

EMBRUNS MARINS POLLUÉS : ORIGINE, FORMATION, ACTION SUR LA VÉGÉTATION TERRESTRE. BIBLIOGRAPHIE

Alain CROUZET * et François RESCH **

Résumé : Devant l'importance grandissante de l'impact des embruns marins pollués il paraissait utile d'avoir connaissance des différents travaux concernant les embruns marins, les polluants et leur action sur la végétation littorale terrestre. C'est dans cette optique qu'a été réalisée la présente note, qui comprend deux parties :

— dans la première sont évoquées l'origine et la formation des embruns marins pollués, ainsi que leur action sur la végétation littorale terrestre ;

— la deuxième est une bibliographie, qui ne se prétend pas exhaustive, concernant de nombreux aspects (proches ou lointains) de ce problème. Pour une utilisation plus facile cette bibliographie alphabétique est suivie d'une bibliographie thématique.

Abstract : In the face of the increasing environmental impact of polluted sea-salt spray, it seems to be worth examining the literature dealing with sea-salt spray and pollutants, and their effect on coastal terrestrial vegetation. This is the overall purpose of this paper.

It is divided into two sections.

The first part deals with the origin and formation of polluted sea-salt spray, and its impact on coastal terrestrial vegetation.

The second part is a bibliography, which, though far from exhaustive, deals with various aspects of the question. For ease of reference, the works in the bibliography are listed both alphabetically and by subject.

INTRODUCTION

Le dépérissement de la végétation littorale est un phénomène assez ancien, puisqu'il a été observé dès le début des années 60, mais qui s'est accéléré depuis les années 80. En région méditerranéenne il affecte principalement les abords des grands centres industriels-portuaires (Marseille), l'embouchure de fleuves côtiers très pollués (Arno en Italie, 99-150-151-152), mais aussi des secteurs en apparence à l'abri de la pollution (Parc national de Port-

* Laboratoire de Biologie Marine et d'Ecologie du Benthos, Faculté des Sciences de Luminy, 163, avenue de Luminy, 13288 Marseille cedex 9, France

** Laboratoire d'Océanographie Physique de Toulon. Université de Toulon et du Var, B.P. 132, 83957 La Garde.

Cros, île de Porquerolles, France, 332). La répartition spatiale des secteurs atteints est irrégulière, et leur localisation n'est pas évidente. Le dépérissement, partiel — dessèchement des rameaux — ou total — mort de l'individu —, concerne de nombreuses espèces (*Arbutus unedo* [Tourn.] L., *Cupressus sempervirens* L., *Erica arborea* L., *Juniperus communis* L., *Laurus nobilis* L., *Pinus pinea* L., *Quercus ilex* L., ...), y compris des espèces halorésistantes (phanérogames, lichens) qui peuplent habituellement les abords immédiats de la côte ; il s'observe sur une largeur très variable, pouvant aller jusqu'à 1 ou 2 km à l'intérieur des terres.

Sur les côtes méditerranéennes françaises (107), l'étendue des dommages a régulièrement progressé. De nombreuses atteintes sont visibles dans la région marseillaise, le long des rivages des départements de l'Hérault (atteintes graves), de l'Aude, des Pyrénées-Orientales et des Alpes-Maritimes. Le dépérissement de la végétation affecte aussi les îles d'Hyères (332), en particulier l'île de Port-Cros (57), où les zones les plus touchées sont celles d'exposition N.W et E, avec un dépérissement maximal pour les pins ; il convient de préciser que, dans les zones les plus exposées, les végétaux halophiles sont également très atteints

En Italie (158), se multiplient les zones côtières le long desquelles s'observe le dépérissement des végétaux (en particulier des pins) ; les dégâts peuvent être légers — quantitativement et qualitativement — (San Vincenzo, Piombino [Livorno], Castelfusano [Roma]), ou graves/mort des individus/(San Rossore [Pisa], Versilia [Lucca]).

Certaines dégradations ont également été observées en Espagne (Barcelona).

Cependant, la végétation littorale méditerranéenne n'est pas la seule concernée. En effet, le phénomène a été constaté à partir de 1960 en Australie (164, 303), notamment sur la végétation littorale arborée (*Araucaria heterophylla*) adaptée au bord de mer, le long de la côte de Sydney. Ces arbres, plantés vers la fin du XIX^e siècle, disparurent assez rapidement à partir de 1960, puisqu'en 1974 il n'en restait pratiquement plus en de nombreux points.

Dans tous les cas, les manifestations de contamination atmosphérique présentent des caractères permettant d'attribuer la responsabilité des atteintes aux embruns se présentant sous la forme d'aérosols chargés de polluants (331).

ORIGINE, FORMATION, COMPOSITION DES AEROSOLS

Bien que tous les phénomènes physiques et chimiques soient intimement corrélés, cette partie physique se trouve plus particulièrement développée dans les références suivantes : 14 — 40 — 46 — 49 — 50 — 51 — 52 — 89 — 130 — 166 — 211 — 213 — 237 — 238 — 239 — 240 — 241 — 242 — 243 — 265 — 266 — 267 — 268 — 272 — 273 — 274 — 275 — 276 — 277 — 278 — 279 — 296 — 309 — 310 — 311 — 312 — 313 — 314 — 315 —

Origine, formation

Les aérosols marins sont constitués, à leur origine, par des gouttelettes d'eau éjectées depuis la surface marine vers l'atmosphère.

C'est donc cette production de gouttelettes qui constitue la source principale des échanges de masse. Cette production résulte d'un processus en chaîne ou cascade, dont on peut décrire les différentes étapes de la façon suivante :

— l'action du vent sur la surface marine donne naissance à des vagues dont l'amplitude et la cambrure peuvent croître jusqu'à l'apparition du phénomène de déferlement ;

— lorsque la crête de la vague devient assez pointue, le vent peut provoquer un écrêtage qui éjecte des particules d'eau dans l'air ;

— lors du déferlement de la vague, des bulles d'air sont entraînées dans la masse liquide à des profondeurs variables, avec une certaine granulométrie et concentration. A titre indicatif, la surface des océans couverte de façon continue par des « moutons » est estimée à 4 % de la surface totale des mers. Notons au passage que l'on peut trouver dans l'eau des bulles d'air provenant de sources autres que celle du déferlement ; par exemple d'origine biologique, ou dues à des changements de température, ou encore à des phénomènes de précipitation (pluie ou neige) ;

— une fois injectées dans l'eau ces bulles vont se déplacer, sous l'action conjuguée des mouvements de l'eau et des forces de gravité et de traînée, jusqu'à leur retour éventuel à la surface marine. Durant leur séjour dans l'eau elles vont être soumises à l'action de différents facteurs, tels que des échanges gazeux entre l'air situé à l'intérieur de la bulle et l'eau environnante, et le dépôt sur l'enveloppe de la bulle d'un grand nombre de constituants formés de surfactants (ayant une partie hydrophile et une partie hydrophobe) ;

— à l'interface air-mer les bulles vont éclater et éjecter des gouttelettes d'eau de tailles différentes. Ces gouttes, projetées à grande vitesse, contiendront, non seulement des constituants de l'interface air-mer, mais aussi des constituants qui s'étaient agglutinés à la surface de la bulle pendant son trajet dans l'eau.

Ces gouttes d'eau proviennent de deux familles différentes :

— *les gouttes de jet*, dont le diamètre est approximativement égal au dixième du diamètre de la bulle génératrice, et qui contiennent principalement des éléments de la surface interne de la bulle — éléments rassemblés lors de la vie sous-marine de la bulle —. Leur granulométrie s'étend dans une gamme de 50 microns à quelques millimètres ;

morphologiques sont d'autant plus importantes que le taux de tensio-actifs est élevé, ce qui peut permettre d'attribuer, en partie, les nécroses du thalle à la pollution par ces produits (320).

Les lichens apparaissent ainsi comme des indicateurs de pollution privilégiés : ils sont plus sensibles que les phanérogames, ils peuvent accumuler des quantités de polluants considérables, et ils intègrent des valeurs de la pollution sur des périodes suffisamment longues.

Pour les résineux, plusieurs causes d'atteinte ont été envisagées (153) :

- pénétration de l'eau de mer dans le sol ;
- températures hivernales trop basses ;
- abrasion des feuilles par le sable ;
- action des polluants en aérosol avec les embruns.

Les deux premières causes ont été écartées à la suite d'analyses.

L'abrasion par le sable, réelle seulement lors de grandes tempêtes, est limitée à l'impact des grains, provoquant des zones légèrement nécrotiques de faible surface.

Par contre, l'action des surfactants, présents dans l'eau de mer, est très importante. Cette action a été mise en évidence par des expériences de pulvérisation de différentes substances (en particulier hydrocarbures, chlorure de sodium et tensio-actifs anioniques) sur des espèces végétales saines (153).

Chez de jeunes individus de *Pinus pinea* une solution aqueuse de 20 mg/l⁻¹ d'ABS (Sodium dodécylbenzènesulfonate) provoque une action visible après 15 jours (chlorose à l'extrémité des feuilles), et maximale après 2 à 3 mois. Mais un mélange d'ABS + Na Cl (à 30g/l⁻¹) présente une toxicité à 5-10 mg/l⁻¹, ce qui paraît indiquer une synergie entre ces deux constituants, les surfactants favorisant la pénétration de Na Cl ; l'atteinte obtenue est semblable à celle observée sur des individus en place au bord de mer. L'utilisation de Na Cl seul nécessite une forte concentration (120 g/l⁻¹) pour obtenir des dommages, qui s'estompent après arrêt des pulvérisations. Des pulvérisations avec hydrocarbures, seuls ou avec Na Cl, ont provoqué des dommages plus réduits.

Des expériences plus complexes de pulvérisations ont été effectuées sur de jeunes pins avec :

- de l'eau distillée ;
- de l'eau + Na Cl (20 g/l) ;
- du fluorure de sodium (3 %) + détergent (3 %) + fuel (3 %) ;
- du fluorure de sodium (3 %) + détergent (3 %) + fuel (3 %) + Na Cl (20 g/l) ;
- du Na Cl (20 g/l) + fluorure de sodium (1,5 %) + détergent (1 %) ;

— du Na Cl (20 g/l) + fluorure de sodium (1 %) + détergent (1 %) + gas oil (1 %).

Seuls les arbres pulvérisés avec de l'eau, ou de l'eau + Na Cl, n'ont pas subi de dommages. Dans tous les autres cas il a été possible d'observer, après un laps de temps plus ou moins long, des dommages se traduisant par le jaunissement, le dessèchement et la chute des aiguilles pulvérisées. Paradoxalement, le résultat le plus rapide et le plus net a été obtenu avec la solution dont les concentrations de polluants étaient les plus faibles, ce qui démontre l'importance capitale des effets de synergie.

Parallèlement aux pulvérisations sur les individus, des expérimentations ont été réalisées avec les cultures de *Psoralea bituminosa* L. (331). Ces cultures ont été ensemencées sur des milieux contenant des concentrations de 0 ; 25 ; 50 et 100 ppm de dodécylbenzènesulfonate de sodium, de manoxol O.T (dioctylsulfocinate de sodium) et de sodium laurylsulfate, tous détergents. Les résultats ont montré que les teneurs réelles, faibles dans les tissus végétaux, exercent un effet important sur leur croissance (5,5 ppm de dbss déterminent une diminution de croissance de 41 %). Toutefois, ces tissus peuvent assimiler une certaine quantité de détergents, et ce d'autant plus faiblement que la concentration est plus faible ; au-delà d'une certaine limite il y a accumulation du produit dans les cellules : 100 ppm de manoxol dans le milieu de culture provoquent une accumulation de 1211 ppm dans les tissus, et la croissance est inhibée.

Il semblerait donc que les tensio-actifs anioniques soient les constituants les plus redoutables des aérosols marins. Ils pourraient favoriser la pénétration, à l'intérieur des tissus, de nombreux composés qui, tels les hydrocarbures, seraient véhiculés par la plante le long du système vasculaire libéro-ligneux et s'accumuleraient dans les parties méristématiques. Cette action pourrait se situer à plusieurs niveaux :

- infiltration par la voie stomatique ;
- absorption cellulaire ;
- transfert le long des parois cellulaires.

De plus (154), ces tensio-actifs ont eux-mêmes une action phytotoxique par solubilisation de la partie lipidique des membranes. Il en résulterait des perturbations de la physiologie cellulaire, et, en particulier, des échanges membranaires. Les chloroplastes, notamment ceux des cellules stomatiques, subissent une dégénération lipidique. Il s'ensuit des altérations de la morphologie des cellules, telles celles du mésophylle, allant de la contraction des parois cellulaires à la plasmolyse des cellules, qui apparaissent alors complètement vidées. La solubilisation des membranes plastidiales provoque la destruction des chlorophylles. Quand 20 à 25 % des aiguilles montrent des signes d'atteintes, les contenus en chlorophylle sont diminués de moitié, le pourcentage de chlorophylle b diminuant plus vite que celui de chlorophylle a.

L'attaque des aiguilles de pin (*Pinus pinaster* Soland) par des tensio-actifs s'exerce au niveau de la cuticule. Les feuilles, recouvertes d'une cuticule avec des cires épicuticulaires en surface, sont parcourues de rangées de stomates enfoncés dans l'épiderme. Ces stomates possèdent une importante chambre épistomatique, recouverte par un épais feutrage de fibres cireuses anastomosées, jouant un rôle protecteur. Les embruns marins pollués provoquent une altération de ce feutrage fibrillaire ; cette altération peut aller jusqu'à la destruction complète des fibrilles, avec disparition de la cire épicuticulaire et altération des stomates qui demeurent ouverts et remplis de cire. On peut observer ainsi 40 % des stomates remplis, avec les chambres épistomatiques obstruées ; de plus, 30 % des chambres n'ont plus de feutrage fibrillaire et 2/3 des stomates ne fonctionnent alors plus.

On a donc une action sur la morphologie, et, par conséquent, sur la perméabilité cuticulaire ; il pourrait également se produire une modification de la perte d'eau par suite d'altération des cires de surface, et, plus généralement, des échanges entre la plante et l'atmosphère.

Des vaporisations d'hydrocarbures (55) effectuées sur différents types de feuilles ont permis de montrer que la pénétration des hydrocarbures dépend non seulement de leur type (viscosité) et de leur concentration, mais aussi de la rugosité de la surface de la feuille, ainsi que de la morphologie des stomates et de leur localisation.

La feuille présente trois niveaux de rugosité :

- une rugosité macroscopique dépendant de la pilosité des feuilles ;
- une rugosité microscopique dépendant de la taille et de la structure des cellules épidermiques ;
- une rugosité inframicroscopique dépendant de la taille et la structure des cires cuticulaires.

Il convient d'ajouter qu'il peut y avoir pénétration, non seulement par la voie stomatique, mais aussi directement à travers la cuticule — essais réalisés avec des pesticides — (80). La cuticule représente donc un important compartiment lipophile de l'environnement.

Elle pourrait « concentrer » les hydrocarbures, et, également, retenir d'autres composés phytotoxiques tels que les métaux lourds.

Enfin, les conditions du milieu jouent un très grand rôle : une forte luminosité, une humidité relative élevée provoquent l'ouverture accrue des stomates et facilitent ainsi la pénétration des composés toxiques.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient chaleureusement le professeur Ch. F. BOUDOU-RESQUE, responsable scientifique du groupe de travail Embruns Marins Pollués, mis en place par le ministère de l'Environnement, qui a été à l'origine de cette

réflexion, ainsi que V. GRAVEZ pour son aide technique. Que soient également remerciés très vivement, pour leurs remarques relatives à l'action des embruns marins pollués sur la végétation littorale terrestre, les docteurs A. CHAMEL et J.-Cl. SIGOILLOT, ainsi que les professeurs P. GROSSONI et A. LAVAGNE.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) ABBOTT D.C., 1962. — The determination of traces of anionic surface active materials in water. *Analyst*, 87 : 286.
- (2) AHEARN D.G., CROW S.A., COOK W.L., 1977. — Microbial interactions with pesticides in estuarine surface slicks. U.S. Environmental Protection Agency, Gulf Breeze, Florida, *Ecol. Res. series*, Rept. EPA-600/1-3-77-050, 22 p.
- (3) ALLEMAND P., GROSSO R. — *Etude des lésions foliaires dues aux embruns sur cinq espèces cultivées*. INRA, Antibes.
- (4) ANDREAE M.O., RAEMDONCK H., 1983. — Dimethyl sulfide in the surface ocean and the marine atmosphere : a global view. *Science*, U.S.A., 221, (4612) : 744-747.
- (5) ANDREAS J.M., HAUSER E.A., TUCKER W.B., 1938. — Boundary tension by pendant drops. *J. Phys. Chem.*, 42 : 1001-1017.
- (6) Anon., 1975. — *Deterioration of Norfolk Island pines on metropolitan beaches*. Committee Report to the Premier and Treasurer of N.S.W. (Forestry Commission of N.S.W. : Sydney).
- (7) ARNOUX A., CARUELLE F., 1972. — Etude de la pollution marine par les détergents anioniques provenant des eaux d'égouts de Marseille. *Mar. Poll. and Sea Life*, F.A.O., 174-180.
- (8) ASKEW H.O., 1937. — The chemical composition of *Pinus radiata* needles. *N.Z. J. Sci. Technol.*, 18 : 651-5.
- (9) ATLAS E., SIAM C.S., 1981. — Global transport of organic pollutants : Ambient concentrations in the remote marine atmosphere. *Science*, U.S.A., 211 : 163-165.
- (10) AUBERT J., 1974. — Les aérosols marins, vecteurs de microorganismes. *J. Rech. Atmos.*, 8 (3-4) : 541-554.
- (11) AUBERT M., AUBERT J., DANIEL S., 1969. — *Côtes de France : Etude générale des pollutions chimiques rejetées en mer. Tome 1, Méthodologie*. Supp. R.I.O.M.
- (12) AUBERT M., AUBERT J., GAMBAROTTA J.P., 1969. — *Côtes de France : Etude générale des pollutions chimiques. Tome 2 : Méditerranée*. Supp. R.I.O.M.
- (13) AUGIER H., MONNIER-BESOMBES G., SIGOILLOT J.C., 1983. — Influence des détergents sur *Posidonia oceanica*. Etudes *in situ* et *in vitro*. *First internat. Workshop on Posidonia oceanica beds*, Porquerolles, Var, France, BOUDOURESQUE, JEUDY DE GRISSAC et OLIVIER édit., G.I.S. Posidonie, France.
- (14) AVELLAN F., RESCH F., 1983. — A scattering light probe for the measurement of oceanic air bubble sizes. *Int. J. of Multiphase Flow*, 9, 6 : 649-663.
- (15) BABKOV A.I., 1965. — The cause of slicks on the surface. *Oceanol.*, USSR, 5 : 102-104.
- (16) BACON M.P., ELZERMAN A.W., 1980. — Enrichment of ²¹⁰Pb and ²¹⁰Po in the sea-surface microlayer. *Nature*, 284 : 332-334.
- (17) BAIER R.E., GOUPIL D.W., PERLMUTTER S., KING R., 1974. — Dominant chemical composition of sea surface films natural slicks, and foams. *J. Rech. Atmos.*, 8 : 571-600.
- (18) BAILEY J.L., THORNER J.P., WHYBORN A.G., 1966. — *The chemical nature of chloroplast lamellae*. *Biochemistry of Chloroplasts*. London : Goodwin, vol. 1, 243-255.

- (19) BAMBAGIOTTI A.M., VINCIERI F.F., CORAN S., 1972. — Terpenoids hydrocarbons from *Pinus pinea*. *Riv. Ital. Essenze, Profumi, Piante Offic., Aromi, Saponi, Cosmet*, 54 : 875-877.
- (20) BARBIER M., TUSSEAU D., MARTY J.C., SALIOT A., 1981. — Sterols in aerosols, surface microlayer and subsurface water in northeastern tropical Atlantic. *Rev. Eur. Oceanol.*, 4 (1) : 77-84.
- (21) BARBOLANI E., DEL PANTA S., FERRETTI M., PANTANI F., 1986. — Survey on acid deposition on coastal areas of Tuscany. *Inf. Bot. It.*, (sous presse).
- (22) BARGER W.R., DANIEL W.H., GARRETT W.D., 1974. — Surface chemical properties of banded sea slicks. *Deep-Sea Res.*, G.B., 21 : 83-89.
- (23) BARGER W.R., GARRETT W.D., 1970. — Surface active organic material in the marine atmosphere. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 75 : 4561-4566.
- (24) BARKER D.R., ZEITLIN H., 1972. — Metal ion concentrations in sea-surface microlayer and size-separated atmospheric aerosol samples in Hawaii. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 77 : 5076-5086.
- (25) BATOOSINGH E., RILEY G.A., KERSHWAR B., 1969. — An analysis of experimental methods for producing particulate organic matter in sea water by bubbling. *Deep-Sea Res.*, G.B., 16 : 213-219.
- (26) BAYLOR E.R., PETERS V., BAYLOR M.B., 1977a. — Water-to-air transfer of virus. *Science*, U.S.A., 197 : 763-764.
- (27) BAYLOR E.R., SUTCLIFFE W.H., HIRSCHFELD D.S., 1962. — Absorption of phosphates into bubbles. *Deep-Sea Res.*, G.B., 9 : 120-124.
- (28) BEAUFORD W.J., BARKER J., BARRINGER A.R., 1977. — Release of particles containing metals from vegetation into the atmosphere. *Science*, U.S.A., 195 : 571-573.
- (29) BELOT Y., 1977. — *Etude de la captation des polluants atmosphériques par les végétaux*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université P. Sabatier, Toulouse.
- (30) BEMAN G., 1976. — *La pollution par les tensio-actifs*. In : *La pollution des eaux marines*. Gauthier-Villards (Paris), 31-50.
- (31) BERCOVICI F., 1975. — *Etude de l'hérédité de la résistance du Pin maritime à Dioryctrya splendidella. Liaison avec le profil terpénique des tissus corticaux*. Rapport du stage effectué au laboratoire d'amélioration des conifères de Bordeaux (INRA Forêt).
- (32) BERG W.W. — *Chlorine chemistry in the marine atmosphere*. The chemical Report, 2-76. The Florida State University, Department of Oceanography.
- (33) BERG W.W., WINCHESTER J.W., 1978. — *Aerosol chemistry of the marine atmosphere*. *Chem. Oceanogr.*, J.P. RILEY and R. CHESTER édit., 2nd Ed., Academic Press, 7 : 173-231.
- (34) BERGAMETTI G., VIE LE SAGE R., BERGAMETTI C., ELICHEGARAY C., 1982. — Influence de la teneur en particules de l'atmosphère sur l'efficacité de piégeage des aérosols. *Environ. Technol. Letters*, 3., 297-304.
- (35) BERNARD-DAGAN C., FILLON C., PAULY G., BARADAT P., ILLY G., 1971. — Les terpènes du Pin maritime. I. Variabilité de la composition mono-terpénique dans un individu, entre individus et entre provenances. *Ann. Sci. Forest.*, 28 : 223-258.
- (36) BEZDEK H.F., CARLUCCI A.F., 1972. — Surface concentration of marine bacteria. *Limnol. Oceanogr.*, U.S.A., 17 : 566-569.
- (37) BIDLEMAN T.F., OLNEY C.E., 1974. — Chlorinated hydrocarbons in the Sargasso Sea atmosphere and surface water. *Science*, U.S.A., 183 : 516-518.
- (38) BIDLEMAN T.F., RICE C.P., OLNEY C.E., 1976. — High molecular weight chlorinated hydrocarbons in the air and sea : Rates and mechanisms of air/sea transfer, in : *Marine Pollutant Transfer*, WINDON H.L. and DUCEY R.A. édit., Lexington Books, 323-351.
- (39) BJORSETH A., LUNDE G., LINDSKOG A., 1979. — Long-range transport of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Atmos. Environ.*, 13 : 45-53.
- (40) BLANCHARD D.C., 1963. — The electrification of the atmosphere by particles from bubbles in the sea. *Prog. Oceanogr.*, 1 : 71-202.

- (41) BLANCHARD D.C., 1964. — Sea-to-air transport of surface active material. *Science*, U.S.A., 146 : 396-397.
- (42) BLANCHARD D.C., 1968. — Surface active organic material on airborne salt-particles. *Proc. Intern. conf. Cloud Physics*, August 26-30, 1968, Toronto, 25-29.
- (43) BLANCHARD D.C., 1974. — International symposium on the chemistry of sea/air particulate exchange processes : summary and recommendations. *J. Rech. Atmos.*, 8 : 509-513.
- (44) BLANCHARD D.C., 1975. — Bubble scavenging and the water-to-air transfer of organic material in the sea. in : *Applied Chemistry of Protein Interfaces*, BAIER R.E. edit., American Chemical Society, 360-367.
- (45) BLANCHARD D.C., 1977. — *The influence of dissolved organic material in the sea on the ejection heights of jet drops*. Unpublished manuscript.
- (46) BLANCHARD D.C., 1983. — The production, distribution and bacterial enrichment of the sea-salt aerosol. *Air-sea Exchange of Gases and Particles*, LISS P.S. and SLINN W.G.N. edit., 407-454, D. REIDEL, HINGHAM, MASS.
- (48) BLANK M., LAMER V.K., 1957. — The mechanism of transfer of surface films. *Int. Congr. Surface Activity*, 2nd, 1 : 102-108. Butterworth, London.
- (49) BLANCHARD D.C., SYZDEK L.D., 1970. — Mechanism for the water-to-air transfer and concentration of bacteria. *Science*, U.S.A., 170 : 626-628.
- (50) BLANCHARD D.C., SYZDEK L.D., 1972. — Concentration of bacteria in jet drops from bursting bubbles. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 77 (27) : 5087-5099.
- (51) BLANCHARD D.C., WOODCOCK A.H., 1957. — Bubble formation and modification in the sea and its meteorological significance. *Tellus*, Suède, 9, 2 : 145-158.
- (52) BLANCHARD D.C., WOODCOCK A.H., 1980. — The production, concentration and vertical distribution of sea-salt aerosol. *Ann. New York Acad. Sci.*, 338 : 330-347.
- (53) BLOCH M.R., LUECKE W., 1968. — Uneinheitliche Verschiebungen der Ionenverhältnisse zwischen Meerwasser und Niederschlägen durch Gischtbildung. *Naturwissenschaften*, Dtsch., 9 : (55) : 441-443.
- (54) BLOCH M.R., LUECKE W., 1972. — Geochemistry of ocean water bubble spray. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 77, (27) : 5100-5105.
- (55) BOIZE L.M., GUDIN C., PURDUE G., 1976. — The influence of leaf roughness on the spreading of oil spray drops. *Am. Appl. Biol.*, 84 : 205-211.
- (56) BONSANG B., 1980. — *Le cycle atmosphérique du soufre d'origine marine*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Picardie.
- (56') BONSANG B., NGUYEN B.C., GAUDRY A., LAMBERT G., 1979. — Sulfate enrichment in marine aerosols due to biogenic gaseous sulfur compounds. Paper presented at the *CACGP Symposium on trace Gases and Aerosols*, Boulder, U.S.A., August 1979.
- (56'') BONSANG B., NGUYEN B.C., PAUGAM J.Y., 1976. — Sur la formation de gaz sulfurés et de noyaux d'Aitken dans l'atmosphère, le long du littoral. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, Série D, 283 : 1285-1289.
- (57) BOURELLY M., CHEREL O., 1983. — *Première étude sur les pollutions côtières*. Rapport interne du Parc national de Port-Cros.
- (58) BOYCE S.G., 1951. — Source of atmospheric salts. *Science*, U.S.A., 113 : 620-621.
- (59) BROECKER W.S., PENG T.H., 1974. — Gas exchange rates between air and sea. *Tellus*, Suède, 26 : 21-35.
- (60) BUAT-MENARD P., 1970. — *Contribution à l'étude du cycle géochimique du chlore d'origine marine*. Thèse de Doctorat 3^e cycle, Faculté des Sciences, Paris.
- (61) BUAT-MENARD P., 1979. — *Influence de la retombée atmosphérique sur la chimie des métaux en trace dans la matière en suspension de l'Atlantique Nord*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Paris VII.
- (62) BUAT-MENARD P., 1982. — Particule geochemistry in the atmosphere and ocean. *Air-sea Exchange of Gases and Particles*, P. LISS and SLINN W.G.N. edit., NATO ASI series.

- (63) BUAT-MENARD P., CHESSELET R., 1979. — Variable influence of the atmospheric flux on the trace metal chemistry of ocean suspended matter. *Earth Planet. Sci. Let.*, 42 : 399-411.
- (64) BUSOTTI *et al.*, 1983. — Degrado della vegetazione costiera nella tenuta di San Rossore. *La provincia pisana*, 4 : 46-52.
- (65) BUSSOTTI F., RINALLO C., GROSSONI P., GELLINI R., PANTANI F., CENNI E., 1984. — La moria della vegetazione costiera causata dall'inquinamento idrico. *MONTI e BOSCHI*, 35, 6 : 47-55.
- (66) BUTOR S.F., 1980. — *Contribution à l'étude de l'aérosol atmosphérique en zone urbaine, maritime et océanique*. Thèse de doctorat d'Etat, Université de Bretagne Occidentale.
- (67) CABRIDENC R., 1970. — Le problème des détergents. Pollution, nuisances, aspects pratiques et scientifiques. *Bull. Assoc. Pharm. Franç. pour l'Hydrologie*, 1 : 23-45, 2 : 37-45.
- (68) CABRIDENC R., 1971. — Nuisances résultant du déversement des détergents dans les eaux. *La technique de l'Eau et de l'Assainissement*, 291 : 23-32.
- (69) CABRIDENC R., 1976. — La pollution des eaux par les détergents. In : *La pollution des eaux continentales*, Gauthier-Villars (Paris), 37-53.
- (70) CAPUT C., GAUTIER D., 1977. — Contribution à l'étude du pouvoir dispersif des brises côtières. *Bull. Inf. Sci. Tech. (C.E.A.)*, 222 : p. 31.
- (71) CARLSON D.J., 1982. — A field evaluation of plate and screen micro-layer sampling techniques. *Mar. Chem.*, 11 : 189-208.
- (72) CARLSON D.J., 1983. — Dissolved organic materials in surface microlayers : temporal and spatial variability and relation to sea state. *Limnol. Oceanogr.*, 28 : 415-431.
- (73) CARLSON C.E., GILLIGAN C.J., 1983. — Histological differentiation among abiotic causes of conifer needle necrosis. *Res. Paper INT-298*, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT 84401, 17 p.
- (74) CARLSON D.J., MAYER L.M., 1980. — Enrichment of dissolved phenolic material in the surface microlayer of coastal waters. *Nature*, G.B., 286 : 482-483.
- (75) CARLUCCI A.F., WILLIAMS P.M., 1965. — Concentration of bacteria from sea water by bubble scavenging. *J. Cons. Perma. Int. Explor. Mer*, 30 : 28-33.
- (76) CARUELLE F., 1973. — *Pollution marine de surface par les détergents anioniques provenant des égouts de Marseille*. Thèse, Faculté de Pharmacie, Marseille, 87 p.
- (77) CATTELL F.C.R., SCOTT W.D., 1978. — Copper in aerosol particles produced by the ocean. *Science*, U.S.A., 202 : 429-430.
- (78) CHAMBERLAIN A.C., 1970. — Interception and retention of radioactive aerosols by vegetation. *Atmos. Environ.*, 4 : 57-78.
- (79) CHAMEL A. (?) — Behaviour of chemicals applied to leaves studied with entire plants and isolated cuticles. In *Plant growth and leaf applied chemicals*, P.M. NEUMANN edit. CRC Boca Raton (in press).
- (80) CHAMEL A., 1986. — Foliar absorption of herbicides : study of the cuticular penetration using isolated cuticles. *Physiol. Vég.*, 24 : 4.
- (81) CHAMEL A., BOUGIE B., 1977. — Absorption foliaire du cuivre : étude de la fixation et de la pénétration cuticulaire. *Physiol. Vég.*, 15 : 679-693.
- (82) CHAMEL A., GAMBONNET B., GENOVA C., JOURDAIN A., 1984. — Cuticular behaviour of cadmium studied using isolated plant cuticles. *J. Environ. Qual.*, 13, 3 : 483-487.
- (83) CHAMEL A., MARCELLE R.D., ELOY J.F., 1982. — Cuticular retention in vitro and localization of Zn after a foliar application of zinc containing fungicides. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 107 : 804-807.
- (84) CHAMPAN P., LISS P.S., 1981. — The sea surface microlayer : measurements of dissolved iodine species and nutrients in coastal waters. *Limnol. Oceanogr.*, 26 : 387-390.

- (85) CHENG L., ALEXANDER G.V., FRANCO P.J., 1976. — Cadmium and other heavy metals in sea-skaters. *Water Air Soil Pollut.*, 6 : 33-38.
- (86) CHESSELET R., MORELLI J., BUAT-MENARD P., 1972. — Some aspects of the geochemistry of marine aerosols, in : « The changing chemistry of the oceans » *Proc. 20th Nobel Symp.*, Aspenäs garden, 1971, Sweden, B. DRYSSSEN et D. JAGNER edit., Stockholm, 93-114.
- (87) CHESSELET R., MORELLI J., BUAT-MENARD P., 1972. — Variations in ionic ratios between reference sea water and marine aerosols. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 77 (27) : 5116-5131.
- (88) CHESTER R., STONER J.H., 1974. — The distribution of Mn, Fe, Cu, Ni, Co, Ca, Cr, V, Ba, Sr, Sn Zn and Pb in some soil-sized particulates from the lower troposphere over the world ocean. *Mar. Chem.*, 2 : 157-188.
- (89) CIPRIANO R.J., BLANCHARD D.C., 1981. — Bubble and aerosol spectra produced by a laboratory "breaking wave". *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 86, C9 : 8085-8090.
- (90) CIPRIANO R.J., BLANCHARD D.C., HOGAN A.W., LALA G.G., 1983. — On the production of Aitken nuclei from breaking waves and their role in the atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, 40, 2 : 469-479.
- (91) COSSA D., 1973. — *Contribution à l'étude de la pollution du milieu marin par les détergents anioniques*. Thèse Sciences Nat. (Université), Nantes.
- (92) DARLINGTON W.A., BARRY J.B., 1965. — Effects of chloroform and surfactants on permeability of apricot leaf cuticule. *J. Agric. Food Chem.*, 13 : 76-8.
- (93) DARZI M., WINCHESTER J.W., 1976. — *Tropospheric and sea-surface components of the aerosol over the ocean*. Text of talk presented at the American Meteorological Society Second Conference on Ocean-Atmosphere Interactions, Seattle, WA April 1.
- (94) DAUMAS R., 1974. — Influence de la température et du développement planctonique sur le mécanisme d'accumulation de la matière organique à la surface de la mer. *Mar. Biol.*, 26 : 111-116.
- (95) DAUMAS R.A., LABORDE P.L., MARTY J.C., SALIOT A., 1976. — Influence of sampling method on the chemical composition of water surface film. *Limnol. Oceanogr.*, 21 : 319-326.
- (96) DAY J.A., 1964. — Production of droplets and salt nuclei by the bursting of air bubble film. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, G.B., 90 : 72-78.
- (97) DEGENS P.N., EVANS H.C., KOMMER J.D., WINDSOR P.A., 1953. — Determination of sulfate and sulfonate anion active detergents in sewage. *J. Appl. Chem.*, 3 : 54-61.
- (98) DEHAIRS F.H., et al., 1982. — Boundary conditions for heavy metals at the air-sea interface. *Int. Counc. Explor. Sea Comm. Meet (Mar. Environ. Qual. Comm.)*, 225-242.
- (99) DE PHILIPPIS A., 1969. — Le foreste di San Rossore e Migliarino. Alterazione e deperimento della fascia di vegetazione costiera. *In. Bot. Ital.*, 3 : 132-133.
- (100) DE RENZI G.P., PALMIERI MORELLI R., ORLANDO P., VOLTA S., DARDANELLI C., 1978. — Research into the content of oil droplets, detergents and bacteria in the sea water and sea beds of the North Tyrrhenian Sea. *IV Journées Etud. Pollutions. CIESM.*, Antalya, 24-27 Nov. 1978, 123-128.
- (101) DERUELLE S., 1983. — *Ecologie des lichens du Bassin parisien. Impact de la pollution atmosphérique (engrais, SO₂, Pb) et relation avec les facteurs climatiques*. Thèse de Doctorat d'Etat, Paris, 360 + 220 p.
- (102) DE SOUZA LIMA Y., 1981. — *Interface océan-atmosphère : aspects biologiques et écologiques du phytoneuston*. Thèse de doctorat de 3^e cycle, Université Aix-Marseille II, 85 p.
- (103) DE SOUZA LIMA Y., 1982. — Interface air-mer : aspects écologiques du microneuston dans le film de surface. *2^e Colloque de Microbiologie Marine*, Marseille, Publ. C.N.E.X. O., 13 : 175-181.
- (104) DE SOUZA LIMA Y., 1985. — Accumulation de sels nutritifs dans la microcouche de surface : influence possible des facteurs abiotiques et biotiques du milieu. *Oceanol. Acta*, 8, 1 : 47-56.

- (187) HOFFMAN E.J., DUCE R.A., 1976. — Factors influencing the organic carbon content of atmospheric sea salt particles : a laboratory study. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 81 : 3367-3670.
- (188) HOFSTRA G., HALL R., 1971. — Injury on roadside trees : leaf injury on pine and white cedar in relation to foliar levels of sodium and chloride. *Can. J. Bot.*, 49 : 613-22.
- (189) HOLLOWAY P.J., 1971. — The chemical and physical characteristics of leaf surfaces. In *Ecology of Leaf Surface Microorganisms*, PREECE T.P. and DICKINSON C.H. edit., 39-53, Academic Press. New York.
- (190) HORNE R.A., COURANT R.A., 1970. — Ionic fractionation at the air-sea interface. *Paper presented at Intern. Symp. on Hydrogeochemistry and Biochemistry*. Int. Ass. Geochem. Cosmochem. Tokyo, september 1970.
- (191) HORVATH L., MESZAROS E., ANTALE E., 1981. — On the sulfate, chloride and sodium concentration in maritime air around the Asian Continent. *Tellus*, Suède, 33,4.
- (192) HOSKER R.P., LINDBERG S.E., 1982. — Review : atmospheric deposition and plant assimilation of gases and particles. *Atmos. Environ.*, 16 : 889-910.
- (193) HOUDART M., 1973. — *Contribution à l'étude de quelques propriétés physiques de la surface des océans : tension superficielle, évaporation*. Thèse de Doctorat de 3^e cycle, Université de Paris VI.
- (194) HUHNERFUSS H., ALPERS W., GARRETT W.D., LANGE P.A., STOLTE S., 1983. — Attenuation of capillary and gravity waves at sea by monomolecular organic surface films. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 88, (C.14) : 9809-9816.
- (195) HULL H.M., 1970. — Leaf structure as related to absorption of pesticides and other compounds. *Residue Rev.*, 31 : 1-155.
- (196) HULL H.M., MORTON H.L., WHARRIE J.R., 1975. — Environmental influences on cuticles development and resultant foliar penetration. *Bot. Rev.*, 41 : 421-451.
- (197) HUNTER K.A., 1977. — *Chemistry of the sea surface microlayer*. Ph. D. THESIS, University of East Anglia, Norwich. 380 p.
- (198) HUNTER K.A., 1980. — Processes affecting particulate trace metals in the sea surface microlayer. *Mar. Chem.*, 9 (1) : 49-70.
- (199) HUNTER K.A., LISS P.S., 1977. — The input of organic material to the oceans : air-sea interactions and the organic chemical composition of the sea surface. *Mar. Chem.*, 5 : 361-379.
- (200) HUTTUNEN S., LAINE K., 1983. — Effects of air-borne pollutants on the surface wax structure of *Pinus sylvestris* needles. *Ann. Bot. Fen.*, 20 : 79-86.
- (201) INNAMORATI M., 1986. — Effetti dell'aerosol da acque marine con tensioattivi su *Pinus pinea*. *Relaz. Contr. C.E.E.-C.N.R.*, ENW, 750 I (EDB).
- (202) ITOH H., IZAWA S., SHIBATA K., 1963. — Disintegration of chloroplasts with dodecylbenzenesulfonate as measured by flattening effect and size distribution. *Biochem. Biophys. Acta*, 69 : 130-142.
- (203) JACOBS W.C., 1937. — Preliminary report on the study of atmospheric chlorides. *Mon. Weather Rev.*, 65 : 147-151.
- (204) JAMES R.L., COBB F.W., MILLER P.R., PARMENTER J.R., 1980. — Effects of oxidant air pollution on susceptibility of pine roots to *Fomes annosus*. *Phytopathology*, 70 : 560-563.
- (205) JARVIS N.L., GARRETT W.D., SCHEIMAN M.A., TIMMONS C.D., 1967. — Surface chemical characterization of surface active material in sea water. *Limnol. Oceanogr.*, U.S.A., 12 : 88-96.
- (206) JOHANSON T.B., VAN GRIEKEN R.E., WINCHESTER J.W., 1974. — Marine influences on aerosol composition in the crustal zones. *J. Rech. Atmos.*, 8 (74) : 761-776.
- (207) JOHNSON R.W., RIDING R.T., 1981. — Structure and ontogeny of the stomatal complex in *Pinus strobus* L. and *Pinus banksiana* Lamb., *Am. J. Bot.*, 68 : 260-268.

- (208) JOSHI S.R., 1982. — Airbone radioactive materials and plants : a review. *Sci. Total Environ.*, 24 : 101-117.
- (208') JUNGE C.E., 1972. — Our knowledge in the physico-chemistry of aerosols in the undisturbed marine environment. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 77 (27) : 5183-5200.
- (209) KANWISHER J., 1963. — On the exchange of gases between the atmosphere and the sea. *Deep-Sea Res.*, 10 : 195-207.
- (210) KEELING C.D., 1968. — Carbon dioxide in surface ocean waters. 4 Global distribution. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 73 : 4543-4553.
- (211) KIENZLER C.F., ARONS A.B., BLANCHARD D.C., WOODCOCK A.H., 1954. — Photographic investigation of the projection of droplets by bubbles bursting at a water interface. *Tellus*, Suède, 6 : 1-7.
- (212) KJELLEBERG S., HAKANSSON N., 1977. — Distribution of lipolytic, proteolytic and amylolytic marine bacteria between the lipid film and the sub-surface water. *Mar. Biol.*, 39 : 103-109.
- (213) KOLOVAYEV D.A., 1976. — Investigation of the concentration and statistical size distribution of wind-producing bubbles in the near-surface ocean. *Oceanology*, Engl. transl., 15 : 659-661.
- (214) KOMABAYASHI M., 1964. — Primary fractionation of chemical components in the formation of submicron spray drops from sea salt solution. *J. Meteorol. Soc. Jap.*, 42 : 309-316.
- (215) KOVACS M., PAUSZKY I., KLINCSEK P., PODANI J., 1982. — The leaves of city trees as accumulation indicators. 149-153. In : « *Monitoring of air pollutants by plants. Methods and problems* », STEUBING L., and JAGER H.J. edit., Junk Publ., The Hague-Boston-London, 161 p.
- (216) KRAUSE C.R., 1982. — Identification of salt spray injury to *Pinus* species with scanning electron microscopy. *Phytopathology*, U.S.A., 72 : 382-386.
- (217) KRUPA S., ANDERSON J., MARX D.H., 1973. — Studies on *ectomycorrhizae* of pine. IV. Volatile organic compounds in mycorrhizal and non-mycorrhizal roots systems of *Pinus echinata* Mill. *Eur. J. For. Pathol.*, 3 : 194-200.
- (218) LAFOND E.C., LAFOND K.G., 1972. — Sea surface features. *J. Mar. Biol. Assoc. India*, 14 : 1-4.
- (219) LAPUCCI P.L., GELLINI R., PAIERO P., 1972. — Contaminazione chimica dell' acqua marina quale causa di moria dei pini lungo le coste tirreniche. *Ann. Accad. Ital. Sci. For.*, 21 : 323-358.
- (220) LARSSON G., ODHAM G., SODERGREN A., 1974. — On lipid surface films of the sea. 1. A simple method for sampling and studies of composition. *Mar. Chem.*, 2 : 49-59.
- (221) LAUGHLIN S.B., TAYLOR G.E., 1981. — Relative humidity : important modifier of pollutant uptake by plants. *Science*, 221 : 167-168.
- (222) LECLERC E., 1971. — *Les détergents et la pollution des eaux. Méthodes d'analyse*. C.E.B.E.D.O.C., Liège.
- (223) LEE T.M.S., 1972. — *An investigation of the effect of bubble age and organic contamination on the ejection height and size of jet drops*. Master's thesis, State University of New York, Albany.
- (224) LEECE D.R., 1976. — Composition and ultrastructure of leaf cuticles from fruit trees, relative to differential foliar absorption. *Aust. J. Plant Physiol.*, 3 : 833-47.
- (225) LEECE D.R., KENWORTHY A.L., 1972. — Influence of epicuticular waxes on foliar absorption of nitrate ions by apricot leaf discs. *Aust. J. Biol. Sci.*, 25 : 641-3.
- (226) LINDBERG S.E., HARRISS R.C., TURNER R.R., 1982. — Atmospheric deposition of metals to forest vegetation. *Science*, U.S.A., 215 : 1609-1610.
- (227) LION L.W., HARVEY R.W., YOUNG L.Y., LECKIE J.O., 1979. — Particulate matter, its association with microorganisms and trace metals in an estuarine salt marsh microlayer. *Environ. Sci. Technol.*, 12 : 1522-1525.
- (228) LION L.W., LECKIE J.O., 1981a. — Chemical speciation of trace metals at the air-sea interface : the applications of an equilibrium model. *Environ. Geol.*, 3 : 293-314.

- (229) LION L.W., LECKIE J.O., 1981b. — The biogeochemistry of the air-sea interface. *Annu. Rev. Earth Plane., Sci.*, 9 : 449-486.
- (230) LION L.W., LECKIE J.O., 1982. — Accumulation and transport of Cd, Cu and Pb in an estuarine salt marsh surface microlayer. *Limnol. Oceanogr.*, 27 (1) : 111-125.
- (231) LISS P.S., 1975. — Chemistry of the sea surface microlayer. In *Chemical Oceanography.*, vol. 1, 2nd Ed. RILEY J.P. and SKIRROW G. edit., Academic Press, p. 193-243.
- (232) LISS P.S., SLATER P.G., 1974. — Flux of gases across air-sea interface. *Nature, G.B.*, 247 : 181-184.
- (233) LITTLE S., MOHR J.J., SPICER L.I., 1958. — Salt water storm damage to loblolly pine forests. *J. Forest, U.S.A.*, 56 : 27-28.
- (234) LOGLIO G., TESEI U., MORI G., CINI R., PANTANI F., 1985. — Enrichment and transport of surfactant in marine aerosol formed during particular weather conditions. *Il Nuovo Cimento*, 8C, (6) : 704-713.
- (235) LUTTGE V., LATIES G.G., 1966. — Dual mechanisms of ions absorption in relation to long distance transport in plants. *Plant Physiol.*, 41 : 1531-9.
- (236) MACFARLANE J.C., BERRY W.L., 1974. — Cation penetration through isolated leaf cuticles. *Plant Physiol.*, 53 : 723-7.
- (237) MAC INTYRE F., 1968. — Bubbles : a boundary-layer « microtome » for micronthick samples of a liquid surface. *J. Phys. Chem.*, 72 : 589-592.
- (238) MAC INTYRE F., 1970. — Geochemical fractionation during mass transfer from sea to air by breaking bubbles. *Tellus, Suède*, 22, 4 : 451-461.
- (239) MAC INTYRE F., 1972. — Flow patterns in breaking bubbles. *J. Geophys. Res., U.S.A.*, 77 : 5211-5228.
- (240) MAC INTYRE F., 1974. — The top millimeter of the ocean. *Sci. Am.*, 230 : 62-77.
- (241) MAC INTYRE F., 1974. — Non-lipid-related possibilities for chemical fractionation in bubble film caps. *J. Rech. Atmos.*, 8, (3-4) : 515-527.
- (242) MAC INTYRE F., 1975. — Chemical fractionation and sea-surface microlayer processes. Extr. from « *The Sea* », (5), 8, 245-299. Intersciences Publishers, New York.
- (243) MAC INTYRE F., WINCHESTER J.W., 1969. — Phosphate ion enrichment in drops from breaking bubbles. *J. Phys. Chem.*, 73 : 2163-2169.
- (244) MAC KERRON D.K.L., 1976. — Wind damage to the surface of strawberry leaves. *Ann. Bot.*, 40 : 351-4.
- (245) MAENHAUT W., DARZI M., WINCHESTER J.W., 1981. — Seawater and non seawater aerosol components in the marine atmosphere of Samoa. *J. Geophys. Res., U.S.A.*, 86, (C4) : 3187-3193.
- (246) MANSFIELD T.A., 1973. — The role of stomata in determining the responses of plants to air pollutants. In *Current Advances in Plant Sciences*, SMITH H. edit., Pergamon Press, New York, 13-22.
- (247) MALCOLM C.V., 1967. — Reducing salt damage from sprinkler irrigation. *Calif. Citrogr.*, 52, 122 : 124-125.
- (248) MANSFIELD T.A., PEMADASA M.A., SNAITH P.J., 1983. — New possibilities for controlling foliar absorption via stomata. *Pestic. Sci.*, 14 : 294-298.
- (249) MARCHAL T., 1981. — *Composition chimique de l'aérosol atmosphérique le long du littoral breton*. Rapport de stage de D.E.A. effectué au laboratoire de Chimie Minérale des Milieux Naturels de l'Université de Paris VII.
- (250) MARCHAL T., 1983. — *Contribution à l'étude physico-chimique de l'aérosol atmosphérique en milieu côtier*. Thèse de doctorat de 3^e cycle : Sci. : Paris 7. 145 p.
- (251) MARCHETTI R., 1965. — Revue critique des effets des détergents synthétiques sur la vie aquatique. *Stud. Rev. Gén. Fish. Council Méditer.*, 26 : 182-191.
- (252) MARTIN J.T., JUNIPER B.E., 1970. — *The cuticles of plants*. London. E. ARNOLD.

- (253) MARTY J.C., SALIOT A., 1974. — Etude chimique comparée du film de surface et de l'eau de mer sous-jacente : acides gras. *J. Rech. Atmos.*, 8 : 563-570.
- (254) MARTY J.C., SALIOT A., 1976. — Hydrocarbons (normal alkanes) in the surface microlayer of sea water. *Deep-Sea Res.*, G.B., 23 : 863-873.
- (255) MARTY J.C., SALIOT A., TISSIER M., 1978. — Inventaire, répartition et origine des hydrocarbures aliphatiques et polyaromatiques dans l'eau de mer, la microcouche de surface et les aérosols marins en Atlantique Tropical Est. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 286, série D : 833-836.
- (256) MASON B.J., 1954. — Bursting of bubbles at the surface of sea water. *Nature*, G.B., 174 : 470-471.
- (257) MEINRAT O.A., 1982. — Marine aerosol chemistry at cape Crim, Tasmania and Townsville, Queensland. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 87, (C11) : 8875-8885.
- (258) MESZAROS E., RENOUX A., 1978. — Un constituant fondamental de la pollution de fond : l'aérosol marin. *Pollut. Atmos.*, 79 : 177-181.
- (259) MESZAROS A., VISSY K., 1974. — Concentrations size distribution and chemical nature of atmospheric aerosol particles in remote oceanic areas. *J. Aerosol Sci.*, 5 : 101-109.
- (260) MEYERS P.A., KAWKA D.E., 1982. — Fractionation of hydrophobic organic materials in surface microlayers. *J. Great Lakes Res.*, 8 : 288-298.
- (261) MIDDLETON L.J., SANDERSON J., 1965. — The uptake of inorganic ions by plant leaves. *J. Exp. Bot.*, 16 : 197-215.
- (262) MIGET R., KATOR H., OPPENHEIMER C., LASETER J.L., LEDET E.J., 1974. — New sampling device for recovery of petroleum hydrocarbons and fatty acids from aqueous surface films. *Anal. Chem.*, 46 (8) : 1154-1157.
- (263) MIYAKE Y., 1948. — The chemical nature of the saline matter in the atmosphere. *Geophys. Mag.*, Jap., 16 : 64-65.
- (264) MISHRA L.C., 1982. — Effect of environmental pollution on the morphology and leaf epidermis of *Commelina bengalensis* Linn. *Environ. Pollut.*, Ser. A, *Ecol. Biol.*, ISSN 0143-1471, GBR, 28, (4) : 281-284.
- (265) MONAHAN E.C., 1968. — Sea spray as a function of low elevation wind speed. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 73 : 1127-1137.
- (266) MONAHAN E.C., 1971. — Oceanic whitecaps. *J. Phys. Oceanogr.*, 1 : 139-144.
- (267) MONAHAN E.C., MAC NIOCAILL C., 1986. — Oceanic whitecaps and their role in air-sea exchange processes. *Oceanographic Sciences Library*. D. Reidel Publishing Company.
- (268) MONAHAN E.C., O'MUIRCHARTAIGH I., 1980. — Optimal power-law description of oceanic whitecap coverage dependence on wind speed. *J. Phys. Oceanogr.*, 10 (12) : 2094-2099.
- (269) MONNIER-BESOMBES G., 1983. — *Etude de la contamination de la Posidonie (Posidonia oceanica (L.) Delile) et de son milieu par des composants des détergents synthétiques*. Thèse de Doctorat de 3^e cycle, Université d'Aix-Marseille II.
- (270) MOORE W.A., KOLBESON R.A., 1956. — The determination of anionic detergents in surface waters and sewage with methyl green. *Anal. Chem.*, 28 : 161-164.
- (271) MOORE D.J., MASON B.J., 1954. — The concentration, size distribution and production rate of large salt nuclear over the oceans. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, G.B., 80 : 583.
- (272) MORELLI J., 1968. — *Contribution à l'étude de la composition des aérosols formés à la surface de la mer ; leur rôle dans les échanges de matière entre l'océan, l'atmosphère et le continent*. Thèse de Doctorat de 3^e cycle, Faculté des Sciences, Paris.
- (273) MORELLI J., 1977. — *Contribution à l'étude du cycle atmosphérique du potassium marin*. Thèse de Doctorat, Université Paris VI.
- (274) MORELLI J., 1978. — Données sur le cycle atmosphérique des sels marins. *J. Rech. Océanogr.*, Fr., 3 (4) : 27-49.

- (275) MORELLI J., 1980. — Données sur les échanges de matière à l'état particulaire à l'interface air/mer ; implications géochimiques. *Océanis*, 6 (2) : 109-151.
- (276) MORELLI J., BUAT-MENARD P., CHESSELET R., 1971. — Mise en évidence dans l'atmosphère marine d'aérosols enrichis en potassium et calcium ayant la surface de la mer pour origine. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 272 : 812-815.
- (277) MORELLI J., BUAT-MENARD P., CHESSELET R., 1974. — Production expérimentale d'aérosols à la surface de la mer. *J. Rech. Atmos.*, 8 (3-4) : 961-986.
- (278) MORELLI J., MARCHAL T., GIRARD-REYDET L., CARLIER P., PERROS P., LUCE C., GIRARD R., 1983. — Etude des origines du soufre associé à l'aérosol collecté au-dessus du littoral atlantique en relation avec la trajectographie à grande échelle des masses d'air échantillonnées. *Communication au 6^e Congrès Mondial pour la Qualité de l'Air*, Paris 16-20 mai 1983 et article paru dans les « Proceedings » du Congrès.
- (279) MORELLI J., MARCHAL T., GIRARD-REYDET L., REMY B., DUTOT A.L., PERROS P., CARLIER P., 1984. — Résultats préliminaires d'une étude de la composition chimique de l'aérosol côtier. *Communication au 2^e Symposium Européen sur le comportement physico-chimique des polluants de l'atmosphère*, Varèse (Italie), article paru dans les « Proceedings » du Symposium, p. 418-427, VERSINO B. et OTT. H. edit., REIDEL Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- (280) MORRIS R.J., 1974. — Lipid composition of surface films and zooplankton from the eastern mediterranean. *Mar. Pollut. Bull.*, 5 : 105-109.
- (281) MORRIS R.J., CULKIN F., 1974. — Lipid chemistry of eastern Mediterranean surface layers. *Nature*, G.B., 250 : 640-642.
- (282) N.A.S., - National Research Council. The tropospheric transport of pollutants and other substances of the oceans. National Academy of Sciences.
- (283) NELSON P.V., GARLICH H.H., 1969. — Relationship of chemical classification and hydrophilephile balance of surfactants to enhancement of foliar uptake of iron. *J. Agric. Food Chem.*, 17 : 148-52.
- (284) NEUMAN P.M., PRINZ R., 1974. — The effect of organosilicone surfactants in foliar nutrient sprays on increased absorption of phosphate and iron salts through stomatal infiltration. *Isr. J. Agric. Res.*, 23 : 123-8.
- (285) NGUYEN B.C., BONSANG B., PASQUIER J.L., LAMBERT G., 1974. — Composantes marine et africaine des aérosols de sulfates dans l'hémisphère Sud. *J. Rech. Atmos.*, 8 (3-4) : 831-843.
- (286) NGUYEN B.C., BONSANG B., GAUDRY A., LAMBERT G., 1977. — Oxidation processes of sulfur components in the marine atmosphere. *Paper presented at the CACGP Symposium on Trace Gases and Aerosols*, Boulder, U.S.A.
- (287) NISHIZAWA S., 1971a. — Concentration of organic and inorganic material in the sea skin at the Equator 155° W. *Bull. Plankton Soc. Jpn.*, 18 : 42-44.
- (288) NISHIZAWA S., 1971b. — Concentration of particule and dissolved organic material at the sea surface skin. In M. Uda (ed.), *The Ocean World*. Jap. Soc. Promotion Sci., 267-269.
- (289) OWEN R.M., MEYERS P.A., MACKIN J.E., 1979. — Influence of physical processes on the concentration of heavy metals and organic carbon in the surface microlayer. *Geophys. Res. Lett.*, 6 : 147-150.
- (290) PANTI F., 1983. — Il problema della pioggia acide e la relativa situazione in Italia. *Ital. For. Mont.*, 38 : 10-23.
- (291) PANTANI F., BARBOLANI E., DEL PANTA S., BUSSOTTI F., 1984a. — Rilevamento di piogge acide in comprensori della Toscana. *Rass. Chim.*, 36 : 135-141.
- (292) PANTANI F., CELLINI P., DEL PANTA S., BUSSOTTI F., 1984. — Sulla deposizione acida nella tenuta di San-Rossore (Pisa). *Inf. Bot. Ital.*, 16 : 182-191.
- (293) PARKER B., BARSOM G., 1970. — Biological and chemical significance of surface microlayers in aquatic ecosystems. *Bioscience*, 20 (2) : 87-93.
- (294) PATTENDEN N.J., CAMBRAY R.S., PLAYFORD K., 1981. — Trace and major elements in the sea-surface microlayer. *Geochim. Cosmochim. Acta*, G.B., 45 (1) : 93-100.

- (295) PATTERSON C.C., SETTLE D., SCHAULE B., BURNETT M., 1976. — Transport of pollutant lead to the oceans and within the ocean ecosystems. In : *Marine Pollutant Transfer*, WINDOM H. and DUCE R.A. edit., Lexington Books, 23-28.
- (296) PATTERSON M.P., SPILLANE K.T., 1969. — Surface films and the production of sea-salt aerosol. *Q. J. R. Meteorol. Soc., C.G.B.*, 95 : 526-534.
- (297) PATTERSON E.M., KIANG C.S., DELANAY A.C., WARTBURG A.F., LESLIE A.L.D., HUEBERT B.J., 1980. — Global measurements of aerosols in remote continental and marine regions : concentrations, size distributions, and optical properties. *J. Geophys. Res., U.S.A.*, 85, (C12) : 7361-7376
- (298) PAUGAM J.Y., NGUYEN B.C., BONSAING B., FONGANG S., 1977. — Production de noyaux d'Aitken et de composés soufrés dans l'air au-dessus d'une zone littorale. *Chemosphère*, 6 : 333-339.
- (299) PETRENCHUK O.P. — On the budget of sea salts and sulfur in the atmosphere. *J. Geophys. Res., U.S.A.*, 85, (C12) : 7439-7444.
- (300) PIOTROWICZ S.R., 1977. — *Studies of the sea to air transport of trace metals in Narragansett Bay*. Thesis, University of Rhode Island, Kingston, RI, 170 p.
- (301) PIOTROWICZ S.R., RAY B.J., HOFFMAN G.L., DUCE R.A., 1972. — Trace metal enrichment in the sea surface microlayer. *J. Geophys. Res., U.S.A.*, 77 : 5243-5254.
- (302) PIOTROWICZ S.R., DUCE R.A., FASCHING J.L., WEISEL C.P., 1978. — Bursting bubbles and their effect on the sea-to-air transport of Fe, Cu and Zn. *Mar. Chem.*, (?).
- (303) PITMAN M.G., DOWDEN H.G.M., HUMPHREYS F.R., LAMBERT M., SCHELTEMA J.H., 1977. — The outfall connection : the plight of our coastal trees. *Aust. Nat. Hist.*, 3, 19 : 74-81.
- (304) POJASEK R.B., ZAJICEK O.T., 1978. — Surface microlayers and foams source and metal transport in aquatic systems. *Water Res.*, 12 : 7-10.
- (305) PRINZ B., KRAUSE G.H.M., TRATMANN H., 1982. — Provisional report by Land Institute for Pollution Control on investigation to explain the cause of the damage to forests in the Federal Republic of Germany. Lis. Rep., 28, ISSN 0720-8499, 140 p.
- (306) PYIKKO M., 1977. — Effect of salt spray on growth and development of *Pinus sylvestris*. *Ann. Bot. Fenn.*, 14 : 49-61.
- (307) RAPETTI F., VITTORINI S., 1974. — Osservazioni sulle variazioni dell'ala destra del delta dell'Arno. *Atti. Soc. Toscana. Sci. Nat. Resid. Pisa Mem. Ser. B*, 81 : 25-88.
- (308) RAYBAUD H., 1972. — *Les biocides organochlorés et les détergents anioniques dans le milieu marin*. Thèse de doctorat de 3^e cycle, Marseille.
- (309) RENOUX A., 1983. — Aeroszólók fizikai jellemző « i különbözö » szennyezettégu « levego » ben. — Caractéristiques physiques des aérosols dans l'atmosphère pour différents degrés de pollution. *Időjárás* (Budap., 1905), Hun., 87, (5) : 262-273.
- (310) RENOUX A., TYMEN G., BUTOR J.F., MADELAINE G., 1974. — Utilisation de cascades impactors pour l'étude de la répartition granulométrique des aérosols atmosphériques. Application à l'aérosol marin. *J. Rech. Atmos.*, 8 : 709-721.
- (311) RESCH F., 1981. — Echanges particulaires air-mer (au niveau de l'interface). Proceedings de l'Ecole Européenne d'Eté. Cahier Jacques FAUCHERE, Université de Paris VI.
- (312) RESCH F., 1981. — Echanges de polluants entre les océans et l'atmosphère : transferts de masse à travers l'interface marine. Programme de recherches en océanographie physique. Université de Toulon et du Var. 21 p.
- (313) RESCH F., 1982. — Air-sea particulate exchanges in coastal regions. *Proceedings of the First International Conference on Meteorology and Air-Sea Interaction of the Coastal Zone*, American Meteorological Society, Boston, Mars, 54-57.

- (355) VAN GRIEKEN R.E., JOHANSSON T.B., WINCHESTER J.W., 1974. — Trace metal fractionation effects between sea water and aerosols from bubble bursting. *J. Rech. Atmos.*, 8 : 611-621.
- (356) VARSHNEY C.K., GARG K.K., 1980. — Significance of leaf surface characteristics in plant responses to air pollution. *Water Air Soil Pollut.*, 14 : 429-433.
- (357) VERONA O., TREGGI G., 1972. — Sul deperimento delle pinete di una parte della fascia costiera della Toscana, con particolare riferimento alla Versilia. *Agric. Ital. (Pisa)*, 72 (6) : 381-396.
- (358) VINCENZINI M.T., FAVILLI F., STIO M., VANNI P., 1985. — Detergents as selective inhibitors and inactivators of enzymes. *Physiol. Chem. Phys. Med. NMR*, 17 : 279-295.
- (359) VLEET E.S.V., WILLIAMS P.M., 1980. — Sampling sea surface films : a laboratory evaluation of techniques and collecting materials. *Limnol. Oceanogr.*, 25 : 764-770.
- (360) VOLOSTNYKH B.V., 1979. — Forms of phosphorus in the surface microlayers of the western Sargasso Sea. *Oceanology*, 19 : 44-46.
- (361) WALLACE G.T. Jr., DUCE R.A., 1975. — Concentration of particulate trace metals and particulate organic carbon in marine surface waters by a bubble flotation mechanism. *Mar. Chem.*, 3 : 157-181.
- (362) WALLACE G.T., DUCE R.A., 1978. — Open-ocean transport of particulate trace metals by bubbles. *Deep-Sea Res.*, G.B., 25 : 827-835.
- (363) WALLACE G.T., DUCE R.A., 1978. — Transport of particulate organic matter by bubbles in marine waters. *Limnol. Oceanogr.*, 23 : 1155-1167.
- (364) WALLACE G.T. Jr., LOEB G.I., WILSON D.F., 1972. — On the flotation of particulates in sea water by rising bubbles. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 77 (27) : 5293-5301.
- (365) WANGERSKY P.J., 1976. — The surface film as a physical environment. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 7 : 161-176.
- (366) WEDDING J.B., CARLSON R.W., STUKEL J.J., BAZZAZ F.A., 1977. — Aerosol deposition on plant leaves. *Water Air Soil Pollut.*, 7 : 545-550.
- (367) WEISEL C.P., 1978. — *Cadmium and lead enrichments on sea salt aerosols above Narragansett Bay collected by the Bubble Interfacial Microlayer Sampler*. M.S. Thesis, University of Rhode Island, Kingston, 127 p.
- (368) WELLS B.W., SHUNK I.V., 1978. — Salt spray : an important factor in coastal ecology. *Bull. Torrey Bot. Club*, U.S.A., 65 : 225-233.
- (369) WILLKNISS P.E., BRESSAN D.J., 1972. — Fractionation of the elements F, Cl, Na and K at the sea-air interface. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 77 (27), september 1972.
- (370) WILLKNISS P.E., BRESSAN D.J., CARR R.A., LARSON R.E., 1974. — Chemistry of marine aerosols and meteorological influences. *J. Rech. Atmos.*, 8 (3-4), 883-893.
- (371) WILLIAMS P.M., 1967. — Sea surface chemistry : organic carbon and organic and inorganic nitrogen and phosphorus in surface film and subsurface waters. *Deep-Sea Res.*, G.B., 14 : 791-800.
- (372) WILSON A.T., 1959. — Surface of the oceans as a source of airborne nitrogenous material and other plant nutrients. *Nature*, G.B., 184 : 99-101.
- (373) WILSON J., 1980. — Macroscopic features of wind damage to leaves of *Acer pseudoplatanus* L. and its relationship with season, leaf age and wind-speed. *Ann. Bot. (Lond.)*, 46 : 303-11.
- (374) WILSON J., 1984. — Microscopic features of wind damage to leaves of *Acer pseudoplatanus* L., *Ann. Bot. (Lond.)*, 53 : 73-82.
- (375) WITHERSPOON J.P., TAYLOR F.G. Jr., 1970. — Interception and retention of a simulated fallout by agricultural plants. *Health Phys.*, 19 : 493-499.
- (376) WOODCOCK A.H., 1953. — Salt nuclei in marine air as a function of altitude and wind force. *J. Meteorol.*, 10 : 362-371.

(377) WOODCOCK A.H., KIENZLER C.F., ARONS A.B., BLANCHARD D.C., 1953. — Giant condensation nuclei from bursting bubbles. *Nature*, G.B., 172 : 1144.

(378) WU J., 1979. — Spray in the atmospheric surface layer. Review and analysis of laboratory and oceanic results. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 84 : 1693-1704.

(379) WU J., 1981. — Bubble populations and spectra in near-surface ocean : Summary and review of field measurements. *J. Geophys. Res.*, U.S.A., 86, (C1) : 457-463.

(380) WU J., 1981. — Evidence of sea spray produced by bursting bubbles. *Science*, U.S.A., 212 : 324-326.

(381) WU J., 1986. — Withecaps, bubbles and spray. *Oceanic Withecaps*, 113-124, MONAHAM E.C. and NIOCAILL G. Mac edit., D. Reidey Publishing Company.

(382) WUNENBURGER R., 1984. — Le dépérissement des forêts attribué aux « pluies acides » en Europe Centrale, compte rendu d'un voyage d'étude. *Etud. Doc. Cent. Interprof. Tech. Etud. Pollut. Atmos.*, FRA, (76) : 1287.1-1287.19.

(383) WYMAN Jr. J., SCHOLANDER P.F., EDWARDS G.A., IRVING L., 1952. — On the stability of gas bubbles in sea water. *J. Mar. Res.*, U.S.A., 2 : 47-62.

(384) ZAFIRIOU O.C., 1975. — Reaction of methyl halides with seawater and marine aerosols. *J. Mar. Res.*, U.S.A., 33 : 75-81.

(385) ZIEMINSKI S.A. HUME III R.A., DURHAM R., 1976. — Rates of oxygen transfer from air bubbles to aqueous NaCl solutions at various temperatures. *Mar. Chem.*, 4 : 333-346.

(386) ZOBELL C.E., 1963. — The occurrence, effects and fate of oil polluting the sea *Int. J. Air Water Pollut.*, 173-193.

(387) ZOBELL C.E., MATHEWS H.M., 1936. — A qualitative study of the bacterial flora of the sea and land breezes. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, U.S.A., 22 : 567-572.

BIBLIOGRAPHIE THEMATIQUE

GENERALITES

— Cycles (biogéochimiques) : 56 — 58 — 60 — 273 — 274 ;

— Dépérissement (de la végétation) : 64 — 65 — 99 — 106 — 107 — 109 — 110 — 111 — 112 — 150 — 151 — 152 — 153 — 154 — 155 — 158 — 219 — 303 — 305 — 357 — 382 ;

— Lésions (foliaires) : 3 — 73 — 188 — 343 — 346 — 373 — 374 ;

— Polluants atmosphériques : 29 — 101 — 179 — 204 — 226 — 246 — 282 — 290 — 291 — 292 — 309 — 317 — 319 — 336 — 338 — 356 ;

— Pollution marine : 11 — 12 — 57 — 76 — 91 — 155 — 166 — 386.

LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

— Alpes : 124 ;

— Amérique : 118 — 122 — 125 ;

— Atlantique : 20 — 61 — 131 — 183 — 255 — 278 — 330 — 352 ;

— Australie : 6 — 109 — 110 — 111 — 112 — 139 — 164 — 165 — 257 — 303 ;

— Bouches-du-Rhône : 7 — 76 — 317 ;