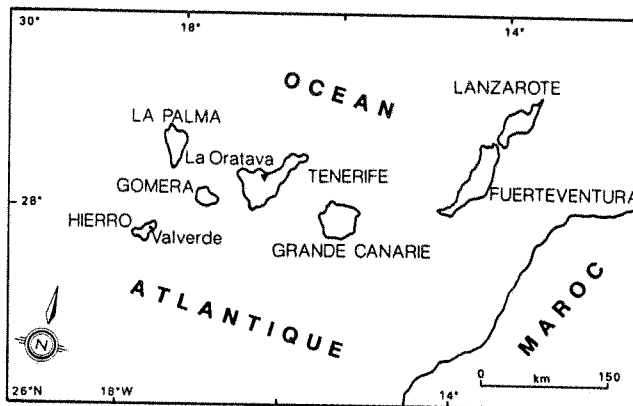


L'importance des précipitations occultes sous les tropiques secs



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
Météorologie
Expert Principal Honoraire de l'OMM
Paseo San Antonio n° 6
Izq., 37003 Salamanca
Espagne

Alain Gioda

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

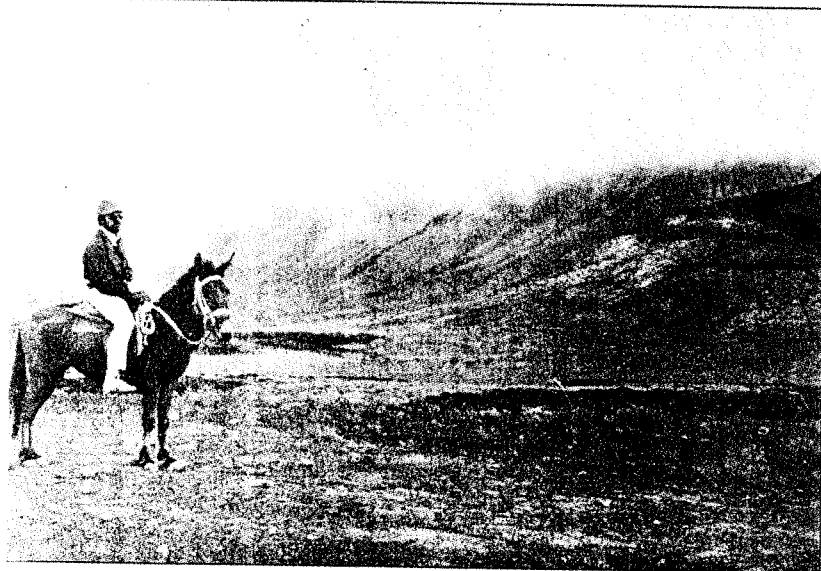


Photo 1. Mer de nuages au nord de Santo Antão (Cap-Vert). Altitude de 1 200 m. Versant d'une île au vent où le brouillard se maintient localement pas moins de 200 jours/an. L'agronome cap-verdien, M. Sena, chevauche une mule, animal indispensable pour atteindre les points hauts de l'archipel qui sont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

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^e siècle, il décrit « 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).

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).



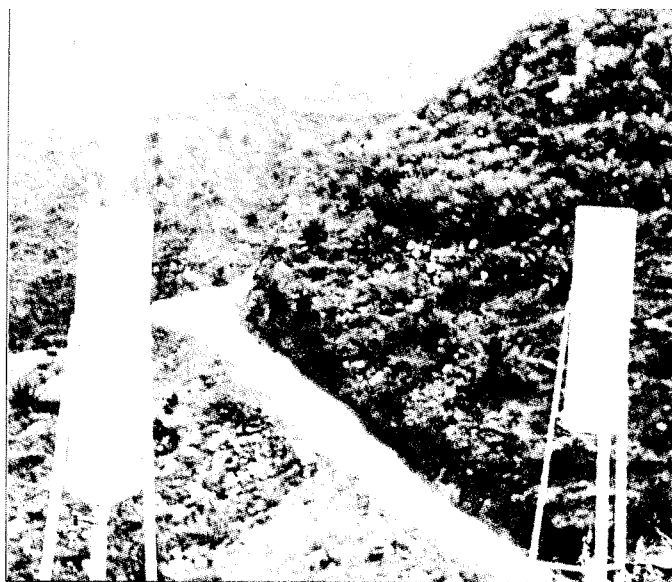


Photo 4. Pluviomètre standard (Météorologie Allemande) et pluviomètre standard coiffé d'un capteur de Grunow implantés sur la Serra Malagueta de Santiago (Cap-Vert). Altitude : 900 m. (Cliché Acosta Boladón).

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).

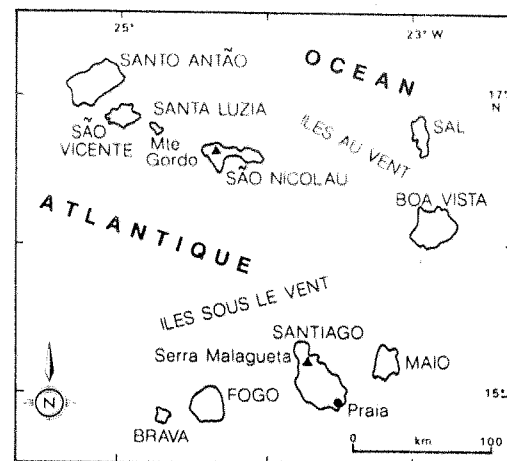


Figure 2. Archipel du Cap-Vert.



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 maraîchères. 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-

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

Définitions

Garoé : 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^e 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 parallélépipèdes 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.

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 cm² 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 amène-
née 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.

air words !

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, Lericque 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 : *Quarterly 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.

Revue co-éditée en partenariat, dans le cadre des programmes de l'Université de Réseaux d'Expression Française (UREF), par l'Association des Universités Partiellement ou Entièrement de Langue Française (AUPELF) et les Editions John Libbey Eurotext.

Directeur de la publication
Gilles Cahn

RÉDACTION

Rédacteur en chef
Jean-François Lacronique

Comité de rédaction

J. Bernier (Canada)
E. Bernus (France)
P. Bouharmont (Belgique)
A. Conesa (France)
A. Debbbarh (Maroc)
R. De Koninck (Canada)
Y. Demarly (France)
P. Fournier (Canada)
F. Gadelles (France)
M. Gentilini (France)
D. Grail (France)
M. Goumandakoye (Burkina Faso)
A. Kergreis (France)
M. Malagnoux (France)
L. Netoya (Mali)
G. Parfait (France)
B. Peyre de Fabrègues (France)
B. Philogène (Canada)
C. Pilet (France)
Y. Poncet (France)
F.N. Reyniers (France)
A. Riedacker (France)
Ch. Riou (France)
P. Rognon (France)
A. Schwarz (Canada)
M. Sibi (France)
I. Soumana (Niger)
F. Verger (France)
A. Zaki (Sénégal)

Comité scientifique

J.-P. Besancenot (France)
J. Bobée (Canada)
F. Bonn (Canada)
M. Chaieb (Tunisie)
V. Ciubaturiu (Canada)
H. Lô (Sénégal)
F. Ouattara (Niger)
M. Singaravelou (France)
V. Tonnard (Belgique)

Administration-Publicité

Martine Krief

Secrétaire général de la rédaction
François Flori

Secrétaire de rédaction-Maquettiste
Anne Boulanger

Marketing
Catherine Duval

ISSN 1147-7806

Commission paritaire n° 72222

La revue « Sécheresse » est référencée dans la base PASCAL

Sommaire/Contents

Éditorial/Editorial

- 93 Recherche scientifique et environnement
Scientific and environmental research
Alain Ruellan

Articles de synthèse/Reviews

- 95 Steppes tunisiennes, état actuel et possibilités d'amélioration
The Tunisian steppes, current conditions and possibilities for improvement
Mohamed Chaieb
- 101 L'ensablement de la ville de Nouakchott : exemple de l'aéroport
Sanding-up of Nouakchott : the airport
Moha Salama, Jean-Noël Deconinck, Jean Riser, Morad Fahmy Lotfy
- 111 Déserts et désertification en Chine : l'exemple du Xinjiang
Deserts and desertification in China : Xinjiang
Roger Coque, Pierre Gentelle
- 119 Progression de la fusariose du palmier dattier en Algérie
The propagation of date palm fusariosis in Algeria
Robert Ali Brac de la Perrière, Abderahmane Benkhalifa

Actualités scientifiques/Scientific news

- 128 Le Bayoud, facteur de désertification ?
The Bayoud : a factor of desertification ?
Jean Bisson
- 130 Pour que l'eau vive, Assises Nationales de l'Eau
Vivat aqua, National Water Meeting
Anne Boulanger
- 132 L'importance des précipitations occultes sous les tropiques secs
The importance of non-rain precipitation in the arid tropics
Andrés N. Acosta Baladón, Alain Gioda
- 135 Un projet japonais de lutte contre la sécheresse
A Japanese project in the fight against drought
Pierre Rognon
- 139 IV^e Congrès International des Terres de Parcours
Montpellier, France, 22-26 avril 1991
IV^e International Rangeland Congress
Edmond Bernus
- 140 Sur les murs d'Aoulef
On the walls of Aoulef
Geneviève Coudé-Gaussen

d'investissements par le biais d'une redevance sur l'eau potable. « Le sou de l'eau, pas plus » pour financer une agriculture écologique et la protection des captages d'eau. Le prix de l'eau, géré par un observatoire permanent, va donc augmenter, selon les régions, d'un tiers ou de la moitié de son prix, parfois plus... ; l'eau du robinet coûtera plus cher, mais si peu, encore 200 fois moins que l'eau minérale. Actuellement, l'eau livrée à domicile coûte 0,5 centime le litre, 10 à 15 francs le m³. On entend déjà les consommateurs d'eau contester cette taxe sur une eau dont ni le service, ni la qualité ne sont exempts de reproches (2 millions de personnes en France consomment une eau non potable !).

Brice Lalonde ayant réuni, pour clore ces Assises, le Premier ministre et six de ses collègues concernés, afin d'obtenir leur soutien à ses projets, a obtenu des réactions spontanées mais néanmoins précises. Pour le ministre des Finances, Monsieur Charasse, l'augmentation du prix de l'eau n'est pas, *a priori*, une solution. Le budget de l'État attribué à l'environnement (100 milliards de francs), et en l'occurrence, à la gestion de l'eau, lui paraît suffisant et mérite d'être dépensé pour ces investissements. Quant à Monsieur Mermaux, ministre de l'Agriculture, il prône études et projets visant à diminuer l'utilisation d'engrais, source évidente de pollution, sans prendre des mesures unilatérales (comme la taxe sur les nitrates...), mais au contraire en compensant financièrement les pertes des agriculteurs ! Mieux vaut agir en amont que taxer pour réparer, sans être sûr du résultat. En trois ans, il veut mettre en place et labelliser des projets, y faire adhérer les agriculteurs, puis seulement taxer les non-adhérents. Est-ce que « l'eau française » dispose encore de trois ans pour diminuer les quantités de nitrates ? Les débats risquent d'être longs...

Industrie, Fleuve et Police des eaux

L'agriculture est loin d'être la seule source de pollution des eaux, l'industrie en témoigne. Des mesures très strictes ont déjà été mises en place mais il convient de renforcer les normes de sécurité afin d'éviter toutes sortes d'accidents, de réduire les rejets de déchets classiques (azote et phosphates entre autres), et surtout de parvenir à éliminer les rejets toxiques.

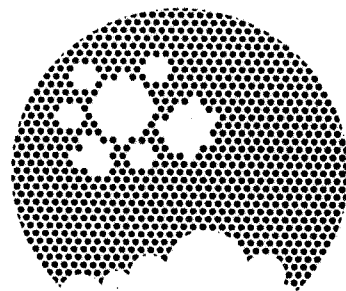
Malgré un taux de dépollution de 70 % en 1991, l'industrie pollue autant que les collectivités dont le taux de dépollution atteint seulement 45 %. Les normes industrielles visent donc à être accrues. Sachant qu'une dégradation de qualité

entraîne inévitablement une baisse de quantité, nos milieux aquatiques sont réellement menacés. Certains cours d'eau ont atteint des seuils critiques de pollution, surtout les plus petits, alors que les grands sont en voie d'amélioration. Ces rivières et ces fleuves vont être restaurés et réaménagés, grâce à une politique écologique active. Chaque grand fleuve aura désormais son observatoire ; une expérience pilote est déjà en cours pour la Loire, et l'Agence Rhin-Meuse a mis en œuvre avec l'Allemagne, une formidable opération de dépollution du Rhin. Tous, industriels, agriculteurs et collectivités locales, doivent être solidaires et partager les efforts. La réforme sur les voies navigables va de pair avec la loi sur l'eau. Les 8 500 km de réseau forment une réserve à niveau constant et « l'infrastructure du transport fluvial sera un des éléments majeurs du transport lourd au siècle prochain » affirme George Sarre, ministre des Transports. La police des eaux va être renforcée pour veiller au suivi de la réglementation ; contrôle strict et prévention assurés par des personnes compétentes et motivées. Les agences de bassin garderont les contrôles technique et financier pendant que l'État se chargera, nécessité aux yeux de tous, de faire respecter la loi.

Conclusion

L'eau n'est pas un produit, c'est une ressource. En France, cette ressource est excédentaire, à nous de l'adapter aux besoins, l'inverse serait insensé. La totalité des mesures et projets présentés et discutés pendant ces Assises Nationales de l'Eau représente un investissement de 80 milliards de francs pour les cinq ans à venir. La politique de l'eau implique une politique économique et sociale, une conscience de tous. Les grandes orientations doivent être prises au niveau national mais les politiques d'action restent mises en place localement ; tous les participants ont adopté ce raisonnement. L'objectif de ceux qui se préoccupent de l'eau est d'obtenir une eau de meilleure qualité. Dégradée par la pollution, l'eau devient vulnérable. Aggravée par deux années de sécheresse, la situation semble s'améliorer en 1991 pour les eaux superficielles dont la qualité augmente un peu. Mais elle reste catastrophique en ce qui concerne les eaux souterraines très polluées et pourtant grandes absentes de ces Assises de l'Eau. « Il y a des eaux visibles et des eaux invisibles », rappelait Maurice Allègre, Président du Bureau de Recherches Géologiques et Minières

Biotechnologies et environnement



Pour un développement durable

Symposium international du 23 au 26 septembre 1991

L'importance des biotechnologies sur la gestion de l'environnement, l'économie, l'agriculture et la santé.

L'interaction nécessaire entre la gestion de l'environnement et le développement économique.

FRAIS	AVANT	APRÈS
D'INSCRIPTION	le 30-06-91	le 30-06-91
Participant régulier	150 \$	175 \$
Étudiant plein temps	50 \$	50 \$

INFORMATION : 343-5873



Université de Montréal



Collaboration :



Industrie, Sciences et
Technologie Canada