

LA CAPTATION DE L'EAU A TENERIFE (ILES CANARIES). L'UTILISATION DES BROUILLARDS

V. MARZOL (1), P. DORTA (1), P. VALLADARES(1), P. MORIN (1),
J. SANCHEZ MEGIA (2), M. ABREU (1)

(1) *Département de Géographie. Université de La Laguna.*

(2) *Centre Météorologique Territorial des Canaries Occidentales.*

Résumé:

Durant une année, 1993-1994, le Centre Météorologique Territorial des Canaries Occidentales (C.M.T.) et le Département de Géographie de l'Université de La Laguna ont réalisé une expérience-pilote afin d'évaluer le potentiel de captation d'eau provenant de la pluie et du brouillard. Au cours de ce travail nous présenterons la méthodologie et les instruments utilisés ainsi que les premiers résultats de la recherche.

Abstract:

During one year, 1993-1994, the Western Canary Islands Meteorological Center and La Laguna University's Department of Geography have developed a scientific research to measure the ammount of water coming from rainfall and fog. Here we show the ways and the instruments used and the first results of this work.

Mots-clés: Brouillard, eau, capteur de brouillard, Tenerife, Canaries.

Key-words: Fog, water, fog collector, Tenerife, Canary Islands.

Introduction

Le brouillard est une masse d'air qui contient de minuscules gouttelettes d'eau, si petites et légères qu'elles ne tombent pas sous l'effet de la pesanteur et se maintiennent en suspension à la merci du vent qui les transportent jusqu'à ce qu'elles heurtent un obstacle, généralement la végétation, où elles sont déposées pour être postérieurement précipitées sur le sol sous forme de gouttes plus grandes. Dans l'archipel canarien, ce phénomène est associé à un type de nébulosité spécifique, une couche de strato-cumulus qui se forme à des centaines de kilomètres des îles et qui, en s'approchant de la surface de l'île, donne naissance à des brouillards de type orographique et d'advection. Son développement vertical peu important et son aspect uniforme avec une couche supérieure similaire à celle de l'océan, ont valu à ce phénomène le nom de "mer de nuages".

Les facteurs expliquant la formation de cette nébulosité ne sont pas exclusifs des Canaries étant donné qu'ils sont extensibles à d'autres parties du globe comme les côtes péruvienne et chilienne, celles de Californie et du Sud-Ouest de l'Afrique, régions qui sont toutes baignées par un courant marin froid et qui ont une circulation atmosphérique dominée par l'existence d'un anticyclone, aussi bien en surface qu'en altitude. L'action combinée de ces deux facteurs, qui, aux Canaries, sont représentés par le courant océanique froid des Canaries et l'anti-

cyclone des Açores, donne lieu à une stabilité prononcée de l'atmosphère ainsi qu' à une stratification anormale de la basse troposphère en deux couches : l'inférieure, fraîche et humide, et la supérieure, chaude et sèche. La limite entre les deux couches est une inversion thermique de subsidence qui empêche le développement vertical des nuages et est responsable de la forme aplatie que présentent leurs sommets.

Le facteur géographique conditionnant la distribution locale de cette couche nuageuse sur les îles est le relief, son altitude et son orientation. Dans certains cas, l'altitude empêche le passage de cette nébulosité et favorise sa stagnation sur les versants septentrionaux; dans d'autres cas, les cols naturels qu'offre la topographie facilitent l'avancement des nuages, parfois au ras du sol, comme c'est le cas dans la zone que nous avons choisie pour situer la station expérimentale.

A Tenerife, il existe des secteurs où il pleut près de 1.000 l/m^2 par an mais il en existe également d'autres où les précipitations annuelles n'atteignent pas les 100 l/m^2 . L'épuisement progressif de la nappe aquifère alimentée seulement par l'eau de pluie, provoquera dans un futur proche l'impossibilité de satisfaire la demande croissante en eau des différents secteurs économiques (dans l'île de Grande Canarie on compte actuellement avec plusieurs usines de dessalage de l'eau de mer).

L'eau contenue et transportée par les nuages est une réserve possible qui ne doit pas être négligée dans une région où l'eau se fait de plus en plus rare, tandis que sa consommation devient de plus en plus élevée. Il faut connaître le potentiel de cette ressource naturelle et la technologie appropriée pour extraire l'eau des nuages et du brouillard afin d'être préparé à un futur, malheureusement proche. Cette utilisation du brouillard n'est possible que sur les versants exposés aux alizés et pourrait servir à pallier le problème dans certains secteurs ou à certaines utilisations concrètes.

La présente étude constitue les premiers résultats obtenus et nous avons travaillé avec les jours de pluie, de brouillard ou à la fois de pluie et de brouillard. Lors un travail postérieur, nous analyserons les jours où il n'y a eu que du brouillard.

1. Caractéristiques du lieu sélectionné pour l'étude

Pour réaliser la phase expérimentale, nous avons choisi "Las Lagunetas" (Municipalité de La Matanza), situé à $28^{\circ}25'05''\text{N}$ et $16^{\circ}24'35''\text{W}$ et à une altitude de 1.400 mètres. Il s'agit d'un secteur plat, dépourvu d'arbres et enfermé entre une série d'élévations, mais avec un col orienté vers le Nord par où pénètrent facilement le vent et la couche de strato-cumulus depuis l'Océan Atlantique (fig.1).

Bien que nous fussions conscients de ce que l'altitude du lieu n'était pas des plus adéquates puisque la nébulosité durant les mois d'été est plus basse et qu'elle ne monte que rarement jusqu'à 1.400 mètres, il y avait l'existence d'une infrastructure légère antérieure, installée par l'ICONA (Institut pour la Conservation de la Nature) en 1985 sur une propriété privée (ce qui avait l'avantage d'assurer la protection des instruments) ainsi que la présence d'une topographie permettant l'entrée d'un plus grand volume d'air chargé de gouttelettes et provenant de

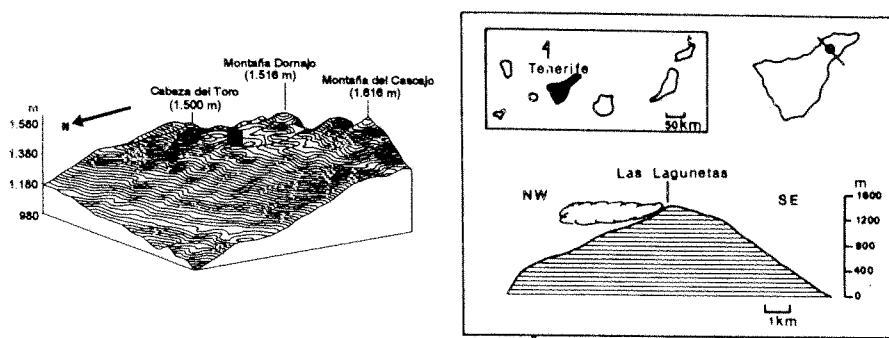


Figure 1: Localisation de la station de Las Lagunetas (Tenerife).

l'océan; ces facteurs ont été décisifs dans le choix du lieu d'emplacement de la station expérimentale.

L'année étudiée a été peu pluvieuse. La moyenne annuelle de la série disponible (1985-1992) est de 1.021 l/m^2 face aux 888 l/m^2 (fig 2) recueillis durant ces douze mois (juillet 1993-juillet 1994). La distribution mensuelle de la pluie a été également marquée par une certaine anomalie; alors qu'habituellement les mois les plus pluvieux sont février, novembre et janvier (en février la moyenne approche les 200 l/m^2), au cours de l'année étudiée les mois les plus pluvieux ont été novembre et mars, et en février 13.5 l/m^2 seulement sont tombés.

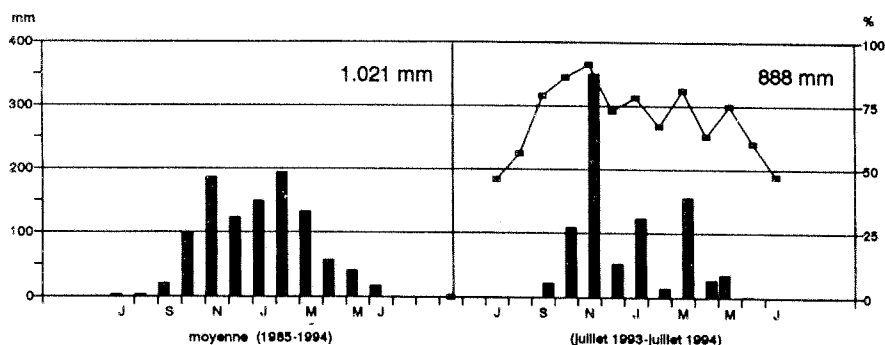


Figure 2: Régimes pluviométriques, précipitations de la période d'étude et humidité relative moyenne mensuelle à Las Lagunetas (Tenerife).

L'humidité relative moyenne de l'air à Las Lagunetas est supérieure à 70% durant neuf mois par an (du mois de septembre jusqu'à la fin du mois de mai) alors que durant les trois autres mois elle descend à 54%. En ce qui concerne le régime

hygrométrie de ce lieu, il faut souligner le camouflage de la réalité qui suppose l'utilisation exclusive des valeurs moyennes obtenues à quatre heures météorologiques (1, 7, 13 et 18 GMT). Celles-ci semblent indiquer que l'humidité de l'air se maintient pratiquement identique tout au long de la journée; néanmoins l'analyse des maxima et minima démontre que c'est inexact parce qu'il n'est pas rare qu' en 24 heures on passe d'un air presque sec (moins de 15%) au point de condensation (100%). Nous considérons de grande utilité l'information fournie par cet élément climatique puisqu'au moment où l'on atteint 100% les appareils commencent à recueillir l'eau qui provient du brouillard.

2. Méthodologie et instruments utilisés

L'objectif de la phase préliminaire du projet est d'établir quels seront la méthodologie et les instruments nécessaires pour optimiser la captation d'eau à partir du brouillard aux Canaries. C'est pourquoi on a planifié une campagne de travail sur le terrain pendant une année pour voir les variations saisonnières et d'altitude de la couche nuageuse.

Durant cette période, nous avons visité l'installation une fois par semaine afin de changer les bandes de température et d'humidité relative, quantifier l'eau recueillie dans les réservoirs, contrôler les instruments et en faire l'entretien en vue d'éviter, autant que possible, les ennuis mécaniques des appareils.

Une fois terminée la phase d'expérimentation nous avons procédé: **a)** à l'analyse des bandes de température et d'humidité (dans un premier temps nous n'avons extrait que l'information à 1, 7, 13 et 18 heures GMT et les extrêmes journaliers, bien que lors d'une analyse ultérieure nous obtiendrons les valeurs horaires). **b)** à la lecture de l'intensité horaire des bandes du pluviographe et des cinq capteurs de brouillard. **c)** et à l'analyse statistique de l'information dans une base de données.

Tous les capteurs de brouillard, dessinés par la Section de Systèmes de Base du C.M.T., sauf le numéro 2-A, sont basés sur le type Grunow¹ mais avec des mailles de matériaux divers (plastique, métal, etc.). Ils sont composés d'un petit cylindre de 16.0 cm de diamètre et de 12.5 cm de hauteur, avec une surface de captation efficace de 200 cm² (la même que la section des pluviomètres de l'Institut National de Météorologie espagnol), sur laquelle le brouillard, en passant, dépose les gouttes d'eau qui glissent ensuite sur les fils du filet et passent à un enregistreur installé dans la partie inférieure. La raison pour laquelle nous avons réalisé l'expérience avec un collecteur cylindrique de cette grandeur est de pouvoir comparer la moyenne d'eau provenant de la pluie avec celle provenant du brouillard. Ces cylindres ont été fixés à l'entrée des pluviomètres (type Hellman) utilisés par l'I.N.M espagnol; leurs filets forment des trous rectangulaires et sont placés à 3 mètres du sol (fig. 3).

Tout au long de la campagne nous avons expérimenté différents types de mailles pour vérifier leur efficacité de captation et détecter laquelle était la plus adéquate

¹ Invention de l'allemand J. GRUNOW, acceptée par la O.M.M.. Cette invention consiste en un cylindre de filet métallique placé sur un pluviomètre.

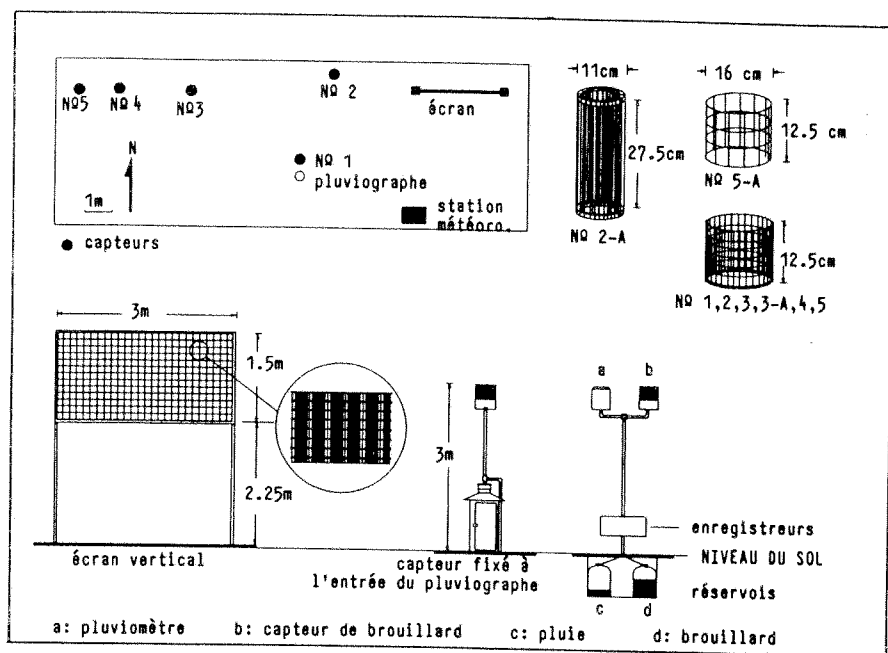


Figure 3: Types d'appareils utilisés pour cotez l'eau des nuages et du brouillard à Las Lagunetas (Tenerife) en lne Juillet 1993 et Juillet 1994.

Tableau 1: Types d'appareils utilisés et période de fonctionnement de chaque filet

Appareil	h (cm)	a (cm)	c (cm ²)	d(mm)	e(mm)	f	PERIODE
n°1	12.5	16	200	0.5	1.6x1.6	acier inoxy- dable	1-VII-1993 27-VII-1994
n°2	12.5	16	200	0.4	1.4x1.4	plastique	1-VII-1993 19-VII-1993
n°2-A	27.5	11	302.5	1.0	2.0	fil de teflon	19-VII-1993 27-VII-1994
n°3	12.5	16	200	0.6	1.2x1.5	plastique	1-VII-1993 19-VII-1993
n°3-A	12.5	16	200	1.5 y 1.2	1.2x1.5	plastique	19-VII-1993 27-VII-1994
n°4	12.5	16	200	0.5	4.5x4.5	fer galvanisé	1-VII-1993 27-VII-1994
n°5	12.5	16	200	0.2	0.8x0.8	acier inoxy- dable	1-VII-1993 19-VII-1993
n°5-A	12.5	16	200	1.8	17.0x30.0	plastique	19-VII-1993 1-XI-1993
n°5-B	12.5	16	200	0.3	1.2x1.5	fil plastifié	1-XI-1993 27-VII-1994

h: hauteur; a: diamètre; c: superficie efficace; d: grosseur du fil; e: trous; f: type de filet

(nous avons remplacé les filets de trois appareils, laissant deux fixes comme modèle de référence). Le changement des filets s'est effectué le même jour de sorte que la comparaison des données ne pose aucun problème. Et comme l'emplacement des capteurs de brouillard n'a pas changé, nous avons décidé de maintenir sa numérotation tout au long de la campagne ne rajoutant que les lettres A ou B (tableau 1).

Le capteur de brouillard n° 2-A a un dessin similaire à celui utilisé dans les programmes américain (Mountain Cloud Chemistry Program) et canadien (Chemistry of High Elevation Fog Project) (Schemenauer, 1986). Il s'en différencie en ceci qu'il est fait de fils de teflon et formé de deux cercles concentriques. Sa superficie de captation est supérieure à celle des autres (302.5 cm^2), ce qui nous a obligé à appliquer un facteur de correction pour ainsi pouvoir comparer les volumes d'eau de celui-ci par rapport aux autres capteurs de brouillard.

Nous avons également installé:

- a) un pluviographe pour pouvoir connaître la quantité de pluie tombée en ce lieu et ainsi la distinguer de celle qui provient du brouillard.
- b) un écran vertical fixe avec des filets simples, de tissu noir en polypropylène (raphia), facile à remplacer en cas de détérioration parce que son utilisation est étendue aux Canaries étant donné qu'on l'utilise pour couvrir les serres. Il fait 3.0 m de large sur 1.5 m de hauteur et est suspendu à deux poteaux métalliques et dont la base se trouve à 2.25 mètres du sol. Le filet a une épaisseur de $2.1 \times 1.0 \text{ mm}$, des trous de $1 \times 23 \text{ mm}$ et tous les six fils un trou de $4 \times 23 \text{ mm}$. Dans la partie inférieure se trouve un collecteur qui recueille l'eau qui glisse sur le tissu et la canalise vers un réservoir enterré d'une capacité de 65 litres.

La structure métallique de cet écran provenait d'une expérience antérieure commencée en 1985 par l'ICONA mais nous ne disposons pas des données utilisables de cette campagne (décembre 1985 - mars 1986) à cause du débordement successif du réservoir. Voilà pourquoi nous avons décidé de réduire la superficie du filet à un mètre carré mais nous avons dû constater qu'en cas de pluie sa superficie est insuffisante.

- c) Une station météorologique standard (sous abri), munie d'enregistreurs de température et d'humidité relative de l'air sur une bande hebdomadaire.

La station météorologique automatique (modèle EMA II/V) a présenté d'importantes difficultés tout au long de la campagne, étant donné la saturation de l'air dans les connecteurs, ce qui nous a empêché de connaître une donnée essentielle dans ce type d'étude comme la vitesse et la direction du vent au moment de l'entrée du brouillard.

3. Résultats et conclusions

Sur un total de treize mois avec six instruments enregistreurs, il y a très peu de lacunes d'information et l'on peut considérer que la fiabilité des résultats finaux sera acceptable. Cela dit, étant donné qu'il est prouvé que durant quelques heures voire quelques jours, il y a eu des problèmes de fonctionnement des appareils nous avons éliminé les périodes de mauvais fonctionnement afin de pouvoir com

parer les résultats finals entre l'eau recueillie par les capteurs de brouillard et celle de la pluie obtenue par le pluviographe (tableau 2). C'est pourquoi nous avons fait la distinction entre:

- a) Les épisodes, heures ou jours, durant lesquels l'appareil a été en panne, mais dont nous connaissons la quantité totale d'eau accumulée pendant ce temps. Ceci permet d'utiliser cette eau pour les calculs totaux mais sans l'analyse horaire.
- b) Les épisodes durant lesquels il est impossible de connaître la quantité d'eau entrant dans l'appareil en question et durant lesquels on sait qu'il y a eu du brouillard parce que les autres l'ont enregistré. Dans ce cas nous avons opté pour déduire l'eau recueillie dans ceux qui ont bien fonctionné pour ainsi pouvoir comparer les totaux mensuels, bien que ceci suppose travailler avec des volumes d'eau inférieurs à ceux qui ont été recueillis en réalité.

Tableau 2: Caractère de l'information dans chaque appareil

MOIS	PG	N°1	N°2	N°2-A	N°3	N°3-A	N°4	N°5	N°5-A	N°5-B
JUILLET (1993)	C	C	C	-	C	-	C	C	-	-
AOÛT (1993)	C	F(3)	R	C	R	C	C	R	A(3)	-
SEPTEMBRE (1993)	A(5)	A(5) F(2)	R	C	R	C	C	R	A(1)	-
OCTOBRE (1993)	A(18)	C	R	C	R	A(7)	A(8)	R	F(1)	-
NOVEMBRE (1993)	A(10)	C	R	C	R	A(9)	C	R	R	A(10)
DECEMBRE (1993)	C	C	R	C	R	F(5)	C	R	R	A(8)
JANVIER (1994)	C	C	R	A(10)	R	C	C	R	R	C
FÉVRIER (1994)	C	C	R	C	R	C	C	R	R	C
MARS (1994)	C	C	R	C	R	A(1)	C	R	R	C
AVRIL (1994)	C	C	R	F(8)	R	C	C	R	R	C
MAI (1994)	C	C	R	C	R	F(1)	A(1)	R	R	A(6)
JUIN (1994)	C	C	R	C	R	A(1)	F(1)	R	R	A(1)F(1)
JUILLET (1994)	C	C	R	C	R	C	C	R	R	C

PG: pluviographe. N° 1,2,...: capteurs de brouillard. C: mois avec information complète. -: n'est pas installé.
R: substituée. A(): nombre de jours avec données cumulées. F(): nombre de jours sans données.

Des enregistrements obtenus on peut dire que le filet le plus efficace a été l'appareil 2-A. L'explication possible de ce fait est peut-être que ce prototype a une plus grande quantité de trous étant donné que son filet est un cylindre de fils doubles, à la différence des autres qui n'ont qu'une seule couche; de plus sa structure et la nature de son matériau (teflon-PTFE) facilite le glissement des gouttes. Dans cet appareil nous avons capté durant toute la campagne l'équivalent de 3.576 l/m² d'eau, sans en distinguer la provenance (pluie ou brouillard) alors que dans les autres, le total oscille entre 2.890 et 3.160 l/m² (tableau 3).

Même si nous n'avons pas terminé de traiter toute l'information, nous pouvons évaluer, de façon préliminaire, les résultats recueillis dans chacun des appareils et leur rapport avec l'eau provenant de la pluie. Pendant la même période les capteurs de brouillard ont comptabilisés près de quatre fois plus d'eau que le pluviographe (3.4 fois le n°1; 4.2 le n° 2; 3.7 le n° 3; 3.5 le n° 4 et 3.8 fois le n° 5).

Tableau 3: Quantités d'eau recueillie dans chaque appareil (mm)

MOIS	PG	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
JUILLET 1993	0.0	29.5	20.6	20.9	37.5	25.2
AOÛT	0.0	3.5	6.0	6.2	5.5	4.5
SEPTEMBRE	17.5	109.1	120.8	132.9	137.3	103.7
OCTOBRE	107.8	127.9	156.6	156.8	139.1	121.7
NOVEMBRE	349.7	946.0	1127.5	1001.7	990.3	920.9
DECEMBRE	28.0	173.9	207.0	204.6	182.5	206.8
JANVIER 1994	122.8	515.1	665.5	504.7	508.6	537.9
FEVRIER	13.5	150.2	184.5	119.7	152.3	176.9
MARS	155.5	566.1	752.7	682.1	556.7	727.8
AVRIL	13.3	43.7	67.1	54.7	46.3	51.3
MAI	31.8	192.3	232.3	204.4	202.6	244.9
JUIN	1.3	28.0	32.9	24.1	22.1	30.4
JUILLET	0.0	4.1	2.4	4.1	3.3	5.2
TOTAL	841.2	2889.4	3575.9	3116.9	2984.1	3157.2

PG: pluviographe. n°1,2,...: capteurs de brouillard.

Bien qu'en termes absolus le volume d'eau procédant du brouillard est plus important pendant les mois les plus pluvieux, en termes relatifs son importance est inférieure à celui obtenu durant les mois d'été (fig. 4). Pendant ces mois d'été, où il ne pleut pas, toute l'eau recueillie, bien que ce ne soit qu'une petite quantité provient exclusivement du brouillard. La moindre quantité d'eau captée en août 1993 est due au fait que, dès la mi-juillet jusqu'au début du mois de septembre, la couche de strato-cumulus se place à une altitude inférieure à celle de l'emplacement de la station. C'est pourquoi pendant ces mois, suivant la dynamique de la nébulosité, nous ne recueillerons toujours qu'une petite quantité d'eau provenant du brouillard à cette altitude.

Il faut souligner le comportement différent du brouillard par rapport à des volumes similaires de pluie qui exige une étude détaillée (les mois de septembre, d'avril et de février où la pluie enregistrée est similaire mais la quantité d'eau de brouillard obtenue diffère notablement).

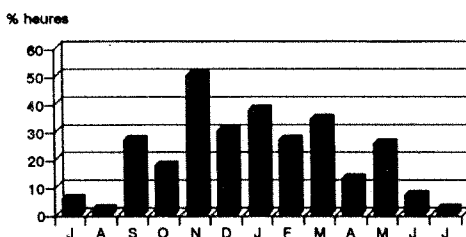


Figure 4: Pourcentage mensuel d'heures de brouillard (Juillet 1993-Juillet 1994) à La Lagunetas (Tenerife).

Le nombre de jours de brouillard par mois est cinq fois plus élevé que celui où, en plus il pleut, ce qui suppose une moyenne de 115 heures en plus où l'eau est "récoltée" par les appareils.

Malgré le fait que l'année a enregistré un volume de précipitations inférieur à la moyenne de la période, il est significatif de signaler que la fréquence du brouillard est si élevée que dès le début du mois de septembre jusqu'à la fin du mois de mai la station a été submergée par le brouillard pendant 30% du temps. Au passage notons que le mois de novembre l'a envoyée plus de la moitié de sa durée. Par contre durant les mois d'été il n'y a eu que 4.5% d'heures avec brouillard (les données de la figure 4 ont été calculées en éliminant les heures de pluie).

Références

- ACOSTA BALADON 1992: "Niebla potable". *Conciencia Planetaria*, n° 12, 50-55.
- CERECEDA, P. 1989: "Las nieblas costeras como recurso hidrológico". *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 31, 29-33.
- CERECEDA, P.; SCHEMENAUER, R.; SUIT, M. 1994: "Producción de agua de nieblas costeras en Perú". *Alisios*, n° 3, 63-74.
- CERECEDA, P.; SCHEMENAUER, R. 1991: "The occurrence of fog in Chile". *J. Appl Meteor*, 30, 53-59.
- FONT TULLOT, I. 1983: *Climatología de España y Portugal*. I.N.M. Madrid.
- GUIODA, A. et al. 1992: "L'arbre Fontaine". *La Recherche*, 249, 1400-1408.
- KAMMER, F. 1974: *Klima und Vegetation auf Tenerife*, besonders im Hinblick auf den Nebelniederschlag. Scripta Geobotanica, Gotinga.
- SCHEMENAUER, R.S. 1986: "Acidic deposition to forest: the 1985 Chemistry of High Elevation Fog (CHEF) Project". *Atmosphere-Ocean*, 24, 303-328.
- SCHEMENAUER, R.S. and CERECEDA, P. 1993: "Fog as an alternative to rainwater collection". *J. Intl. Rainwater Catchment Systems*, 1, 1, 33-35.
- SCHEMENAUER, R.S. and CERECEDA, P. 1994: "A proposed standard fog collector for use in high elevation regions". *Journal of Applied Meteorology*. vol. 00, 001-0010.

Publications de l'Association Internationale de Climatologie

Volume 7

- **METHODOLOGIE, TECHNIQUES** •
- **ACTION DU CLIMAT SUR LE SOL ET LA VEGETATION** •
- **CLIMATOLOGIE MEDITERRANEENNE ET DU MAGHREB** •
- **VARIATION TEMPORELLE DU CLIMAT** •
 - **CLIMATOLOGIE TEMPEREE** •
 - **CLIMATOLOGIE TROPICALE** •
 - **TOPOCLIMATOLOGIE** •

édité par
Panagiotis MAHERAS

*Publié avec le soutien
de la Société Météorologique de France (SMF)*

1994

Λ

Département de Météorologie et Climatologie
Université Aristote de Thessaloniki (Grèce)

