne manque pas d'insister, à chaque fois que cela est nécessaire, sur ses conséquences biologiques (physionomie de la végétation).*

*Le macroclimat des Canaries, à pluviosité médiocre ou nulle automnale et hivernale, à température moyenne annuelle élevée mais de faible amplitude, se rattache au groupe méditerranéen ou, exceptionnellement, désertique. L'étude détaillée des expressions combinées de la température et de la pluviosité (quotient pluviothermique d'EMBERGER, calcul des bilans d'eau selon la méthode de THORNTHWAITE) dénote une saison des pluies insignifiante, un déficit hydrique important, un caractère constant « hiver chaud » du climat côtier des îles. Les autres facteurs climatiques (pressions et vents – prédominance de l'alizé du N-E –, hygrométrie, durée du jour, courants marins) font l'objet d'un court exposé. De la comparaison des différents archipels macaronésiens, il ressort que seul celui du Cap Vert appartient au domaine tropical, les autres (Canaries, Madère, Açores) ayant tous un climat de type méditerranéen.*

*Les climats locaux sont principalement fonction de l'exposition (alizé) et de l'altitude : à partir du plafond nuageux qui persiste sur les versants nord des îles montagneuses, on peut mettre en évidence, vers le haut et vers le bas, un double gradient de pluviosité décroissante. Il en résulte une stratification remarquable des groupements végétaux.*

*Dans un court paragraphe sur les microclimats, sont évoqués, à partir de deux exemples précis, les problèmes des associations biologiques et de l'équilibre milieu-végétation.*

*Enfin, certains caractères de transition permettent de penser que le climat canarien est à la limite du domaine tropical.*

## ABSTRACT

*The climate of the Canary Islands is dealt with on a series of decreasing scales (macroclimate, local climate, microclimate) and has been correlated if necessary with its biological consequences (vegetational physiognomy).*

*The canarian macroclimate, with little or no rain falling in autumn and winter and a high annual mean temperature showing a small amplitude, can be placed in the context of the Mediterranean, or exceptionally the desert, one. A detailed study of the expressions combining temperature and pluviometry (pluviothermal quotient of EMBERGER, water exchanges calculated with THORNTHWAITE's formulas) shows an insignificant rainy season, a high water deficit and a constant « warm winter » character of the insular coast climate. Other climatic factors (pressions and wind – dominance of the N-E trade wind –, humidity of the air, day length, marine currents) are shortly explained. A comparison of different macaronesian archipelagos shows, that only the Cap Verde one belongs to the tropical zone; the other (Canary Islands, Madeira, Açores) all have a climate of the mediterranean type.*

*Local climates mainly depend on exposition (trade winds) and altitude. At both sides, up and down, of the cloud layer existing at the north side of the mountainy islands one finds a gradient of decreasing precipitation. The botanical result is a remarkable stratification of the vegetational types.*

*In a short paragraph on microclimates, two precise examples allow the deal with problems associated with biologic associations and equilibriums of environment and vegetation.*

*Lastly, certain transitional characters suggest that the canarian climate is situated at the limit of the tropical zone.*

## RESUMEN

*El autor trata del clima de las Canarias a escalas sucesivamente decrecientes (macroclimas, climas locales, micro-climas) y no deja de insistir, cuando es necesario, sobre sus consecuencias biológicas (fisonomía de la vegetación).*

*El macro-clima de las Canarias, de lluvias mediocres o nulas otoñales e invernales, de temperatura media anual elevada, pero de escasa amplitud, se refiere al grupo mediterráneo o, excepcionalmente, desértico. El estudio detallado de las expresiones combinadas de la temperatura y del régimen de las lluvias (cociente pluviotérmico de EMBERGER, cálculo de los balances de agua según el método de THORNTHWAITTE) denota una estación de lluvias insignificante, un déficit hídrico importante, un carácter constante « invierno caliente » del clima costero de las islas. Los demás factores climáticos (presiones y vientos – predominio del alisio N-E-, higrometría, duración del día, corrientes marinas) son el asunto de una rápida relación. De la comparación de los diferentes archipiélagos macaronésicos resulta que solo el del Cabo Verde pertenece al dominio tropical; todos los demás (Canarias, Madera, Azores) tienen un clima de tipo mediterráneo.*

*Los climas locales son principalmente función de la exposición (alisio) y de la altura; desde el cielo raso anublado que persiste en las laderas del Norte de las islas montañosas, se puede poner en evidencia, hacia lo alto y hacia lo bajo, un doble gradiente de régimen de lluvias decreciente. De eso resulta una estratificación notable de los agrupamientos vegetales.*

*En un breve párrafo sobre los microclimas, se evocan con dos ejemplos particulares, los problemas de los asociamientos biológicos y del equilibrio entre el ambiente y la vegetación.*

*Por fin, ciertos caracteres de transición permiten que se piense que el clima canario está en el límite del dominio tropical.*

## INTRODUCTION

L'ensemble des quatre archipels de l'Atlantique nord-oriental, les Açores, Madère, les Canaries et les îles du Cap Vert, est dénommé par les biogéographes *Macaronésie* (fig. 1).

L'archipel des Canaries (fig. 2) est situé au large des côtes d'Afrique, en face du Maroc méridional et du nord du Rio de Oro (Sahara espagnol). Il s'étend sur 640 km d'est en ouest (entre 13° 20' et 18° 10' W) et près de 200 km du nord au sud (27° 38' à 29° 25' N). Les îles principales sont au nombre de sept : Tenerife (1 946 km<sup>2</sup>), Fuerteventura (1 722 km<sup>2</sup>), Gran Canaria (1 276 km<sup>2</sup>), Lanzarote (741 km<sup>2</sup>), La Palma (726 km<sup>2</sup>), Gomera (378 km<sup>2</sup>) et Hierro (278 km<sup>2</sup>). Il faut y ajouter quelques îlots de faible importance dont trois seulement sont habités : Lobos, Graciosa, Alegranza. Les auteurs ont groupé ces îles en deux ou trois ensembles suivant leur position en longitude. Nous adoptons la classification en deux groupes qui paraît la plus logique et la mieux coïncider avec leur aspect et les conditions écologiques : le groupe *oriental*, qui comprend deux îles (Lanzarote et Fuerteventura) et l'ensemble des îlots, est caractérisé par de faibles reliefs et des paysages quasi désertiques. Les autres îles présentent des sommets d'altitude supérieure à 1 300 m et aucune n'est exempte d'un milieu forestier, si faiblement développé soit-il. Elles forment le groupe *occidental*.

C'est principalement du point de vue biologique que nous examinerons le climat des Canaries : répartition des précipitations, température, importance de la saison sèche, hygrométrie, durée du jour, etc. Nous commencerons par définir la zone bioclimatique dans laquelle se trouvent les îles Canaries (que nous comparerons aux autres archipels de la Macaronésie) pour terminer par quelques remarques sur les microclimats, en passant par l'étude des climats locaux, très importants dans ces îles.

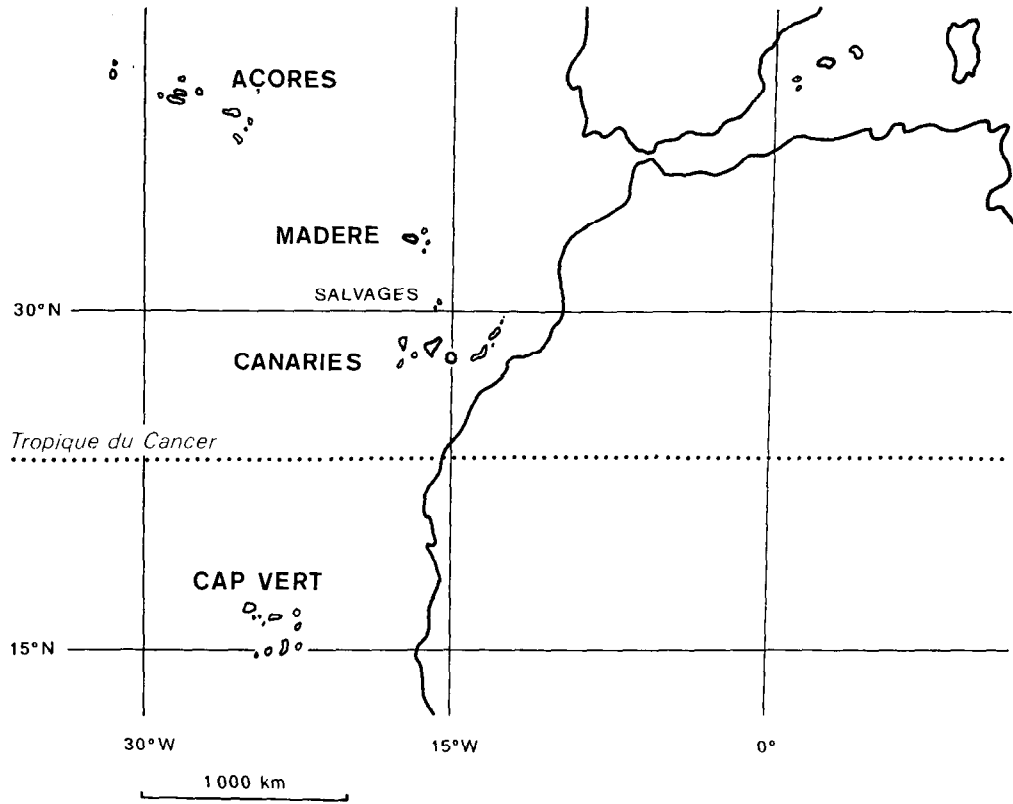


Fig. 1. - Les archipels de la Macaronésie

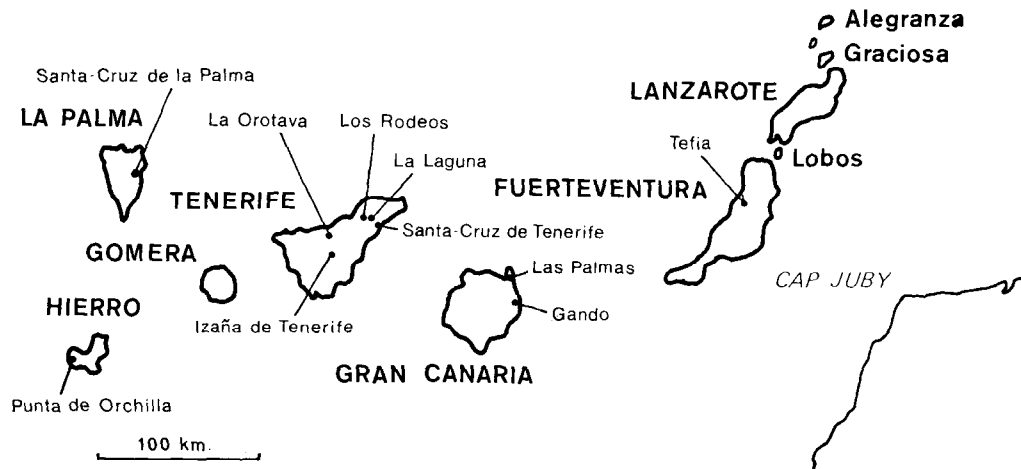


Fig. 2. - L'archipel des Canaries

Nous tenons, avant toute chose, à adresser notre profonde gratitude à M. le Professeur G. MANGENOT qui a bien voulu nous guider et nous conseiller au cours de ce travail.

M. F. BAGNOULS, de l'Université de Toulouse, nous a communiqué de nombreux renseignements concernant les principales stations météorologiques des Canaries. Qu'il soit assuré de notre vive reconnaissance, ainsi que M. F. PEDRO RODRIGUEZ, Directeur de l'Observatoire d'Izaña de Tenerife, grâce à qui nous avons pu obtenir les données climatiques de cette station.

Nous nous faisons un plaisir également de remercier M. F. ENRIQUE CANADAS LOPEZ, Chef du Centre météorologique de Tenerife qui nous a fourni les caractéristiques climatiques de la Laguna et de l'aéroport de Los Rodeos, de même que M. le Directeur du Centre météorologique de Las Palmas à qui nous devons les données concernant l'aéroport de Gando.

## 1. LE MACROCLIMAT DES ILES CANARIES

Jusqu'à présent, de nombreux qualificatifs ont été attribués à celui-ci tels que climat subtropical, atlantique-tropical, océanique, méditerranéen, etc. Or, il est bien évident qu'avant d'attribuer un nom à un climat, il est nécessaire de connaître avec précision les caractéristiques qui ont servi à le définir. Pour ce, nous avons eu recours, en grande partie, à la classification biogéographique des climats, proposée par L. EMBERGER (1955).

### 1.1. Les facteurs hydrique et thermique.

Ce sont de loin les plus importants parmi ceux qui régissent la physionomie générale de la végétation.

#### 1.1.1. Les précipitations.

Du tableau I se dégagent deux faits essentiels :

Si l'on excepte le cas des stations d'altitude moyenne (La Laguna, Los Rodeos) ou élevée (Izaña de Tenerife), la pluviosité totale annuelle est très différente suivant les localités, pourtant toutes situées à faible hauteur (0 à 100 m), dans la zone côtière des Canaries (114 à 441 mm annuels). Ces valeurs sont, dans l'ensemble, relativement faibles et, comparées à celles observées sur le continent, dépassent rarement (cas de Santa-Cruz de la Palma) la pluviosité annuelle de Casablanca (405 mm).

Nous discuterons de la répartition géographique des précipitations dans le paragraphe concernant les climats locaux.

Les pluies sont très nettement groupées pendant les mois d'hiver et, surtout, d'*automne*, le maximum se situant généralement en novembre, plus rarement en décembre (Santa-Cruz de Tenerife, Los Rodeos) ou janvier (Tefia). On observe parfois un ou deux maxima secondaires de faible valeur en janvier et mai. Dans tous les cas, *l'été est très sec* : il est fréquent de voir se succéder 2 ou 3 mois sans pluies. Le minimum (pluviosité mensuelle nulle) se situe d'ordinaire en juillet. Or, une telle répartition des pluies correspond toujours, selon les définitions actuellement admises, à un climat de type *méditerranéen* (caractérisé essentiellement par un minimum estival).

Quant au nombre mensuel de jours de pluie, il oscille entre 0 et 7 pour la station la plus sèche (Tefia), 1 et 11 pour la station la plus arrosée (Santa-Cruz de la Palma).

TABLEAU I  
Précipitations (en mm)

Stations	Alt. (m)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
<i>Canaries</i>														
Tefia (Fuerteventura)	6	38	13	5	8	2	1	0	1	1	5	15	25	114
Punta de Orchilla (Hiero)		25	20	13	10	2	1	0	1	10	15	44	20	161
Gando (Gran Canaria)	5	20	22	10	8	3	2	1	0	5	16	45	41	173
Las Palmas (Gran Canaria)	6	36	23	23	13	5	2	0	0	5	28	54	41	230
Santa-Cruz de Tenerife (Tenerife)	10	43	33	28	15	5	0	0	0	2	28	48	61	263
Izaña de Tenerife (Tenerife)	2 367	51	36	27	34	9	1	0	2	9	48	84	72	373
Santa-Cruz de la Palma (La Palma)		81	38	37	20	10	1	1	2	10	38	127	76	441
La Orotava (Tenerife)	100	56	43	48	18	23	10	0	2	8	56	84	56	404
La Laguna (Tenerife)	547	77	78	58	34	20	8	5	5	12	58	117	96	568
Los Rodeos (Tenerife)	600	112	106	93	39	25	8	6	7	9	83	136	139	763
<i>Madère</i>														
Funchal	25	63	74	79	33	18	5	0	1	25	76	89	84	547
Lisbonne	95	84	81	79	61	43	18	5	5	36	79	107	91	689
Alger	59	112	84	74	41	46	15	2	5	41	79	129	137	765
Casablanca	50	53	48	56	36	23	5	0	1	8	38	66	71	405
Port-Etienne	4	2	1	1	0	0	0	0	1	8	13	2	10	38
Dakar	40	1	1	1	1	2	18	89	254	132	38	2	8	547

TABLEAU II  
Températures moyennes (en °C)

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
<i>Canaries</i>													
Punta de Orchilla	19	18	20	20	21	23	23	24	24	23	22	20	21
Santa-Cruz de Tenerife	17	17	18	19	20	22	24	25	25	23	20	18	21
Las Palmas	18	18	18	19	20	21	22	23	23	23	21	19	20
Gando	17	17	18	18	20	21	23	24	23	22	20	18	20
Santa-Cruz de la Palma	18	17	18	19	20	21	22	23	23	23	21	19	20
Tefia	16	16	18	18	19	21	23	24	23	22	20	17	20
La Orotava	15	15	16	16	17	19	20	22	21	20	18	16	17,8
La Laguna	12	13	14	15	16	18	20	21	20	18	15	13	16
Los Rodeos	12	12	13	13	15	16	18	19	19	18	15	12	15
Izaña de Tenerife	4	4	6	7	9	13	17	17	14	10	6	5	9,4
<i>Madère</i>													
Funchal	16	16	16	17	18	19	21	22	22	21	19	17	18,3
Lisbonne	11	11	13	14	17	19	22	22	21	17	14	11	16,1
Alger	12	13	14	17	19	22	25	26	24	20	16	13	18,3
Casablanca	12	13	14	16	18	20	22	23	22	19	16	13	17,2
Port-Etienne	19	20	20	21	22	23	22	24	26	24	23	19	21,7
Dakar	22	22	22	23	24	27	28	27	28	28	27	23	25

Nous pensons toutefois que toutes les îles Canaries ne peuvent entrer dans la catégorie du climat méditerranéen. En effet, PITARD et PROUST (1908) et, plus tard, K. LARSEN (1960) mentionnent l'existence de longues périodes sans pluies (jusqu'à 7 années consécutives exceptionnellement) dans les îles les plus orientales (Fuerteventura et Lanzarote). Dans ce cas, il paraît logique d'attribuer à ces îles un climat *désertique* (défini par EMBERGER par sa pluviosité aléatoire, ne survenant pas tous les ans). Probablement même, celui-ci devrait-il être étendu à certaines régions côtières méridionales des autres îles : d'après les dires de certains autochtones, que nous avons questionnés à Gran Canaria, les pluies auraient fait défaut depuis trois ans sur certains points de la côte. Toutefois, en l'absence de données sérieuses, nous considérons encore l'ensemble des îles du groupe occidental comme soumis à un régime méditerranéen.

### 1.1.2. La température (tabl. II).

La température moyenne annuelle est élevée, dans les basses terres, et varie entre 17,8 °C (La Orotava) et 21 °C (Santa-Cruz de Tenerife, Punta de Orchilla), mais *l'amplitude thermique annuelle est faible* (tabl. III) par rapport à celle observée dans les stations continentales (sauf celles situées au sud du tropique du Cancer).

Le maximum est toujours en été (août) et le minimum en hiver (janvier ou février).

Il est logique que de telles conditions de température, toujours élevée, liées à une faible pluviosité et à une saison sèche estivale prolongée, entraînent l'existence d'une végétation côtière fortement xérique.

TABLEAU III

Amplitude thermique annuelle (en °C)

*Canaries* (zone côtière) :

Tefia .....	8,5
Santa-Cruz de Tenerife .....	8,0
Gando .....	6,9
La Orotava .....	6,7
Santa-Cruz de la Palma.....	6,1
Punta de Orchilla .....	6,1
Las Palmas de Gran Canaria .....	5,5

*Continent* (zone côtière) :

Alger .....	13,4
Lisbonne .....	11,6
Casablanca .....	10,6
Port-Etienne .....	7,2
Dakar .....	6,1

### 1.1.3. Les expressions combinées de la température et de la pluviosité et l'identification précise des types de climats.

Le système des climogrammes utilisé par L. CEBALLOS et F. ORTUNO (1951) pour les Canaries occidentales a confirmé leur appartenance au climat méditerranéen. Pour notre part, nous avons eu recours à deux méthodes différentes de représentation graphique : le calcul des bilans hydriques selon la méthode de C. W. THORNTHWAITE (1946, 1948, 1951) qui nous a été précieuse pour la comparaison des climats (Canaries-Macaronésie, Canaries orientales-Canaries occidentales) et le quotient pluviothermique d'EMBERGER.

a) *La méthode de THORNTHWAITE.*

Le calcul des bilans d'eau est basé sur la connaissance de la pluviosité d'une part, de l'évapotranspiration potentielle (ETP) d'autre part.

R. ARLERY, M. GARNIER et R. LANGLOIS (1954) exposent clairement la méthode à suivre pour le calcul graphique de l'ETP selon la formule de THORNTHWAITE dont le principe a été mentionné par P. CURÉ (1950). Nous ne ferons donc qu'en indiquer les principales étapes en prenant pour exemple le cas de Las Palmas (tabl. IV) : sur la première ligne sont reportées les températures moyennes mensuelles T, seule donnée climatique nécessaire au calcul de l'ETP. A chaque température, correspond un indice mensuel  $i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514}$  dont la somme donne l'indice de chaleur I (heat index). Un abaque en échelles logarithmiques (qu'ARLERY, GARNIER et LANGLOIS reproduisent dans leur publication) permet, à l'aide de I et T, de calculer l'ETP pour chaque mois (troisième ligne du tableau). Il convient ensuite de multiplier chacune des valeurs obtenues par un facteur de correction f, qui est fonction du mois et de la latitude, pour obtenir les valeurs de l'ETP définitives (cinquième ligne). La somme de ces ETP exprime les besoins annuels en eau, n (water need).

TABLEAU IV  
Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) à Las Palmas

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
T (°C)	18	18	18	19	20	21	22	23	23	23	21	19	20
i	6,95	6,95	6,95	7,55	8,16	8,78	9,42	10,08	10,08	10,08	8,78	7,55	102,13 = I
ETP non cor.	58	58	58	65	73	81	90	99	99	99	81	65	
F	0,91	0,88	1,03	1,07	1,16	1,16	1,18	1,13	1,02	0,98	0,90	0,90	
ETP (mm)	53	51	60	69	85	94	106	112	101	97	73	58	959 = n

Nous avons reporté les ETP mensuelles ainsi calculées pour les stations des Canaries et des régions voisines sur la première ligne du groupe de données concernant chacune de ces localités (tabl. V).

Il est ensuite facile, à partir de P et ETP, de calculer les bilans hydriques (tabl. V). La valeur maximale de la réserve en eau du sol, R, supposée en général égale à 100 mm a été retenue. Nous insistons sur le fait qu'il s'agit d'une valeur arbitraire moyenne : chaque cas étant un cas particulier, il serait bien difficile de connaître la valeur réelle qui est sans doute, en ce qui concerne les Canaries, plus souvent inférieure que supérieure à 100 mm. En effet, presque partout, les sols sont peu épais et peu évolués, les plantes poussant la plupart du temps à même les amas de scories basaltiques récentes ; les ponces, toutefois, ont un pouvoir de rétention important.

Prenons pour exemple la mesure du bilan hydrique d'Izaña de Tenerife en février et mars (tabl. V) :

En février, ETP = 17 mm et P = 36 mm. L'évapotranspiration réelle, ETR, est donc égale à ETP puisque l'alimentation en eau est suffisante. Quant à l'excédent (36 — 17 = 19 mm) qui ne peut pas pénétrer dans le sol, déjà saturé en janvier (R = 100 mm), il va être perdu par ruissellement (S = 19 mm). Le bilan étant positif, la réserve











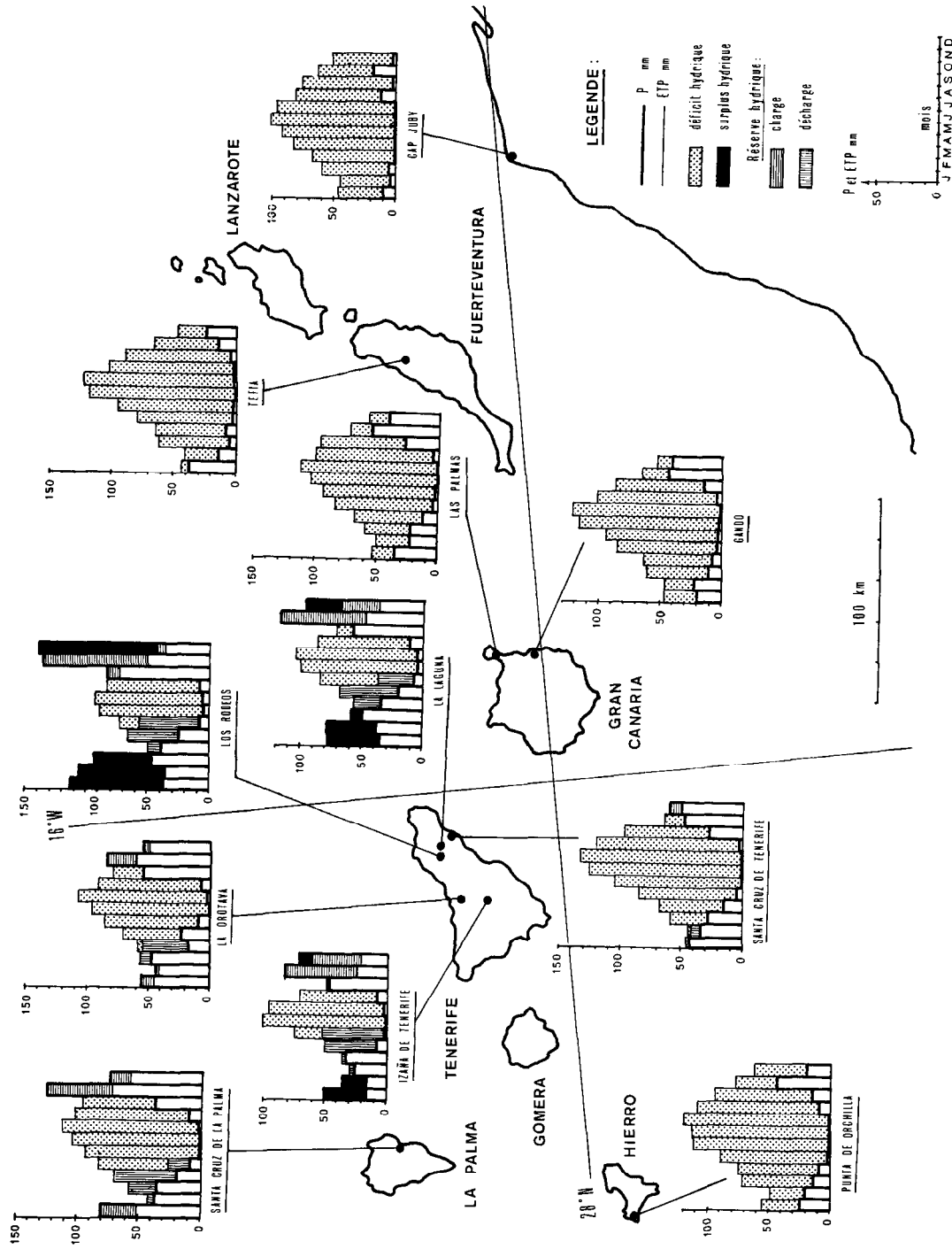


Fig. 3. - Bilans hydriques des îles Canaries

hydrique du sol reste maximale, soit égale à 100 mm. En mars,  $P (= 27 \text{ mm})$  est inférieur à  $ETP (= 30 \text{ mm})$ . Le bilan est négatif mais ETR restera égale à ETP car les 3 mm déficitaires seront puisés dans la réserve en eau du sol qui passe alors de 100 à 97 mm (décharge,  $d = 3 \text{ mm}$ ). Ainsi de suite jusqu'en juin où la réserve du sol est totalement

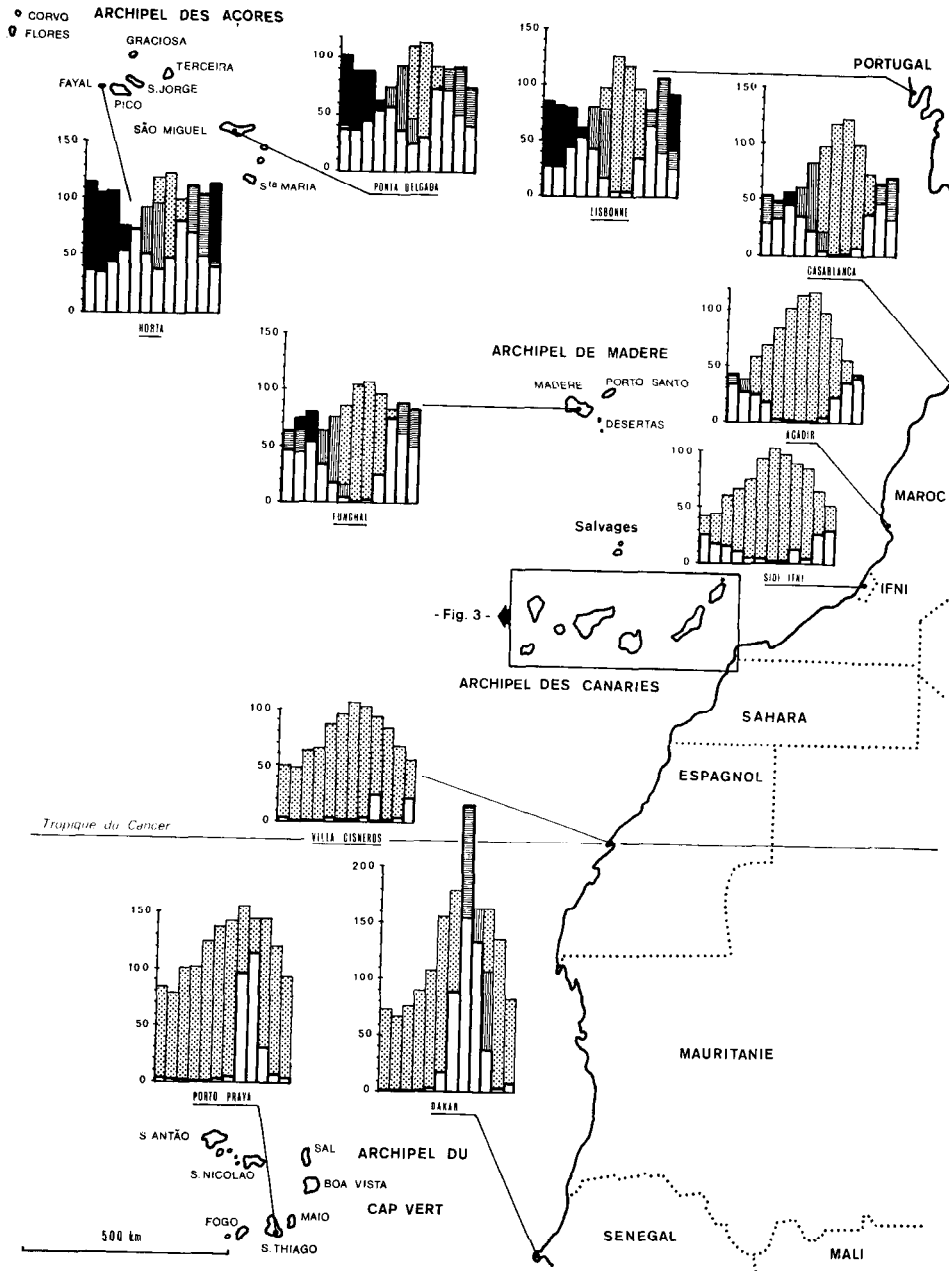


Fig. 4. – Bilans hydriques de la Macaronésie et des régions continentales voisines (voir légende, fig. 3)

épuisée. A partir de ce moment,  $ETP = P$  jusqu'à ce que le bilan, redevenu positif, permette la constitution d'une nouvelle réserve hydrique.

Les résultats de ces calculs sont reportés sur les histogrammes des figures 3, 4 et 5. Il ressort alors de l'observation des graphiques concernant les Canaries que la saison sèche est toujours située en été et que, du moins dans les stations côtières et de basse altitude en général, le bilan est largement déficitaire (fig. 3).

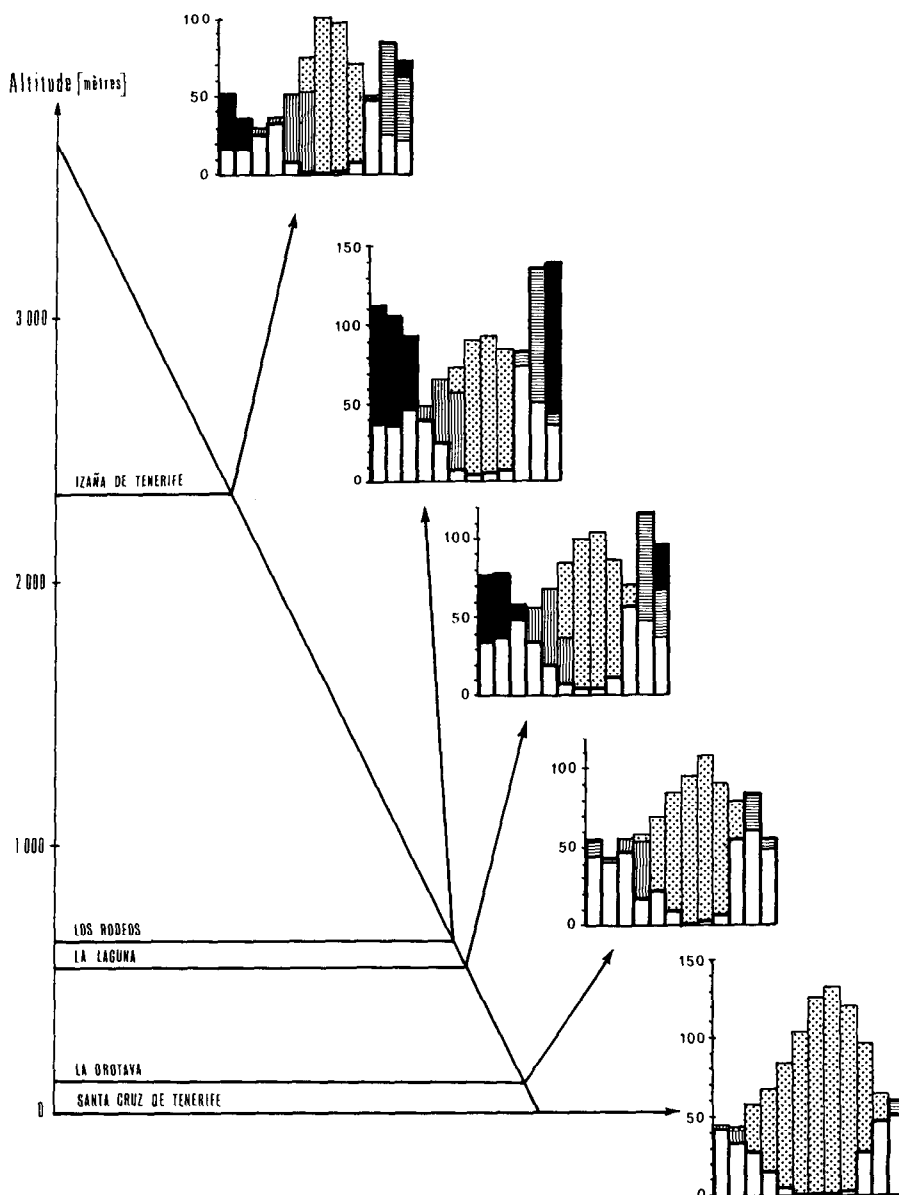


FIG. 5. - Bilans hydriques du versant nord de l'île de Tenerife (voir légende fig. 3)

THORNTHWAITE a, d'autre part, imaginé une classification des divers types de climats basée sur les quatre indices suivants qui caractérisent chaque station :

1.1.3.1. L'INDICE GLOBAL D'HUMIDITÉ (moisture index).

$$I_m = I_h - 0,60 I_a$$

$I_h$  (rapport d'humidité) =  $\frac{100 S}{n}$ ,  $I_a$  (rapport d'aridité) =  $\frac{100 D}{n}$ , S étant le surplus hydrique annuel (en mm), somme des S mensuels, D, le déficit hydrique annuel (en mm), somme des D mensuels et n, les besoins hydriques annuels (en mm), somme des ETP mensuelles.

A partir des valeurs de  $I_m$ , THORNTHWAITE définit 9 types climatiques :

$I_m$	Types climatiques
supérieur à 100	A perhumide
80 à 100	B <sub>4</sub> humide
60 à 80	B <sub>3</sub> humide
40 à 60	B <sub>2</sub> humide
20 à 40	B <sub>1</sub> humide
0 à 20	C <sub>2</sub> subhumide-humide
- 20 à 0	C <sub>1</sub> subhumide-sec
- 40 à - 20	D semi-aride
- 60 à - 40	E aride

1.1.3.2. L'INDICE D'EFFICACITÉ THERMIQUE (water need).

n = ETP, permet de définir encore 9 types :

n (en mm)	Types climatiques
supérieur à 1140	A' mégathermal
997 à 1140	B' <sub>4</sub> quatrième mésothermal
855 à 997	B' <sub>3</sub> troisième mésothermal
712 à 855	B' <sub>2</sub> deuxième mésothermal
570 à 712	B' <sub>1</sub> premier mésothermal
427 à 570	C' <sub>2</sub> second microthermal
285 à 427	C' <sub>1</sub> premier microthermal
142 à 285	D' climat de toundra
inférieur à 142	E' climat de gel

1.1.3.3. LA VARIATION SAISONNIÈRE DE L'HUMIDITÉ EFFICACE.

Elle est matérialisée par les différentes valeurs du rapport d'aridité ( $I_a$ ) ou d'humidité ( $I_h$ ) auxquelles correspondent des symboles qui servent à définir 10 types climatiques:

*Climats humides* (types A, B et C<sub>2</sub>) :

$I_a$	Types climatiques
0 à 16,7	r déficit hydrique faible ou nul
16,7 à 33,3 . . . .	s déficit hydrique estival modéré
	w déficit hydrique hivernal modéré
supérieur à 33,3 . . . .	s <sub>2</sub> déficit hydrique estival important
	w <sub>2</sub> déficit hydrique hivernal important



*Climats secs* (types C<sub>1</sub>, D et E) :

<i>I<sub>h</sub></i>	<i>Types climatiques</i>	
0 à 10	d	surplus hydrique faible ou nul
10 à 20 . . . .	s	surplus hydrique hivernal modéré
	w	surplus hydrique estival modéré
supérieur à 20 . . . .	s <sub>2</sub>	surplus hydrique hivernal important
	w <sub>2</sub>	surplus hydrique estival important

1.1.3.4. LA CONCENTRATION ESTIVALE DE L'EFFICACITÉ THERMIQUE.

Elle est définie comme suit :

$$100 \times \frac{\text{ETP des 3 mois d'été}}{\text{ETP annuelle (n)}}$$

<i>Conc. est. de l'eff. therm.</i>	<i>Types climatiques</i>
inférieure à 48,0	a'
48,0 à 51,9	b' <sub>4</sub>
51,9 à 56,3	b' <sub>3</sub>
56,3 à 61,6	b' <sub>2</sub>
61,6 à 68,0	b' <sub>1</sub>
68,0 à 76,3	c' <sub>2</sub>
76,3 à 88,0	c' <sub>1</sub>
supérieure à 88,0	d'

Les valeurs de tous ces indices, ainsi que celles de I<sub>h</sub> et I<sub>a</sub> sont reportées dans le tableau VI pour les 10 stations canariennes étudiées.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Types de climats selon la classification de THORNTHWAITE

<i>Punta de Orchilla</i> (Hiero) . . . . .	E	B' <sub>4</sub>	d	a'
<i>Santa-Cruz de Tenerife</i> (Tenerife) . . . . .	E	B' <sub>3</sub> -B' <sub>4</sub>	d	a'
<i>Gando</i> (Gran Canaria) . . . . .	E	B' <sub>3</sub>	d	a'
<i>Las Palmas</i> (Gran Canaria) . . . . .	E	B' <sub>3</sub>	d	a'
<i>Tefía</i> (Fuerteventura) . . . . .	E	B' <sub>3</sub>	d	a'
<i>Santa-Cruz de la Palma</i> (La Palma) . . . . .	D	B' <sub>3</sub>	d	a'
<i>La Orotava</i> (Tenerife) . . . . .	D	B' <sub>3</sub>	d	a'
<i>Izaña de Tenerife</i> (Tenerife) . . . . .	C <sub>1</sub>	B' <sub>1</sub>	d-s	a'
<i>La Laguna</i> (Tenerife) . . . . .	C <sub>1</sub>	B' <sub>2</sub>	s	a'
<i>Los Rodeos</i> (Tenerife) . . . . .	C <sub>2</sub>	B' <sub>2</sub>	s <sub>2</sub>	a'

*Exemple* : Le climat de Las Palmas est aride (E), troisième mésothermal, donc chaud (B'<sub>3</sub>), à surplus hydrique faible ou nul (d), avec une concentration estivale de l'efficacité thermique faible (a').

L'observation de ce tableau montre que le climat des Canaries varie du type aride (basses altitudes) au type subhumide (moyennes et hautes altitudes), qu'il est toujours dans la série « mésothermal » à tendance très chaude sur les côtes, que le surplus hydrique est faible ou nul sauf aux altitudes moyennes (surplus hivernal) et que la concentration estivale de l'efficacité thermique est dans tous les cas inférieure à 48 %, ce qui traduit une température en général peu contrastée tout au cours de l'année.

TABLEAU VI  
Les indices de THORNTHWAITE pour les Canaries

Stations	Rapport d'humidité (Index of humidity) $I_h$	Rapport d'aridité (Index of aridity) $I_a$	Indice global d'humidité (Moisture index) $I_m$	Indice d'efficacité thermique (= Water need) $n = \text{ETP ann.}$	Concentration estivale de l'efficacité thermique %
Las Palmas	0	76	- 46	959	33
Gando	0	81	- 49	946	36
Santa-Cruz de Tenerife	0	74	- 44	997	38
Punta de Orchilla	0	84	- 50	1 033	33
Tefia	0	88	- 53	936	37
La Orotava	0	52	- 31	839	35
Santa-Cruz de la Palma	0	54	- 32	963	34
Izaña de Tenerife	10	47	- 18	592	45
La Laguna	15	42	- 10	777	37
Los Rodeos	39	35	+ 18	737	36

b) *La méthode d'EMBERGER.*

Le quotient pluviothermique d'EMBERGER, Q, et sa représentation graphique nous permettent d'attribuer à chaque station étudiée une catégorie climatique bien précise (L. EMBERGER : 1942, 1955, 1962, 1964 ; Ch. SAUVAGE, 1962).

La formule proposée par EMBERGER (1955) est la suivante :

$$Q = \frac{1\,000\,P}{\frac{M + m}{2} (M - m)} \quad (2)$$

P : pluviosité totale annuelle, en mm.

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud, en °K.

m : moyenne des minima du mois le plus froid, en °K.

Plus Q est petit, plus le climat est sec.

La première formule établie par l'auteur en 1930, quoique plus maniable, les températures étant exprimées en °C, n'est valable que lorsque m est positif :

$$Q = \frac{100\,P}{\frac{M + m}{2} (M - m)} \quad (1)$$

Ayant utilisé ces deux formules, nous avons constaté qu'elles donnent des résultats nettement différents, par exemple, pour Las Palmas : Q (1) = 42, Q (2) = 30. Dorénavant, nous avons donc adopté la formule (2) qui est d'ailleurs la plus récente.

L'auteur fait à juste titre remarquer que la valeur de Q n'a de sens que si on lui adjoint la valeur correspondante de m. Ces deux variables lui servent alors à déterminer, sur un graphique où Q est en ordonnée et m en abscisse, toute une gamme de sous-climats méditerranéens (fig. 6). La classification proposée par EMBERGER (1964) est la suivante :

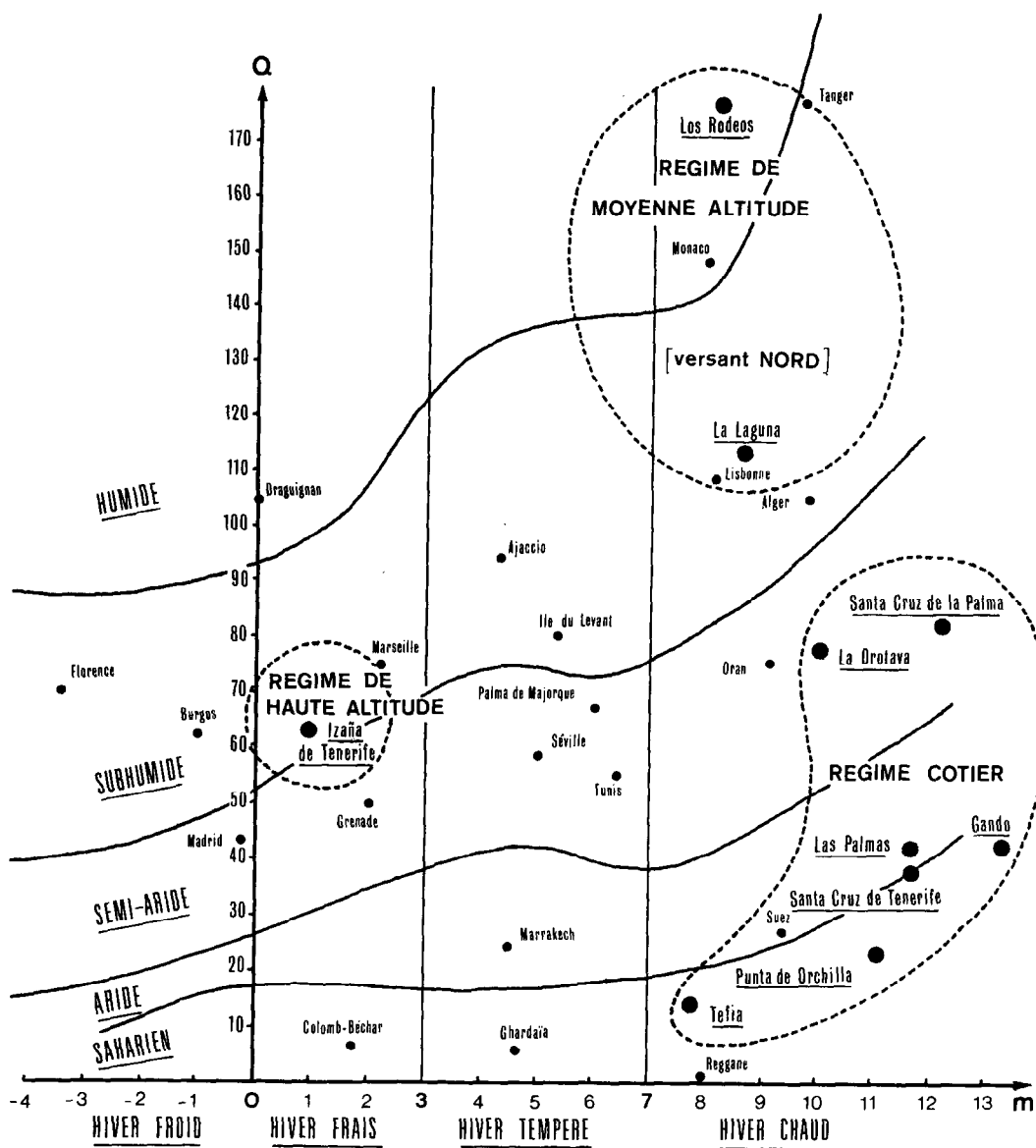


FIG. 6. -- Climagramme pluviothermique du coefficient d'EMBERGER, dressé par Ch. SAUVAGE

Les valeurs de Q et de m pour les îles Canaries sont énumérées dans le tableau VII.

Ces nombres, reportés sur le graphique dressé par Ch. SAUVAGE (fig. 6), montrent que le climat côtier des Canaries, s'il appartient à plusieurs catégories différentes en ce qui concerne famille, genre et espèce, est toujours de la variété *hiver chaud*, qui le caractérise hautement (tabl. VIII A).

*Famille :*

Climat méditerranéen général.

*Genres :*

- I. Climat méditerranéen saharien.
- II. Climat méditerranéen aride.
- III. Climat méditerranéen semi-aride.
- IV. Climat méditerranéen subhumide.
- V. Climat méditerranéen humide.
- VI. Climat méditerranéen perhumide.
- VII. Climat méditerranéen de haute montagne.

Chacun de ces genres est subdivisé à son tour en :

*Espèces :*

- à pluviosité printanière ;
- à pluviosité automnale ;
- à pluviosité hivernale.

et en :

*Variétés :*

- à hiver chaud ( $m > 7^{\circ}$ ) — pas de gelées ;
- à hiver tempéré ( $7^{\circ} \geq m > 3^{\circ}$ ) ;
- à hiver frais ( $3^{\circ} \geq m > 0^{\circ}$ ) ;
- à hiver froid ( $m < 0^{\circ}$ ).

TABLEAU VII

Valeurs de Q et de m pour les îles Canaries

## A. Stations de basse altitude :

	Q	m (°C)
Santa-Cruz de la Palma .....	82	12,2
La Orotava .....	78	10,0
Gando .....	43	13,3
Las Palmas de Gran Canaria .....	42	11,7
Santa-Cruz de Tenerife .....	38	11,7
Punta de Orchilla .....	23	11,1
Tefia .....	14	7,8

## B. Stations de moyenne et haute altitude :

La Laguna (547 m) .....	114	8,7
Los Rodeos (600 m env.) .....	117	8,3
Izaña de Tenerife (2 367 m) .....	63	0,9

Si l'on regarde le graphique original publié par SAUVAGE sur lequel de très nombreuses stations sont reportées, on constate que très peu d'entre elles sont situées à l'intérieur de la zone côtière canarienne, fait qui met en relief l'originalité du climat de ces îles.

En ce qui concerne la détermination précise de la durée de la saison sèche, nous nous sommes également reportés aux définitions d'EMBERGER :

L. EMBERGER (1959) admet « ... qu'est sèche, en pays méditerranéen, une saison au cours de laquelle le rapport entre la pluviosité et la moyenne (M) du mois le plus chaud de la saison considérée est inférieur ou égal à 7 ». Cette méthode appliquée aux Canaries donne les résultats exposés dans le tableau IX A : dans un seul cas (l'automne, à Santa-Cruz de la Palma), le rapport P/M est supérieur à 7. Si l'on se rapporte à la définition d'EMBERGER, on peut donc conclure à l'absence presque totale de saison humide dans les cas présentement étudiés. Dans 6 de ces 7 stations, la saison sèche dure toute l'année.

**TABEAU VIII**  
Types de climats aux îles Canaries selon la classification d'EMBERGER

	Famille	Genre	Espèce à pluviosité	Variété
<b>A. Stations de basse altitude</b>				
Santa-Cruz de la Palma	méditerranéen	semi-aride	automnale	hiver chaud
La Orotava	»	»	»	»
Las Palmas	»	aride	»	»
Santa-Cruz de Tenerife	»	aride-saharien	»	»
Punta de Orchilla	»	saharien	»	»
Gando	»	»	»	»
Tefía	désertique	à saisons thermiques et photopériodisme quotidien inégal prononcés	hivernale	»
<b>B. Stations de moyenne et haute altitude</b>				
Los Rodeos (600 m env.)	méditerranéen	humide	automnale	hiver chaud
La Laguna (547 m)	»	subhumide	»	»
Izaña de Tenerife (2 367 m)	»	»	»	hiver frais

**TABEAU IX**  
Rapport P (mm)/M (°C), pour chaque saison aux Canaries

	Printemps	Eté	Automne	Hiver
<b>A. Stations de basse altitude</b>				
Santa-Cruz de la Palma	6,0	0,4	7,8	6,1
La Orotava	2,2	0,3	7,0	6,0
Santa-Cruz de Tenerife	0,6	0,0	4,5	4,0
Las Palmas	0,7	0,2	4,1	3,1
Gando	0,5	0,2	4,0	2,4
Punta de Orchilla	0,4	0,3	2,5	2,1
Tefía	0,3	0,0	1,4	1,7
<b>B. Stations de moyenne et haute altitude</b>				
Los Rodeos	3,7	1,0	16,8	18,4
La Laguna	2,2	0,8	12,1	12,3
Izaña de Tenerife	2,5	0,5	15,5	12,1

*c) Comparaison des deux méthodes.*

Si l'on compare les catégories climatiques où se répartissent les différentes stations, les résultats fournis par la classification de THORNTHWAITE et celle d'EMBERGER sont pratiquement identiques, tant au point de vue qualité que quantité de l'information obtenue, ce qui démontre la validité de ces deux méthodes. Du point de vue pratique, notre préférence va cependant à celle d'EMBERGER pour deux raisons : calculs plus simples et lecture des résultats beaucoup plus aisée grâce à leur matérialisation sur un graphique.

## 1.2. Les autres facteurs climatiques.

### 1.2.1. Pressions et vents.

Il semble que la pression atmosphérique aux Canaries soit peu fluctuante et se situe, d'après PITARD et PROUST (1908), aux alentours de 766 mm de mercure, l'amplitude maximale de ses variations n'atteignant que 13 mm. La carte des isobares de janvier et juillet, d'après W. G. KENDREW (1961) (fig. 7) montre en effet que les îles Canaries ne peuvent être soumises qu'accidentellement à des conditions cycloniques.

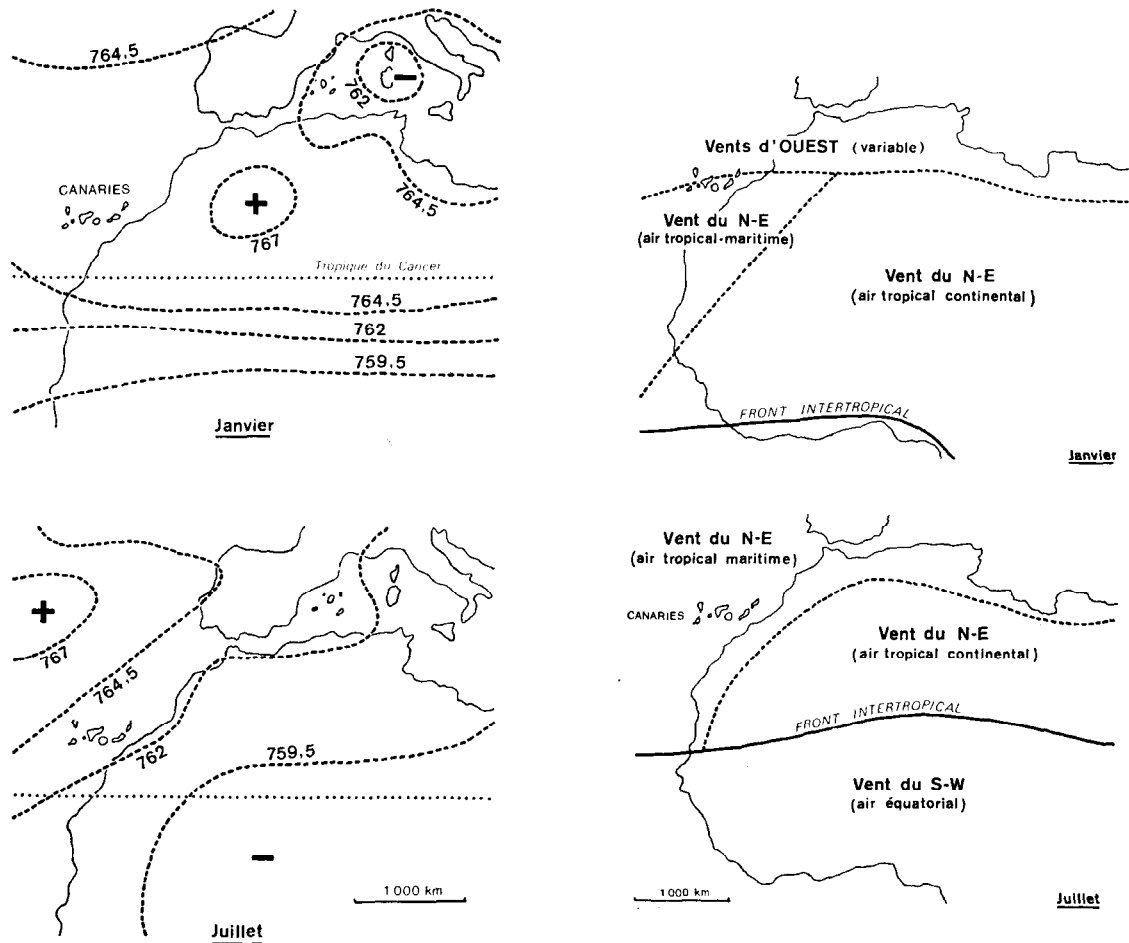


FIG. 7. - Isobares (d'après W.-G. KENDREW, 1961)

FIG. 8. - Répartition des masses d'air et direction générale des vents (d'après W.-G. KENDREW, 1961)

La figure 8 indique la répartition des masses d'air et la direction générale des vents en janvier et en juillet : presque toute l'année, les Canaries sont situées dans la masse d'air tropical-maritime, donc soumises au puissant régime de l'alizé du N-NE qui y souffle presque sans discontinuer. Toutefois, pendant l'hiver, l'archipel se trouve à la limite nord de la masse d'air tropical ; les vents d'ouest peuvent alors souffler fréquem-

ment. Les vents ne viennent que rarement du sud ou du sud-est (hiver) et dans ce cas, contrairement aux alizés qui ont balayé l'océan sur une grande distance, sont particulièrement chauds et secs, donc néfastes pour la végétation (sirocco).

Le tableau X donne une idée de la fréquence des vents, dans chaque secteur, suivant les périodes de l'année, à l'aéroport de Gando (Gran Canaria). Il indique clairement la prédominance de l'alizé du nord pendant le printemps et l'été (70 à 80 %, contre 40 % en moyenne l'automne et l'hiver). Il faut remarquer que Gando se trouve sur la côte orientale, donc abrité des vents d'ouest, c'est pourquoi leur fréquence est aussi faible. Par contre, la fréquence relativement élevée des périodes de calme pendant l'automne et l'hiver doit correspondre à des vents de secteur ouest arrêtés par les reliefs et qui ne peuvent ainsi être enregistrés à Gando.

TABLEAU X  
Fréquence du vent en % pour chaque point cardinal, à l'aéroport de Gando (Gran Canaria)

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calme	Variable
Janvier	41,3	8,7	4,7	0,9	12,6	1,8	3,3	9,3	17,1	0,3
Février	40,7	9,6	2,0	1,8	10,9	3,5	3,1	13,3	—	0,1
Mars	43,7	16,6	2,5	1,0	6,4	1,7	3,9	9,4	14,3	0,5
Avril	65,2	10,1	1,7	0,8	3,4	2,2	2,0	5,5	8,8	0,1
Mai	66,3	11,6	0,8	0,3	2,8	0,1	1,4	10,1	6,4	0,1
Juin	81,8	4,0	0,1	0,3	1,2	0,1	—	10,3	2,2	—
Juillet	78,3	9,0	0,2	—	0,2	—	0,1	10,8	1,3	—
Août	79,4	7,6	—	—	0,5	—	—	10,5	1,8	—
Septembre	73,1	10,2	0,6	0,6	1,4	0,3	1,2	6,5	5,7	0,3
Octobre	47,7	10,1	3,4	1,5	4,5	1,6	0,8	12,5	17,0	0,8
Novembre	37,2	12,5	3,0	1,2	8,3	4,—	3,8	10,3	19,4	—
Décembre	41,7	11,6	3,7	0,9	6,5	1,7	3,5	13,0	17,0	—
Année	58,0	10,1	2,1	0,9	4,9	1,7	2,3	10,1	10,1	0,3

1.2.2. L'hygrométrie (tabl. XI et fig. 9).

Dans toutes les localités d'altitude moyenne ou faible, l'hygrométrie relativement importante (60 à 76 % en moyenne annuelle) est à l'origine de rosées fréquentes, vitales pour la végétation.

Ses variations au cours de l'année (fig. 9) sont assez surprenantes : les courbes irrégulières accusent fréquemment plusieurs maxima ou minima secondaires, le minimum principal n'ayant pas toujours lieu à la même saison (janvier : Las Palmas, La Orotava ; avril : Tefia ; juillet : Gando ; août : La Laguna, Santa-Cruz de Tenerife). Lorsqu'il y a un minimum secondaire, il est également presque toujours situé en août ou avril :

	<i>Minimum principal</i>	<i>Minimum secondaire</i>
Las Palmas .....	janvier	avril
La Orotava .....	janvier	avril
Tefia .....	avril	août
Santa-Cruz de Tenerife .....	août	avril
La Laguna .....	août	
Gando .....	juillet	mai

TABLEAU XI  
Humidité relative de l'air aux îles Canaries (en %)

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
La Laguna	81	79	77	77	76	74	72	68	70	77	80	82	76
La Orotava	68	71	74	72	73	74	76	77	74	73	72	70	73
Las Palmas	71	73	72	72	72	73	76	75	74	74	74	73	73
Gando	72	72	72	70	69	71	67	69	73	72	73	73	71
Punta de Orchilla													68
Tefía	70	65	58	57	64	68	68	66	70	71	68	69	66
Santa-Cruz de la Palma													65
Santa-Cruz de Tenerife	62	61	61	58	59	57	56	55	55	62	63	64	60

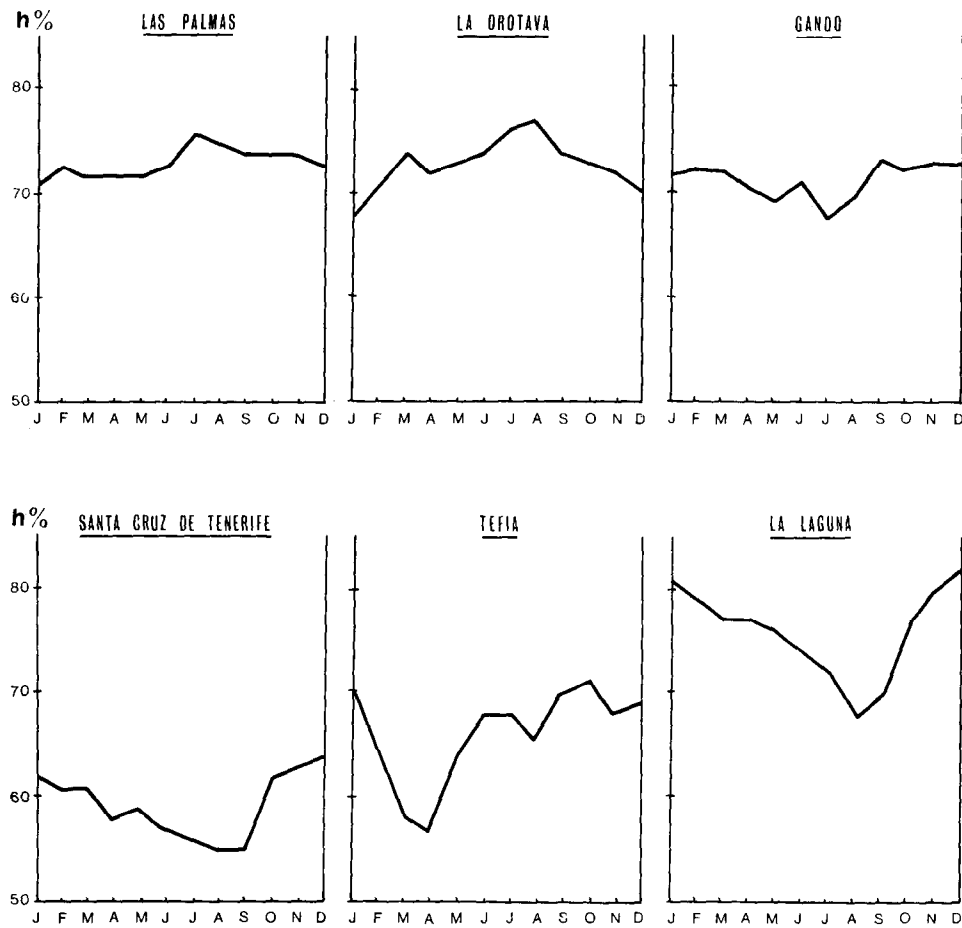


FIG. 9. — Humidité relative de l'air aux îles Canaries



Il est difficile d'interpréter ces faits. Nous proposons cependant l'explication suivante :

Las Palmas et la Orotava sont soumis pendant tout l'été au régime des alizés qui maintiennent un plafond nuageux fréquent et une hygrométrie importante. Durant l'hiver, par contre, ce sont les vents d'ouest qui dominent et l'ensoleillement se trouve amélioré. Ceci expliquerait le minimum principal observé en janvier.

Au contraire, La Laguna et surtout Santa-Cruz de Tenerife, s'ils sont à l'abri des vents d'ouest l'hiver, sont également protégés des alizés l'été, par les monts de Las Mercedes : l'ensoleillement est important toute l'année et, en raison des fortes températures estivales, l'état hygrométrique de l'air diminue corrélativement (minimum d'août). De même, à un degré moindre, Gando.

Quant à Tefia, sa situation est intermédiaire : les alizés y soufflent mais ne forment pas de nuages en raison de l'absence de hauts reliefs, et l'ensoleillement y est presque constant.

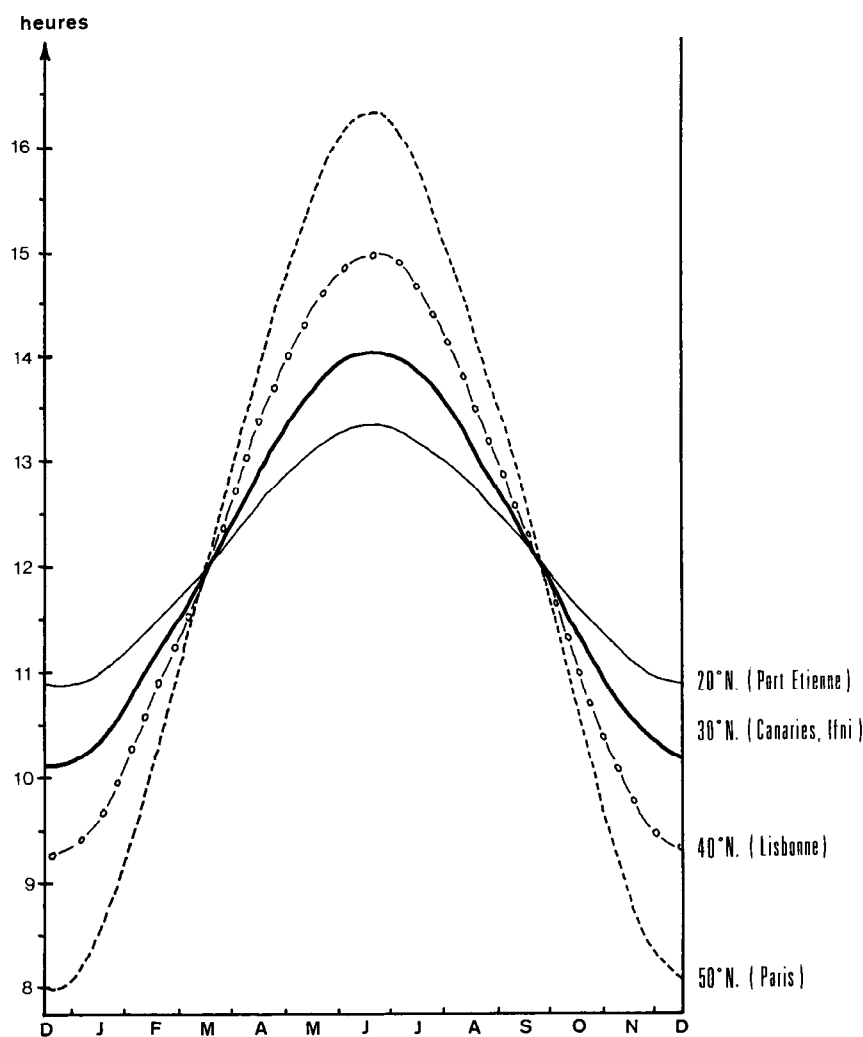


FIG. 10 - Durée du jour à différentes latitudes

### 1.2.3. *Durée du jour* (fig. 10).

Elle varie, aux Canaries, entre 10 heures 1/4 en décembre et 14 heures en juin, ce qui correspond à une amplitude annuelle de moins de 4 heures, inférieure de moitié à celle de Paris qui dépasse 8 heures. Cette photopériode annuelle de faible amplitude liée à une thermopériode également peu accentuée a pour conséquences un étalement et un manque de simultanéité notables des cycles biologiques et particulièrement, comme le fait remarquer Ph. GUINIER (1943), de la feuillaison et de la défeuillaison des espèces caducifoliées européennes.

### 1.2.4. *Courants marins*.

L'archipel est baigné par un courant froid venant du nord, le courant des Canaries qui, selon KENDREW, limiterait les excès de chaleur estivale et serait en partie responsable des rosées et de l'hygrométrie importante.

## 1.3. Comparaison avec les autres archipels macaronésiens

a) Il ressort clairement de l'observation de la figure 4 que les archipels des Açores, de Madère et des Canaries ont tous trois un climat de type *méditerranéen* : en effet, même s'il existe des minima secondaires de précipitations, le minimum principal se produit toujours pendant l'été. Par contre, la durée de la saison sèche est très variable : elle peut être très courte (Horta, Açores) ou, au contraire, se prolonger tout au cours de l'année (Tefia, Punta de Orchilla, Canaries). Les îles les plus méridionales et les plus proches du continent africain sont nettement moins arrosées que celles qui se trouvent, au contraire, au milieu de l'Atlantique et à une latitude plus élevée. Il n'est pas étonnant que ces dernières, comme les Açores, bénéficient quand même d'un climat méditerranéen, si humide soit-il, car elles sont à la latitude du Portugal : les bilans hydriques de Lisbonne et de Ponta Delgada sont d'ailleurs très voisins (fig. 4).

Quant aux moyennes thermiques annuelles, elles vont en décroissant lorsque la latitude augmente. Au contraire, l'amplitude thermique annuelle croît dans le même sens que la latitude (tabl. XII).

TABLEAU XII

Température de l'air au niveau de la mer (en °C) pour les 4 archipels macaronésiens

	Moyenne annuelle	Amplitude thermique annuelle (entre la moyenne du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid)
Cap Vert	24,7	4,7
Canaries	21,5	5,5
Madère	20,4	6,2
Açores	19,3	7,5

b) L'histogramme de Porto Praya (Iles du *Cap Vert*) ne ressemble pas aux autres : la longue saison sèche est centrée sur l'hiver et se termine par un minimum pluviométrique printanier (avril-juin). Puis, les pluies apparaissent brutalement en été et accusent un maximum en septembre pour faire place, de nouveau très rapidement, à la sécheresse

qui s'installe dès le début de l'automne. Ce régime est le même que celui de Dakar avec des précipitations malgré tout moins abondantes et n'atteignant pas 200 mm mensuels. L'archipel du Cap Vert possède un climat de type *tropical* caractérisé essentiellement par une pluviosité concentrée sur la saison correspondant au maximum thermique. C'est d'ailleurs le seul archipel macaronésien qui se trouve au sud du tropique du Cancer.

## 2. LES CLIMATS LOCAUX

### 2.1. Rôle de l'altitude.

Nous n'avons malheureusement que peu de données précises en ce qui concerne les stations d'altitude moyenne ou élevée.

#### 2.1.1. Précipitations.

CEBALLOS et ORTUÑO (1952) publient des mesures, faites en 1951, dans 6 localités d'altitude variant entre 0 et 2 367 m, toutes situées sur le versant nord de l'île de Tenerife. Les résultats sont groupés dans le tableau XIII.

TABLEAU XIII

Précipitations à différentes altitudes, en 1951, sur le versant nord de l'île de Tenerife  
(d'après CEBALLOS et ORTUÑO, 1952)

Stations	Altitude (m)	Climax	Précipitations annuelles (mm)
Izaña de Tenerife	2 367	retamal (fourrés)	521,6
Vivero de Fuente Mesa	1 750	escobonal (fourrés)	819,5
Realejo Bajo (casa forestal)	1 490	pinar (savane-pineraie)	977,6
Posada de las Vacas			
— en lieu découvert	966	bosque (forêt)	955,5
— sous les arbres	966	bosque (forêt)	3 038,0
La Orotava	450	bosque (forêt)	681,1
Puerto de la Cruz	0	matorral (désert)	544,2

Les précipitations annuelles, particulièrement abondantes en 1951, augmentent à partir de la zone côtière jusqu'à 1 000-1 400 m, niveau correspondant à la forêt, pour diminuer de nouveau au-delà de cette limite et atteindre, à 2 367 m, une valeur voisine de celle obtenue sur la côte. Or, le maximum correspond précisément à la zone où les *nuages*, poussés par l'alizé du N-NE, viennent buter contre le versant de l'île. On peut donc deviner qu'à ce double gradient d'aridité croissante de part et d'autre de cette zone, correspond un gradient parallèle de xéromorphie croissante de la végétation.

La comparaison des bilans hydriques de Santa-Cruz de Tenerife (10 m), La Orotava (100 m), La Laguna (547 m), Los Rodeos (600 m environ) et Izaña de Tenerife (2 367 m) est également fort éloquent (fig. 5).

Le plafond nuageux qui, par conséquent, n'existe que sur les versants exposés au vent (nord et est), n'a pas une altitude constante : 800 à 1 800 m selon DAVY DE VIRVILLE (1964), 500 à 1 000 m d'après DANSEREAU (1966). PITARD et PROUST (1908) font très justement remarquer que les variations d'altitude des nuages sont fonction des heures de la journée (variations diurnes, de faible amplitude) et des saisons (variations saisonnières, de forte amplitude) : entre 500 et 800 m en hiver, entre 1 200 et 1 800 m en été. Nous n'avons pu vérifier ces chiffres ; cependant, nous avons remarqué, en août 1967, de rares descentes de la nappe de nuages au-dessous de 600 m.

Les vues aériennes des îles montrent bien que, la plupart du temps, ces nuages se forment aux abords des reliefs et n'existent pas ailleurs, au-dessus de la mer. Ils ont donc pour origine l'élévation, le long des versants, des masses d'air humide, poussés par l'alizé et qui se condensent, sous l'effet du refroidissement, à une altitude variable suivant la température.

PITARD et PROUST signalent également, dans certains cas, (région du Golfo, à Hierro), la disparition nocturne des nuages.

### 2.1.2. *Hygrométrie.*

D'une valeur moyenne de 60 à 76 % sur la côte, elle augmente jusqu'à l'altitude correspondant au plafond nuageux (82 % en décembre à La Laguna - 547 m -, probablement 90 % et plus au niveau de la forêt de *Lauracées*, dans la zone des brouillards, entre 600 et 1 200 m) pour diminuer ensuite progressivement jusqu'aux sommets élevés : nous avons observé une hygrométrie variant de 30 à 35 % dans le cirque de Las Cañadas, à 2 200 m d'altitude (Tenerife).

Sur les versants sud, abrités du vent humide, il doit en être autrement et il est vraisemblable que l'hygrométrie décroît régulièrement à partir du littoral jusqu'aux sommets des montagnes.

Cette humidité constante de l'air dans la zone côtière est d'un très grand intérêt, principalement dans les îles orientales, où elle permet la culture de plusieurs plantes méditerranéennes (vigne, tabac...) sous un climat désertique et chaud et sans aucune irrigation (rosées nocturnes).

### 2.1.3. *Température.*

La température moyenne annuelle diminue avec l'altitude. Elle est de 16,2 °C à La Laguna (547 m) mais atteint encore 9,4 °C à Izaña de Tenerife (2 367 m).

Quant à l'amplitude thermique annuelle (6 à 8°C au bord de la mer et aux altitudes moyennes), elle augmente lorsque l'hygrométrie diminue : 13 °C à Izaña de Tenerife. Dans cette dernière localité, la température minimale mensuelle ne s'abaisse pas au-dessous de 0 °C (0,9 °C en février). Le maxima mensuel est, par contre, de 21,7 °C en août par suite du rayonnement solaire intense.

Nous n'avons malheureusement aucune information sur la limite au-dessus de laquelle peuvent intervenir des gelées. Les chutes de neige, inexistantes l'été, ne surviennent l'hiver qu'au-dessus de 900 m, sur les versants nord et 1 100 m sur les versants sud. Au-dessus de 2 000 m, l'enneigement peut durer 2 à 3 mois d'après PITARD et PROUST. Les neiges pérennes sont inconnues aux Canaries.

### 2.1.4. *Les variations du quotient pluviothermique d'EMBERGER et la durée de la saison sèche* (tableaux VII B et IX B, fig. 6).

L'absence de données suffisantes ne permet que des suppositions qu'il serait intéressant de pouvoir vérifier ultérieurement :

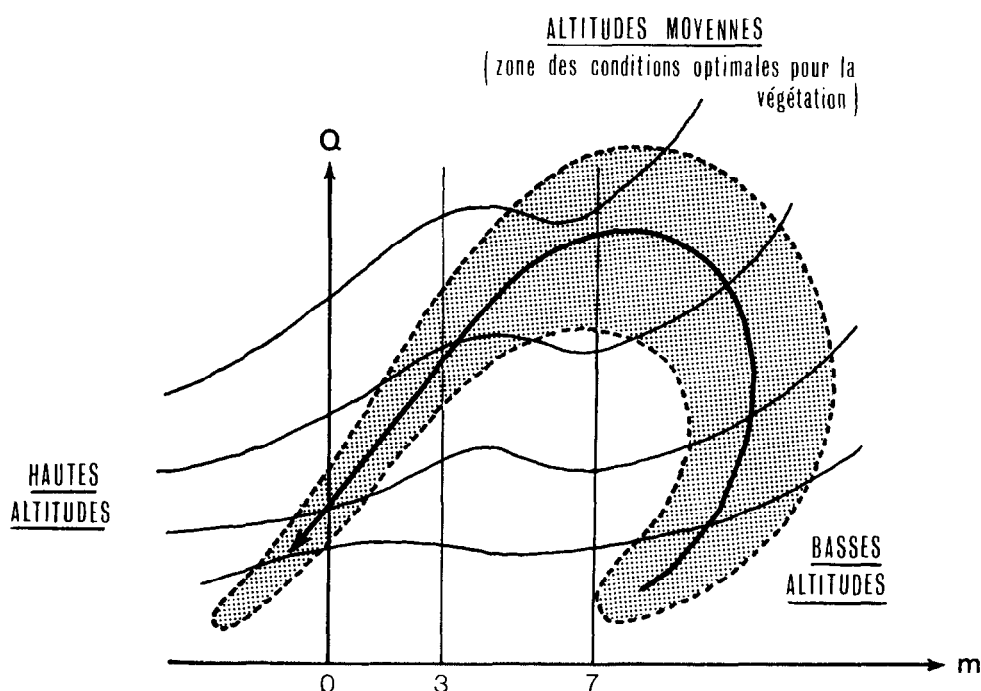


FIG. 11. - Schéma théorique de la répartition des stations canariennes (versant nord seulement) sur le climagramme pluviothermique du coefficient d'EMBERGER

Partant d'un régime côtier méditerranéen à hiver chaud, saharien, aride ou semi-aride suivant les cas, nous atteignons, avec le niveau montagneux, le quotient maximum correspondant à un climat subhumide et même humide, tout en passant dans la catégorie « hiver tempéré ». L'altitude augmentant encore, le quotient décroît pour tendre à nouveau vers le type aride dans les déserts de haute montagne, mais, cette fois, avec un hiver frais ou froid. En conséquence, nous proposons le schéma théorique de la figure 11, valable pour les versants nord seulement des îles montagneuses.

En ce qui concerne la végétation, les facteurs limitants sont donc essentiellement le froid hivernal aux hautes altitudes et la sécheresse estivale aux basses altitudes.

Nous avons vu, au paragraphe précédent, que la saison sèche, déterminée d'après la méthode d'EMBERGER, se prolongeait aux basses altitudes tout au cours de l'année. La même méthode appliquée aux stations d'altitude moyenne (versant nord) et élevée donne les résultats du tableau IX B : dans les trois cas, le printemps et l'été sont secs, l'automne et l'hiver sont humides (rapport P/M supérieur à 7).

## 2.2. Rôles de la latitude et de la longitude.

### 2.2.1. Latitude.

Si, à l'échelle de la Macaronésie, l'influence des différences de latitude est importante, comme nous l'avons mis en évidence précédemment (fig. 4), il n'en est pas de même à l'échelle, beaucoup plus réduite, de l'archipel des Canaries dont les îles sont toutes situées entre 27 et 29° N.

### 2.2.2. *Longitude.*

Par contre, les deux extrémités orientale et occidentale de l'archipel étant distantes l'une de l'autre de plus de 600 km (13 à 18° W), on peut s'attendre à un rôle sensible de la longitude :

Il suffit de regarder la figure 3 pour s'apercevoir que les îles orientales sont beaucoup plus sèches que les îles occidentales. De nombreux auteurs dont DAVY DE VIRVILLE (1965), LARSEN (1960), PITARD et PROUST (1908), en ont conclu à une influence notoire de la proximité du Sahara, distant seulement d'une centaine de kilomètres de Fuerteventura. Ceci n'est pas totalement inexact ; le sirocco, vent chaud, très sec et poussiéreux venant du Sahara, atteint parfois, surtout au printemps, l'est de l'archipel : PITARD et PROUST mentionnent l'existence de vents chargés de sable soufflant, de temps à autre, jusqu'à Lanzarote et, beaucoup plus rarement, Gran Canaria. KENDREW (1961) puis DAVY DE VIRVILLE (1965) en ont donné confirmation.

Cette influence est cependant plus apparente que vraie : en effet, seules les îles orientales ne présentent guère de reliefs importants (Lanzarote : 684 m, Fuerteventura : 860 m) alors que toutes les autres dépassent 1 300 m. On comprend aisément que l'alizé, chargé de vapeur d'eau mais ne rencontrant pas d'obstacles, balaye violemment ces îles au passage sans y former de condensations. Pour s'en convaincre, il suffit de regarder l'histogramme de Punta de Orchilla (Hierro), qui est une des îles les plus éloignées de l'Afrique. Il indique une sécheresse pratiquement aussi intense qu'à Tefia (Fuerteventura). Or, Punta de Orchilla est une station sous le vent, donc non soumise aux effets de l'alizé.

### 2.3. *Rôle de l'exposition.*

Nous ne reviendrons pas en détail sur celui-ci qui se trouve déjà en grande partie traité dans les paragraphes précédents dont il se dégage clairement que les côtes sous le vent, donc méridionales, des îles montagneuses présentent un climat beaucoup plus chaud et plus sec encore, voire désertique, que les côtes au vent (exposées au N-NE) dont les versants sont, au niveau de la nappe de nuages, abondamment arrosés. Les premières étant presque inhabitées par suite, précisément de l'hostilité des conditions climatiques, nous n'avons pu obtenir d'informations chiffrées à leur sujet.

## 3. LES MICROCLIMATS

Ils sont, bien entendu, très nombreux en raison principalement du relief accidenté et du rôle primordial de l'exposition. Ils sont aussi intimement liés aux diverses formations végétales et nous ne citerons que deux exemples remarquables à ce sujet :

a) Les *associations biologiques* entre deux plantes d'espèces différentes, fréquentes dans les formations désertiques du littoral : l'espèce la mieux préadaptée aux conditions écologiques s'installe d'abord, puis, le micromilieu formé par son ombre et les débris organiques qui s'accumulent à la base est favorable à la germination d'espèces plus exigeantes qui peuvent ensuite supplanter la plante protectrice. Parmi celles qui ont retenu notre attention, citons la germination de *Kleinia neriifolia* dans les touffes de *Zollicoferia spinosa* ou d'*Opuntia tuna* et celle d'*Euphorbia balsamifera*, ainsi que de *Plocama pendula*, dans les buissons d'*Euphorbia canariensis*.

b) Le deuxième exemple, extrait du tableau XIII, a été mis en valeur à juste titre par DANSEREAU (1968) : la pluviosité mesurée sous la voûte des arbres à Posada de Las

Vacas (forêt de *Lauracées*) est presque trois fois supérieure à celle observée à quelque distance, dans la même localité et à la même altitude, mais en terrain découvert, après destruction de la forêt. Celle-ci joue donc ici le rôle d'un gigantesque *condensateur* qui permet une alimentation en eau du sol suffisante pour sa survie. Les arbres disparus, les nuages et les brouillards, presque constants à ce niveau, stagneraient sans se condenser, d'où l'extrême difficulté ou même l'impossibilité de régénération de la forêt soulignée par DANSEREAU.

Nous avons ici une magnifique illustration de l'équilibre milieu-végétation et du danger que l'on peut risquer de le rompre.

#### 4. CONCLUSIONS

Le climat des îles Canaries, parfois *désertique*, généralement *méditerranéen* à hiver chaud et été très sec, est à la limite de l'*influence tropicale* qui se manifeste déjà par des pluies d'automne, une température toujours élevée et de faible amplitude annuelle. Le bilan hydrique de Cap Juby (fig. 3), qui se trouve à la même latitude que les Canaries, à 100 km à l'est de Fuerteventura, sur la côte africaine, matérialise bien cet état de transition : la courbe des précipitations possède un maximum principal en novembre, correspondant aux pluies méditerranéennes, et un maximum secondaire en septembre, déjà perceptible sur l'histogramme d'Ifni (fig. 4), équivalent aux pluies tropicales. Cet état de fait est encore plus net à Villa Cisneros (fig. 4), au niveau même du tropique (23° N), mais, cette fois, c'est le maximum de septembre qui dépasse celui de décembre : l'influence tropicale l'emporte alors sur l'influence méditerranéenne.

Enfin, deux aspects essentiels du rôle du climat sur la flore et la végétation des îles doivent être soulignés :

D'une part, la concordance des fluctuations géographiques du climat et des différentes formations végétales, remarquable *stratification des grands groupements végétaux* sur les versants N-NE aboutissant, à partir d'une zone forestière humide aux altitudes moyennes (laurisilve), à des conditions subdésertiques ou désertiques à mesure qu'on s'en éloigne vers le haut (fourrés à Légumineuses et désert froid) ou vers le bas (désert à succulentes et microphylls épineuses).

D'autre part, la grande variété des types climatiques et la constance du facteur thermique aux basses altitudes (hiver toujours chaud) confère au climat canarien un rôle prépondérant dans la *conservation* (à l'abri de grands bouleversements) *des éléments*, souvent disparus ailleurs, qui ont contribué au peuplement des îles dont l'histoire peut être ainsi retracée par l'étude des affinités floristiques et des types d'endémisme.

*Manuscrit reçu le 24 novembre 1970*

#### BIBLIOGRAPHIE

- ARLÉRY (R.), GARNIER (M.), LANGLOIS (R.) – 1954 – Application des méthodes de THORNTHWAITTE à l'esquisse d'une description agronomique du climat de la France. *Météorologie*, fasc. 10-12, 345-369.
- CEBALLOS FERNANDEZ DE CORDOBA (L.), ORTUÑO MEDINA (F.) – 1951 – Estudio sobre la Vegetación y la Flora forestal de las Canarias occidentales. Ministerio de Agricult. *Inst. Forest. de Invest. y Exper.*, Madrid, 465 p., 165 figures et cartes.

- CEBALLOS FERNANDEZ DE CORDOBA (L.), ORTUÑO MEDINA (F.) – 1952 – El bosque y el agua en Canarias. *Montes*, vol. VIII, n° 48, 418-423.
- CURÉ (P.) – 1950 – La nouvelle classification des climats de THORNTHWAITE. *Météorologie*, avril-juin, 99-106.
- DANSEREAU (P.) – 1966 – Etudes macaronésiennes : 3. La zonation altitudinale. *Naturaliste canad.*, vol. 93, 779-795.
- DANSEREAU (P.) – 1968 – Macaronesian studies : 2. Structure and functions of the laurel forest in the Canaries. *Collect. bot.*, vol. VII, n° 1, 227-280.
- DAVY DE VIRVILLE (A.) – 1964 – Contribution à l'étude de l'endémisme végétal dans les îles Atlantides. *C.R. Soc. Biogéogr.*, n° 364, 191-196.
- DAVY DE VIRVILLE – (1965) – L'endémisme végétal dans les îles Atlantides. *Rev. gén. Bot.*, tome 72, n° 857, 577-602 et 640-641.
- EMBERGER (L.) – 1942 – Sur le quotient pluviométrique. *C.R. Acad. Sci.*, vol. 77, 97-124.
- EMBERGER (L.) – 1955 – Une classification biogéographique des climats. *Rec. trav. lab. Bot., Géol. Zool., Fac. Sci. Univ. Montpellier*, vol VII, 1-43.
- EMBERGER (L.) – 1959 – La place de l'Australie méditerranéenne dans l'ensemble des pays méditerranéens du vieux monde. *Biogeography and Ecology in Australia. Monogr. biol.*, vol. VIII, 259-273.
- EMBERGER (L.) – 1962 – Comment comprendre le territoire phytogéographique méditerranéen français et la position systématique de celui-ci. *Nat. Monspel., série Bot.*, fasc. 14.
- EMBERGER (L.) – 1964 – La position phytogéographique du Maroc dans l'ensemble méditerranéen. *Al Awamia* (Rabat), n° 12, 1-15.
- GRANVILLE (J.-J. de) – 1968 – Les îles Canaries : Etude bioclimatique de l'archipel; aperçu général sur la flore, la végétation et les conditions du milieu. Rapport multigr. présenté Fac. Sci. Orsay, 86 p., 22 pl.
- GUINIER (Ph.) – 1943 – Feuillaison et défeuillaison des arbres européens à feuilles caduques dans les îles macaronésiennes. *C.R. Soc. Biogéogr.*, n° 171-172, 37-38.
- KENDREW (W.-G.) – 1961 – The climates of the continents. Clarendon Press, Oxford, 608 p.
- LARSEN (K.) – 1960 – Cytological and experimental studies on the flowering plants of the Canary Islands. *Koninkl. Danske Vid. Selsk. biol. skriftl.*, Kôbenhavn, vol. II, n° 3, 60 p.
- PITARD (J.), PROUST (L.) – 1908 – Les îles Canaries : Flore de l'archipel. P. Klincksieck Paris, 503 p., 19 pl.
- SAUVAGE (Ch.) – 1962 – Le coefficient pluviométrique d'EMBERGER ; sa signification et son utilisation au Maroc. *C.R. Séances mens. Soc. Sci. nat. Maroc.*, vol. 28, n° 5-6, 101-102.
- Tables of temperature, relative humidity and precipitations for the world. Meteorological, Office, publication 617, Açores : fasc. M.O. 617 Europe, p. 79, Madère, Canaries, Cap Vert : fasc. M.O. 617 Afrique, 185-188.
- THORNTHWAITE (C.-W.) – 1948 – An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, vol. XXXVIII, 55-94.
- WALTER (H.), LIETH (H.) – 1967 – *Weltatlas Klimadiagramm*. G. Fischer Verl, Jena.