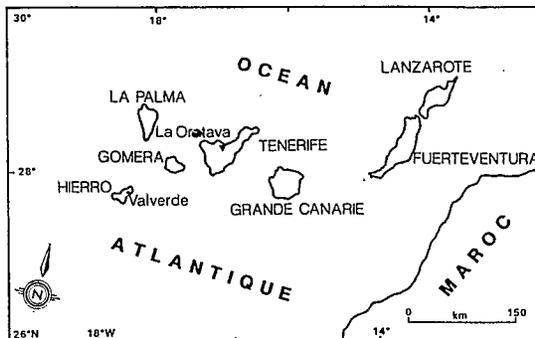


## L'importance des précipitations occultes sous les tropiques secs



▲  
Photo 2. Oasis nuageuse de Fray Jorge (Chili). Végétation avec strate arborée à *Cupressus* proche d'une rivière pérenne, El Mineral, alimentée par des précipitations occultes. Altitude 500 m environ. Fray Jorge est un petit massif côtier entre 30° et 31°S au sud de La Serena. Précipitation interannuelle estimée à 150 mm. Cliché pris en été austral. (Cliché Acosta Baladón).

►  
Figure 1. Archipel des Canaries. La vallée de La Oratava, signalée, est d'une richesse botanique exceptionnelle qui fit l'admiration du grand naturaliste Alexandre von Humboldt.



Andrés N. Acosta  
Baladón

Ingénieur en Agronomie et  
Météorologie  
Expert Principal Honoraire  
de l'OMM  
Paseo San Antonio n° 6-7  
Izq., 37003 Salamañca,  
Espagne

Alain Gioda

Hydrologue  
Chargé de Recherche à  
l'ORSTOM  
BP 5045,  
34032 Montpellier  
cedex 01, France



▲  
Photo 1. Mer de nuages au nord de Santo Antão (Cap-Vert). Altitude de 1 200 m. Versant d'une île au vent où le brouillard se maintient localement pas moins de 200 jours/an. L'agronome cap-verdien, M. Sena, chevauche une mule, animal indispensable pour atteindre les points hauts de l'archipel qui sont d'un accès très difficile. (Cliché Acosta Baladón).

Photo 3. *Furcroya gigantea*, une agave traditionnellement utilisée comme collecteur d'eau potable au Cap-Vert. Première utilisation connue au Campo das Fontes (500 m environ) à Brava en 1942 par l'agriculteur Hermógenes Gonçalves, citée par Reis F. Cunha. Cliché pris au Jardin Botanique de Lisbonne. (Cliché Gioda-ORSTOM).



Le prêtre, Barthélemy de las Casas, qui fut le biographe de Christophe Colomb, visita l'île de Hierro (Canaries) lors d'une escale sur la route des Amériques (figure 1). Au XVI<sup>e</sup> siècle, il décrivit « l'arbre saint, le garoé... Il y a toujours au sommet de cet arbre un petit nuage et le garoé laisse tomber des gouttelettes d'eau que les hommes acheminent vers une modeste fontaine grâce à laquelle humains et animaux vivent pendant les périodes d'extrême sécheresse ». Ce fut la première description physique de capture de l'eau des brouillards par la végétation [1]. Le « garoé » sacré des Bimbaches a survécu jusqu'en 1610. Il se trouvait à Tiñor, localité proche de Valverde (571 m).

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 34.748 001

Cote : B M P62

23 OCT. 1991

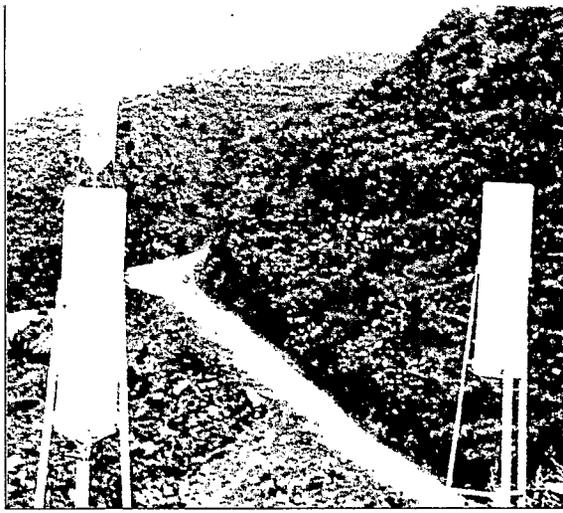


Photo 4. Pluviomètre standard (Météorologie Allemande) et pluviomètre standard coiffé d'un capteur de Grunow implantés sur la Serra Malagueta de Santiago (Cap-Vert). Altitude : 900 m. (Cliché Acosta Baladón).

Le phénomène du captage de l'eau par la végétation s'observe de façon sensible à partir d'environ 500-600 m, altitudes qui correspondent au niveau de la condensation de la vapeur d'eau. Depuis les océans, les masses d'air humide sont poussées par les alizés du Sud-Est (hémisphère sud) ou du Nord-Est (hémisphère nord) jusqu'à la terre (Photo 1). Néanmoins sur les côtes occidentales des continents et les îles océaniques exposées aux vents humides, une végétation verdoyante et des massifs forestiers se développent, approximativement entre les altitudes 400 et 1 200 m, dans des sites où la faiblesse de la pluviométrie rend a priori impossible leur existence (Photo 2). Pareils phénomènes s'observent dans le désert d'Atacama au Chili où il existe, avec seulement une pluviométrie interannuelle de 1 mm, une formation végétale de *Prosopis tamarugo*. Ils sont aussi constatés aux îles Canaries à Tenerife, Grande Canarie, La Palma et Hierro où se développent des forêts de pins et de lauracées compatibles normalement avec une pluie moyenne de 1 000 mm/an alors que seuls 300 à 400 mm environ sont récoltés [1]. Ils se retrouvent enfin aux îles du Cap-Vert à Santo Antão, Brava, São Nicolau, Santiago et Fogo où la pluviométrie est comprise entre 300 à 500 mm environ (figure 2) et également en Namibie et en Arabie.

Aux îles Canaries et du Cap-Vert et au Chili, de nombreuses observations et des essais de capteurs mettent en évidence la grande importance des pluies occultes pour l'agriculture. De plus, il existe la possibilité d'obtenir pour de petites communautés de l'eau potable (Photo 3).

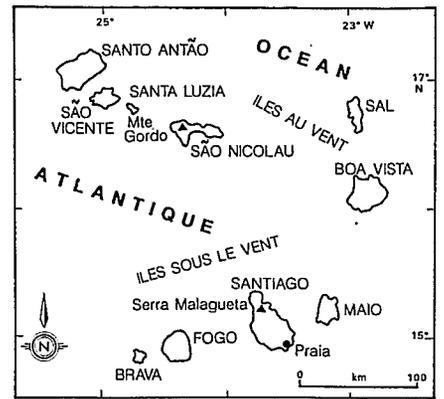


Figure 2. Archipel du Cap-Vert.



▲ Photo 5. Plantation de caféiers arabica, en terrasses pierreuses, installée sur des sols d'origine volcanique dans la région de Manakha (40 km environ à l'ouest de Sana'a Yémen). Altitude 1 600 m. Pluviométrie interannuelle estimée à 350 mm. (Cliché Bureau Agricole Franco-Yéménite).



Photo 6. Plant de Coffea arabica au Yémen protégé par un robuste muret de pierre. Détail de la plantation illustrée à la photo 5. Technique de protection au vent et au dessèchement proche des murets de Lanzarote. (Cliché Bureau Agricole Franco-Yéménite).

Les rosées abondantes des régions côtières du Liban, du Maroc et sur les îles Canaries et du Cap-Vert peuvent permettre le développement de cultures maraichères. Cette richesse potentielle est illustrée par la réussite d'un reboisement de *Prosopis tamarugo* après un petit arrosage durant 30 à 60 jours dans la Pampa du Tamarugal du désert d'Atacama. Aux îles du Cap-Vert et aux Canaries, pendant les périodes d'extrême sécheresse, des inféro-flux alimentant les puits et les galeries de captage ne tarissent pas grâce aux pluies occultes. Le religieux uruguayen, Germán Saa et ses collaborateurs, Miguel Valdez et Car-

#### Définitions

**Garoaé** : arbre totémique des Bimbaches. D'espèce inconnue, il disparut victime d'une tempête avant l'existence de la classification scientifique de Linné. C'est littéralement, en espagnol sud-américain, l'arbre de la bruine (*garúa*).

**Bimbaches** : population de Hierro existant avant l'arrivée de la colonisation castillane puis espagnole. Les Bimbaches étaient un rameau des Guanches disparus à partir du début du XV<sup>e</sup> siècle aux Canaries. Ils étaient apparentés aux Berbères mais leur civilisation était totalement originale.

**Lauracées** : famille de plantes dicotylédones et dialypétales comprenant des arbres et des arbustes (laurier, camphrier, cannellier, sassafras).

**CaptEUR** : partie sensible d'un instrument de mesure et, par extension, l'appareil de mesure lui-même.

**Inféro-flux** : fraction de l'écoulement des cours d'eau qui se produit en milieux poreux, spécialement dans les matériaux constituant le fond du lit. Cet écoulement peut continuer quand le lit est apparemment sec.

**Galerie de captage** : conduite horizontale et perméable destinée à collecter l'eau d'une nappe souterraine. Un exemple : les *foggara* du Maghreb.

**Plaque de rosée** : il s'agit d'un capteur qui permet par différence de poids d'estimer la quantité de précipitations occultes. Les plaques de rosée de Leick, selon la technique de 1933, sont des parallépipèdes de 10 cm de côté et de 1 cm de hauteur et elles sont composées à partir d'un mélange séché de terre siliceuse (50 g), de plâtre (100 g) amalgamé avec 20 cl d'eau distillée.

**Table Mountain** : ou la Montagne de la Table est le relief culminant à 1 086 m qui est situé entre l'Atlantique et la ville du Cap qu'il domine à l'ouest.

**Camanchaca** : nom d'origine indienne donné, au Pérou et au Chili, au brouillard de haute altitude (entre environ 500 et 1 000 m) dans la région des cordillères côtières.

**Lapilli** : larmes et gouttes volcaniques. Il s'agit d'un nom d'origine italienne et d'un terme géologique s'appliquant à la structure. Les *lapilli*, mesurant de l'ordre du centimètre, se classent par leur taille entre les bombes volcaniques et les cendres.

Tableau 1. Les précipitations occultes sur l'île de Santiago (Cap-Vert). Localité Serra Malagueta ; altitude : 900 m ; période : novembre 1979 - octobre 1980.

Mois	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Total (mm)
Pluviomètre	3,5	0	0	4,1	0,5	0	0	0	17,5	477,4	179,2	16,3	698,5
Pluviomètre avec capteur de Grunow	159,1	139,6	63,9	107,6	228,8	146,4	448,5	423,3	395,1	1333	936,8	492,8	4874,9

los Espinosa, travaillant à l'Université du Nord à Antofagasta (Chili), ont été en 1957 les précurseurs des essais de capteurs avec des systèmes maillés en nylon. Les résultats ont été satisfaisants quant aux quantités d'eau recueillies. Ils ont aussi permis la définition des tailles optimales des fils et des mailles [2]. Ces travaux se sont poursuivis à Antofagasta afin d'affiner méthodes et techniques [3]. Historiquement, il faut rappeler les essais avec les plaques de rosée de E. Leick faits par H. Masson dans les années 40 en Afrique occidentale notamment à Dakar [4]. L'auteur a commencé à travailler sur le thème des pluies occultes dès 1970-1971 aux îles Canaries et sur la côte sud-est de l'Espagne. Il a poursuivi ses études au Chili dans le désert d'Atacama en 1973 et en Algérie auprès de l'Institut Hydrométéorologique pour la Formation et la Recherche (IHFR) d'Oran entre 1974 et 1978. Les météorologues portugais, Reis F. Cunha et Fonseca, ont installé des capteurs sur l'île de Santo Antão du Cap-Vert [5]. Ces systèmes ont été perfectionnés en 1978-1979 par l'auteur qui bénéficiait de la collaboration de l'ingénieur cap-verdien, Antonio Sabino. Ensuite, en 1979-1980, les précipitations occultes sur la Serra Malagueta de l'île de Santiago ont été mesurées. Toujours pour le Cap-Vert mais pour l'île de São Nicolau, le français Jacques Colombani a conçu des capteurs de brouillard originaux que Robert Hoorelbecke a installés à environ 800 et 1 000 m sur le Monte Gordo (1 312 m). Deux appareils ont fonctionné entre 1981 et 1984 [6].

Inédites, les données recueillies sur la Serra Malagueta sont exceptionnellement élevées (Tableau 1). Elles sont seulement comparables aux 3 294 mm mesurés à Table Mountain à l'altitude de 1 067 m au Cap (Afrique du Sud) entre 1954 et 1955 [7]. Les deux capteurs de brouillard étaient du même type que celui conçu par Johannes Grunow : un petit cylindre métallique grillagé de 10 cm de diamètre et de 20 cm de haut coiffe un pluviomètre de 200 cm<sup>2</sup> d'ouverture. La maille mesure 1,6 mm tandis que le diamètre

du fil du grillage est de 0,25 mm (Photo 4).

Le total sur 12 mois de 4 874,9 mm (contre seulement 698,5 mm au pluviomètre standard) s'explique par les conditions locales très particulières de vent, d'humidité et d'altitude. Pour ce dernier paramètre, la taille des gouttelettes et donc la quantité mesurée augmente jusqu'au seuil de 1 000 m environ à partir duquel elle commence à décroître.

Les mesures de la Serra Malagueta illustrent bien toute l'importance potentielle de la ressource en eau des précipitations occultes pour certaines régions désertiques et sub-désertiques. Cette ressource est bien exploitée aux Canaries avec notamment la culture sur « lave » de la vigne et du tabac à Lanzarote [1]. Sur les montagnes côtières du Yémen, la culture du café utilise cette ressource avec des techniques de protection des plants notamment contre le vent, similaires à celles de Lanzarote (Photos 5 et 6) [O. Neuvy, communication orale]. Le potentiel de la zone chilienne apparaît satisfaisant car le brouillard, appelé localement *camanchaca*, est assez constant tout au long de l'année [8]. Au Cap-Vert, de nombreux obstacles restent encore à surmonter avant d'exploiter les pluies occultes [6]. L'auteur pense, toutefois, après avoir parcouru les dix îles principales de l'archipel que le potentiel en eau y est plus important qu'au Chili et aux Canaries. Un problème très important, non résolu à ce jour, est par contre celui de l'éloignement de la ressource vis-à-vis de la demande et donc celui de la conservation de l'eau et de son amenée là où se trouvent les besoins

#### Remerciements

Les remerciements iront à deux collègues de Montpellier qui ont encouragé cette recherche, Y. L'Hôte (ORSTOM) et F.N. Reyniers (CIRAD), et à l'ensemble du Département de Physique de l'Université Catholique du Nord à Antofagasta (Chili) pour le soutien apporté à la mission faite à la fin de 1990. Le Bureau Agricole Franco-Yéménite de Sana'a (Yémen), grâce à O. Neuvy, a communiqué des informations et des photographies inédites.

## Summary

This paper focuses on a neglected water resource : fog in arid Tropics. The right combination of marine stratocumulus clouds and coastal mountains may provide the conditions where fog water can be obtained in sufficient quantities to be used for small villages (drinkable water) and agriculture. Such combinations are found in Peru, Chile, Canary islands, Cape Verde islands, South Africa, Arabia... On Brava (Cape Verde islands), isolated populations have drunk fog water since 1942, mainly collected with the help of agave plants. On Canary islands and in Yemen, farmers have cultivated for centuries vineyard, tobacco or coffee using traditional know-how, volcanic soils, stone walls and fog, dew, or air moisture. Successes have been obtained in the agroforestry domain with *Prosopis* family especially in Cape Verde islands. A new challenge is to exploit the *camanchaca* (high elevation fog) in Peru and Chile where a huge scientific background has been developed in Antofagasta and La Serena areas since the fifties.

## Références

1. Acosta Baladón AN. *Cultivos enarenados*. Publ. A-55, Madrid Spain : Servicio Meteorológico Nacional, 1973.
2. RP Saa GSJ, Valdez ML. *Captación de agua de la neblina*. Antofagasta, Chile : Instituto de Investigaciones Científicas de la Universidad del Norte, 1963.
3. Tapia O, Zuleta R. *Veinte años de Camanchacas y dos del proyecto Mejillones*. Informe Personal, Antofagasta, Chile : Universidad Católica del Norte, 1980.
4. Masson H. Condensations atmosphériques non enregistrables au pluviomètre. L'eau de condensation et la végétation. Dakar, Sénégal : *Bulletin de l'IFAN*, 1948 ; X : 1-181.
5. Reis F. Cunha. O problema da captação da água do nevoeiro em Cabo Verde. Lisbonne, Portugal : *Garcia de Orta*, 1964 ; 12 (4) : 719-756.
6. Olivry J-C, Lérique J, Calvez R et al. *Hydrologie du Cap-Vert. Étude de l'île de São Nicolau*. Études et Thèses, Paris, France : ORSTOM, 1989.
7. Nagel JF. Fog precipitation on Table Mountain. London, Great Britain : *Quart J Roy Meteor Soc*, 1956 ; 82 : 452-460.
8. Schemenauer RS, Cereceda P. The collection of fog water in Chile for use in coastal villages. In : *VIII IWRA World Congress*, Ottawa, May-June, Urbana, USA : IWRA, 1988 ; II : 660-669.