

L'ionisation atmosphérique et ses conséquences sur le comportement des animaux et de l'homme

In: L'année psychologique. 1976 vol. 76, n°1. pp. 213-244.

Abstract

Summary

Atmospheric ionization is one of the least known parameters among all the aspects of our climatic environment. However, its support: ionized molecules called air ions, seems to have specific actions on life. Artificial ionization used in the laboratory is able to affect the behavior of animals and man. The author summarises his results obtained in 15-years research on animals, and comments on similar results gathered elsewhere for 30 years. Some psychophysiological actions observed may be reduced to side effects of physiological reactions to air ions, but true behavioral effects apparently related to brain serotonin metabolism are also observed.

Résumé

Résumé

De tous les paramètres de notre environnement climatique, l'ionisation atmosphérique est l'un des plus ignorés. Ses constituants : les ions atmosphériques, molécules gazeuses ionisées, semblent cependant agir sur les êtres vivants. L'aéro-ionisation artificielle utilisée en laboratoire est capable d'affecter le comportement des animaux et de l'homme. Nous résumons ici les données obtenues après 15 ans de recherches sur l'animal et les confrontons aux résultats accumulés ailleurs depuis 30 ans. Certaines des actions psychophysologiques des ions atmosphériques sont secondaires à des perturbations physiologiques, mais on observe de véritables actions comportementales apparemment liées au métabolisme de la sérotonine cérébrale.

Citer ce document / Cite this document :

Olivereau J.-M. L'ionisation atmosphérique et ses conséquences sur le comportement des animaux et de l'homme. In: L'année psychologique. 1976 vol. 76, n°1. pp. 213-244.

doi : 10.3406/psy.1976.28137

http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/psy_0003-5033_1976_num_76_1_28137

L'IONISATION ATMOSPHERIQUE ET SES CONSÉQUENCES SUR LE COMPORTEMENT DES ANIMAUX ET DE L'HOMME

par Jean-Michel OLIVEREAU
Laboratoire de Psychophysiologie¹
Université Paris VI

SUMMARY

Atmospheric ionization is one of the least known parameters among all the aspects of our climatic environment. However, its support: ionized molecules called air ions, seems to have specific actions on life. Artificial ionization used in the laboratory is able to affect the behavior of animals and man. The author summarises his results obtained in 15-years research on animals, and comments on similar results gathered elsewhere for 30 years. Some psychophysiological actions observed may be reduced to side effects of physiological reactions to air ions, but true behavioral effects apparently related to brain serotonin metabolism are also observed.

L'insalubrité croissante des basses couches de l'atmosphère a nécessité l'identification progressive des polluants responsables. Mais ces recherches ont aussi conduit parallèlement à la « redécouverte » d'un des paramètres essentiels de la qualité de l'air que nous respirons : l'ionisation atmosphérique.

I. — L'IONISATION ATMOSPHERIQUE

Si la température, l'hygrométrie, la pression, les mouvements de l'air qui nous entoure, sont des données classiques, l'état électrique de l'atmosphère est plus difficile à cerner, et ne paraît — de prime d'abord — guère intéresser l'homme en dehors des fluctuations paroxystiques que représentent les orages.

A) NATURE ET GENÈSE

L'électricité atmosphérique fut découverte par Benjamin Franklin en 1750. Il fallut attendre Elster et Geitel (1899) pour comprendre que cette « électricité », alors quelque peu mystérieuse, a pour support des

constituants normaux de l'atmosphère dont les molécules portent des charges électriques de l'un ou l'autre signe, et constituent ainsi les ions atmosphériques positifs ou négatifs. Langevin (1905) découvrit que ces molécules gazeuses ionisées (donc caractérisées par un excédent ou un déficit d'électrons) peuvent se grouper par adsorption sur des particules en suspension (brouillards, fumées) pour former des ions mille fois plus gros dont les propriétés biologiques sont essentiellement conditionnées par la nature chimique de la particule support, ce qui implique des interactions avec le problème de la pollution industrielle.

Schématiquement, les ions négatifs sont surtout des ions O^- et OH^- , et les ions positifs des ions N^+ , CO_2^+ , H^+ , H_3O^+ , $(H_3O^+)H_2O_n$, mais leur liste n'est pas encore complètement connue, et leur chimie complexe (Métadier, 1974). Tout processus libérant localement une énergie suffisante pour dissocier une molécule donnera naissance à une paire d'ions de polarités opposées. Dans les conditions naturelles, les trois agents principaux d'ionisation atmosphérique sont : la radioactivité de l'air, la radioactivité du sol et le rayonnement cosmique ; mentionnons aussi le rayonnement ultraviolet en altitude, et localement la production d'aérosols ionisés par les embruns et les cascades où l'eau est violemment pulvérisée.

B) FLUCTUATIONS

Du fait de leur plus grande mobilité, due à leur petite taille, les ions négatifs ont statistiquement une durée de vie plus courte que celle des ions positifs, ce qui fait que ces derniers sont en général plus nombreux ; et si la concentration en ions négatifs varie de 200 à 2 000 ions/ml, celle des ions positifs atteint 400 à 3 000 ions/ml d'air. Le rapport ions (+) / ions (—) détermine ce que l'on nomme « charge spatiale ». Cet indice s'est révélé avoir une grande importance biologique puisque, très schématiquement, les ions négatifs sont favorables et les ions positifs défavorables à l'équilibre psychophysologique. La plupart des phénomènes météorologiques naturels : ensoleillement, humidité, pluie, orage, pression atmosphérique, modulent l'abondance des différentes sortes d'ions. Ainsi, par exemple, les chutes de pression barométrique provoquent une sortie du radon toujours présent dans le sol ; ce gaz radioactif ionise alors la basse atmosphère, ce qui conduit peu après, du fait de la longévité plus grande des ions positifs, à une prédominance accrue de ces derniers.

L'environnement créé artificiellement par l'homme modifie aussi largement l'ionisation naturelle de l'air, ainsi la fumée de cigarette, le chauffage par radiateurs électriques, les appareils à conditionnement d'air, détruisent préférentiellement les petits ions négatifs.

A plus grande échelle, les fumées industrielles donnent naissance à de gros ions positifs nocifs, tandis que les nappes d'hydrocarbures s'opposent à la libération d'ions oxygène négatifs à la surface des mers.

C) PRODUCTION ARTIFICIELLE

Peu d'études ont été entreprises sur l'influence des fluctuations naturelles de l'ionisation atmosphérique : celles-ci présentent en effet rarement un découpage net propice à l'expérimentation. On reproduit donc en laboratoire des atmosphères ionisées artificiellement et dûment contrôlées.

Le dispositif dont nous nous servons depuis quatorze ans utilise les propriétés émissives de pointes métalliques portées à 20 000 volts. L'aéro-ionisation produite est réglable en concentration et polarité. L'ozone et les oxydes d'azote pouvant se former sont dûment éliminés et le champ électrique ramené à une valeur normale. Le dispositif de mesure permet de connaître avec précision les concentrations ioniques présentes au niveau des animaux (Olivereau, 1974 a).

Les modalités de traitements appliqués sont de deux sortes, soit des expositions brèves (30 mn à 1 h) à des concentrations fortes (200 000 à 500 000 ions/ml), soit une exposition continue à des concentrations de quelques milliers d'ions par millilitre d'air.

Notons qu'une récente mode a provoqué l'apparition sur le marché public de plusieurs générateurs d'ions atmosphériques négatifs ; la production d'un certain nombre paraît inadéquate sans parler de ceux qui ne produisent que de l'ozone, éminemment toxique !

II. — OBSERVATIONS COMPORTEMENTALES

Chacun sait d'expérience qu'un insecte, un cheval ou un homme ne sont pas dans le même état avant et après un orage. Des constatations de cet ordre expliquent sans doute que, très tôt, on tenta de mettre en relation l'électricité atmosphérique et la vie. Dès 1870, l'abbé Bertholon note l'influence des « variations de l'électricité de l'air sur les hommes malades et bien portants », tandis que l'abbé Nollet remarque que certains malades supportent moins bien l'effluviation d'un pôle déterminé. Enthousiaste, leur contemporain de Saussure propose de prospecter (à l'aide d'électromètres) les sites alpestres pour y découvrir les lieux où l'« électrisation » naturelle de l'air serait bénéfique.

Un siècle plus tard, d'Arsonval note qu'à l'approche d'un orage son impression de malaise augmente à proximité d'une machine électrostatique de polarité positive, alors que son trouble diminue si la même machine donne de hautes tensions négatives. Plus récemment, en 1932, un physicien, Hansell, croit remarquer chez son collègue des modifications de l'humeur synchrones de la polarité d'un générateur haute tension situé à proximité.

Mais seules les expériences systématiques dont Tchijewsky (1934) fut le promoteur ont permis de dépasser ce stade de l'anecdote et du manichéisme simpliste.

Sauf exceptions — qui seront précisées —, toutes nos observations psychophysiologiques ont été effectuées chez le rat albinos mâle. L'expérimentation sur l'animal a le net avantage d'éliminer tout effet placebo.

A) COMPORTEMENTS DE SIGNIFICATION TROPHIQUE

1° *Comportement de soif*

Des rats soumis à une aéro-ionisation artificielle positive continue de 20 000 ions (+) / ml montrent (fig. 1) une diminution de 15 % de leur prise hydrique moyenne ($p = .001$). Inversement, une aéro-ionisation

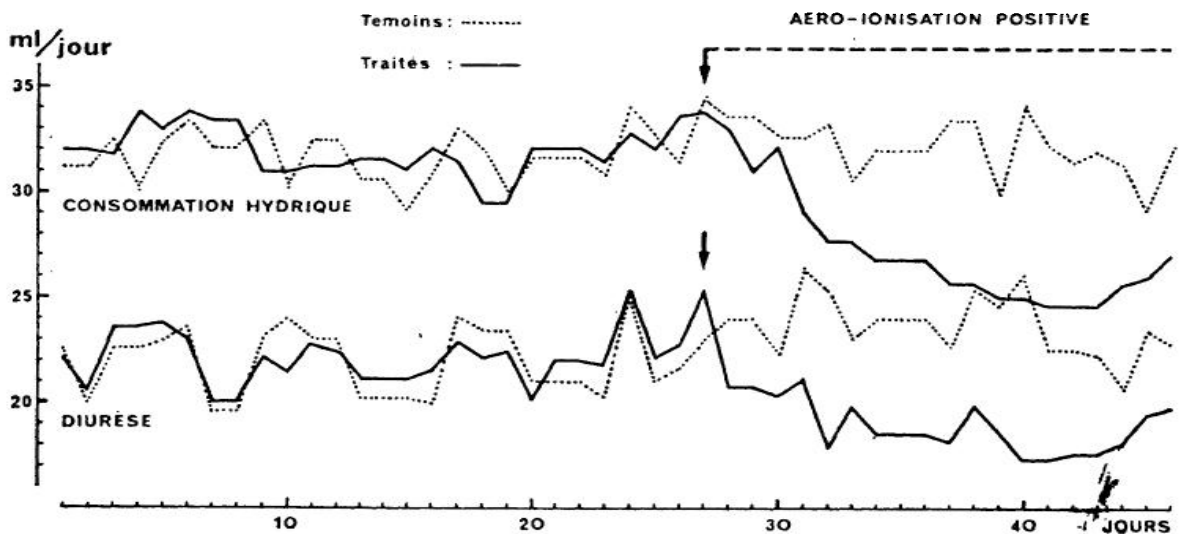


Fig. 1. — Modification du comportement de soif chez le rat soumis aux ions atmosphériques positifs

négative entraîne une légère mais significative augmentation du comportement de soif (Olivereau, 1969 c). Des séances d'aéro-ionisation quotidienne ne donnent ici que des résultats non significatifs, et la nécessité de l'action continue des ions pour obtenir un effet indique déjà que l'on est en présence d'une action plus métabolique que comportementale.

2° *Consommation spontanée d'électrolytes*

Suivant la méthode d'autosélection les animaux sont nourris avec un régime artificiellement dépourvu de sodium et de potassium, mais ils ont à leur disposition des solutions de NaCl et de KCl en plus de l'eau pure. On remarque alors que le rat est capable d'assurer son équilibre hydrominéral en ingérant les quantités adéquates de ces solutions au goût pourtant peu agréable du fait de leur concentration assez forte (2 %).

Sur des animaux soumis à cette procédure, une simple séance quotidienne d'ionisation négative (15 mn à 150 000 ions/ml) suffit à bouleverser complètement la prise d'électrolytes ; alors que la consommation

d'eau salée diminue de 30 %, l'ingestion d'eau additionnée de KCl (au goût très amer) augmente de 80 % ($p < .01$). Le rapport Na/K passe ainsi de 3,4 à 1,5 (OliverEAU, 1965). Ce réajustement implique au niveau gustatif une nette modification de l'appétance pour des sapidités inhabituelles.

L'aéro-ionisation positive n'entraîne au contraire aucun effet sur la consommation d'électrolytes.

3° *Comportement de faim*

Dès 1934, Tchijewsky avait remarqué que des rats et d'autres animaux de laboratoire confinés dans une enceinte, où tous les ions négatifs étaient capturés (c'est-à-dire soumis aux seuls ions positifs de l'air) manifestaient des troubles divers mais sévères, conduisant parfois à la mort. Or, ces animaux présentaient aussi une diminution de la consommation alimentaire. Plus récemment, Kornblueh *et al.* (1955) firent des observations similaires chez des chats et des souris soumis à une aéro-ionisation positive prolongée.

Par exposition continue aux ions positifs (70 000 ions/ml), nous n'avons obtenu aucune diminution significative de la consommation alimentaire ; en revanche, l'ionisation négative entraîne aux mêmes concentrations une légère augmentation du comportement de faim (+ 15 %, $p = .005$). Ce comportement est même sensible à des concentrations très faibles d'ions atmosphériques (3 000/ml), puisque, par alternance d'expositions aux ions négatifs et positifs, nous avons pu montrer que des augmentations significatives de consommation alimentaire se produisent lorsque la charge spatiale est brutalement inversée (OliverEAU, 1971 *c*). Nous verrons ultérieurement l'importance étho-écologique de cette constatation.

B) COMPORTEMENTS DE SIGNIFICATION DYNAMIQUE

1° *Activité spontanée et activité sexuelle*

Depuis les premiers travaux de Tchijewsky (1934) repris par Gualtierotti (1964), Bachman *et al.* (1966), Strauss *et al.* (1968), on sait que les ions atmosphériques négatifs ont une action dynamogénique sur l'activité spontanée de divers animaux. L'application de ces données à certains problèmes posés par l'élevage du bétail a même été tentée en U.R.S.S. (Tchijewsky, 1960). Cependant, certaines des méthodologies employées sont contestables : appréciation subjective de la motilité, délai variable entre la séance d'aéro-ionisation et le test d'activité, voire emploi de cages à tambour rendant l'efficacité du traitement simultanée problématique (les mailles du tambour métallique captant la majorité des ions censés atteindre l'animal). Dans ces conditions, on peut expliquer quelques résultats discordants comme ceux d'Herrington et Smith (1935) qui n'observèrent aucune action dynamogénique des ions négatifs.

Le dispositif que nous avons employé permet la mesure et l'enregistrement de l'activité des animaux pendant le traitement ionique lui-même (Olivereau, 1970 *f*). Confirmant les travaux plus anciens nous observons (fig. 2) un accroissement considérable de la motilité (+ 60 %) sous l'influence des ions (—) tandis que, comme Stanley (1952) avait cru le remarquer, les ions (+) diminuent au contraire de 20 % l'activité spontanée ($p < .001$; Olivereau, 1970 *g*).

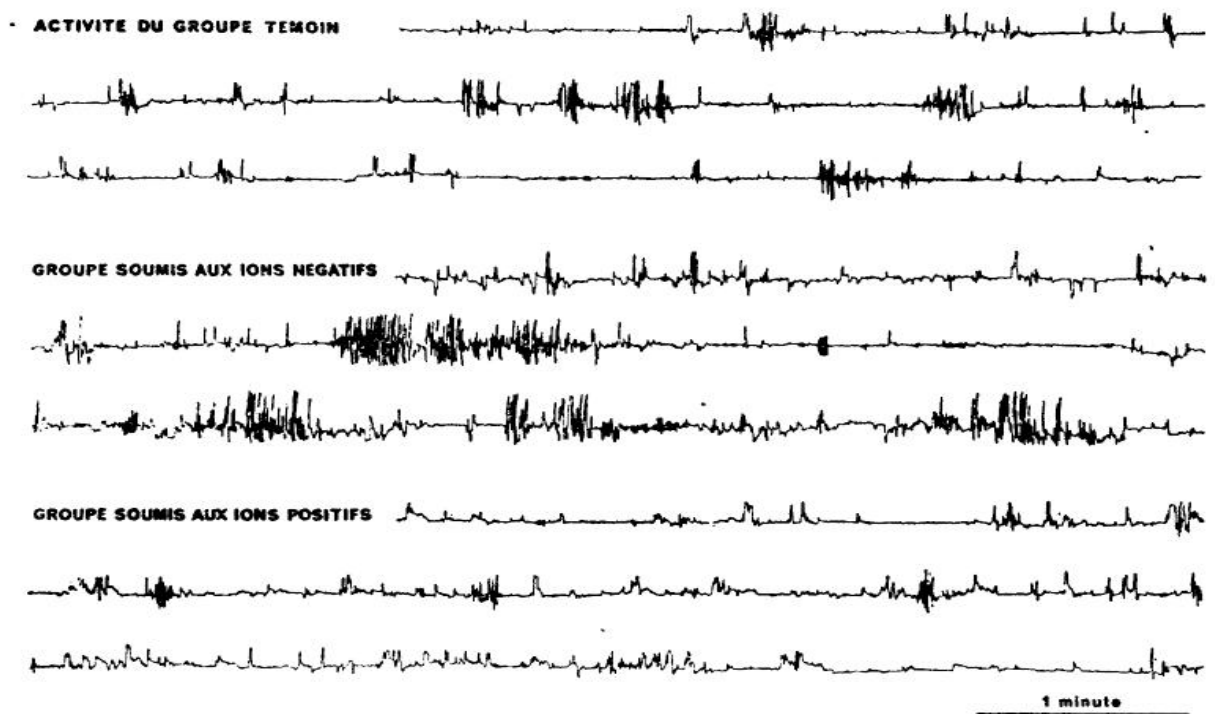


Fig. 2. — Actions des ions atmosphériques négatifs et positifs sur l'activité spontanée du rat

L'observation des animaux et l'étude qualitative des actogrammes montrent aussi des différences importantes. Les animaux mis par groupes de 4 dans l'enceinte, peuvent présenter — bien qu'étant tous de sexe mâle — des poursuites sexuelles et même des tentatives de copulation. Ces manifestations rares chez les témoins disparaissent pratiquement pendant l'exposition aux ions (+) tandis que leur recrudescence s'observe lors des séances d'ionisation négative. Cette action favorable des ions (—) sur le comportement sexuel rappelle les travaux de Volkov et coll. (1963) qui notent une augmentation de l'activité sexuelle du taureau soumis à l'aéro-ionisation négative.

Cette incidence de l'ionisation atmosphérique sur l'activité se rencontre curieusement jusque dans des groupes très primitifs comme les insectes et explique l'agressivité de certaines mouches avant l'orage (Edwards, 1960).

Chez des vertébrés inférieurs (larves d'amphibiens), nous avons tout

récemment pu mettre en évidence une semblable action dynamogénique (+ 39 %) des ions (—), alors que les ions (+) diminuent (— 48 %) l'activité spontanée. Cette motilité a cependant ici une signification autre que strictement dynamique car elle correspond dans notre expérience à une sortie du milieu aquatique pour gagner la terre ferme (OliverEAU et Aïmar, 1976).

2° Performances physiques

Il s'agit vraisemblablement ici d'effet intéressant plus le métabolisme musculaire que la motivation proprement dite. Mais on ne peut passer sous silence le net effet dynamogénique que semble engendrer l'aéro-ionisation négative sur la force musculaire. Non seulement la contraction semble plus rapide — du fait de la diminution de la chronaxie musculaire (Edstrom, 1935 ; Vasiliev, 1960) — mais la force musculaire paraît accrue.

Pour les animaux de laboratoire, l'endurance se montre augmentée lors d'épreuves de nage forcée (Guerrini et Ciani, 1968 ; Ciani et coll., 1969 ; Sérova et Lakshin, 1970) ou de suspension par les pattes antérieures (OliverEAU, 1973 *b*). Mais cette endurance physique se retrouve chez l'homme (Lepekhina, 1955 ; Vytchikova et Minkh, 1959 ; Kelley, 1963 ; Straus *et al.*, 1965 ; Cadariu et coll., 1972). Minkh (1963) fait même état d'un doublement des capacités ergogéniques ! On peut bien sûr se demander si chez l'homme ces expériences ont été conduites de façon à éliminer tout effet placebo.

C) COMPORTEMENTS DE SIGNIFICATION ADAPTATIVE

Les réactivités, comportements ou conduites que nous avons artificiellement groupés dans cette rubrique sont ceux qui, par la complexité ou la multiplicité des structures nerveuses impliquées, traduisent un niveau d'intégration supérieure. A ce niveau, les actions de l'ionisation atmosphérique n'ont pas toujours la régularité et la reproductibilité de celles précédemment décrites mais les modulations comportementales enregistrées nous semblent beaucoup plus intéressantes.

1° Sensibilité aux stimulus nociceptifs

Une des premières applications thérapeutiques de l'aéro-ionisation négative fut pratiquée au Graduate Hospital de Philadelphie, où de nombreux patients souffrant de brûlures étendues expérimentèrent les effets analgésiques et sédatifs des ions (—) (David *et al.*, 1960 ; Kornblueh, 1963, 1968). L'antalgie était suffisante pour que l'emploi d'analgésiques de synthèse devienne souvent inutile. Mais cette action favorable semble intéresser d'autres syndromes douloureux, comme ceux consécutifs aux interventions chirurgicales (Minehart *et al.*, 1961 ; Musselman, 1962 ; Gualtierotti, 1967 *a* ; Deleanu et Fritz, 1967 ; Padula, 1967).

Nous avons voulu vérifier si des effets comparables se rencontrent chez l'animal où aucun effet placebo n'est à craindre. Trois lots de 62 souris, l'un servant de témoin, les deux autres traités au préalable à l'une ou l'autre polarité ionique (600 000 ions/ml durant 25 mn), sont successivement soumis à un thermoalgésimètre. Cet appareil permet, par étude quantitative de réactions spécifiques, de mesurer la douleur induite par un stimulus nociceptif, en l'occurrence une brûlure provoquée par la température d'un plancher métallique maintenu à 64 °C.

Chez les animaux préalablement soumis aux ions (—), le délai d'apparition des premières réactions de défense (lèchement des pattes) est allongé de 15 % ($p = .02$), ce qui implique que la brûlure doit être plus marquée pour donner la sensation capable de déclencher cette réaction (Olivereau, 1970 c). Mais inversement, chez les souris traitées aux ions (+) ce délai est raccourci de 22 % ($p < .001$) : une brûlure plus faible est donc ressentie comme plus douloureuse (Olivereau, 1970 d, 1974 b).

2° Adaptation au stress et anxiété

L'expérience précédemment décrite permet déjà de démontrer que, chez la souris, les ions négatifs améliorent et les ions positifs détériorent les réactions psychomotrices de l'animal mis dans une situation génératrice de stress. En effet, les souris répondent à la brûlure en se léchant tout d'abord les pattes (défense locale) puis en sautant (défense généralisée) sur un étroit refuge d'accès difficile (2 à 3 sauts sont en moyenne nécessaires pour réussir à l'atteindre). Or, les animaux préalablement traités aux ions (+) et qui présentent les premiers des signes de douleur (lèchement) sont les derniers à réussir le saut ajusté qui leur permet d'échapper définitivement à la douleur. Plusieurs facteurs concourent à ce résultat : une moins grande habileté lors des tentatives d'évasion, mais surtout un retard dans l'apparition du saut : en effet, l'animal se lèche les pattes pendant un temps allongé de 40 % ($p = .01$) et tarde ainsi à passer à la défense généralisée, seule utile. Inversement, les animaux soumis aux ions (—) et qui sont les derniers à percevoir la brûlure, présentent une meilleure défense généralisée ; ainsi, en cas d'échec de la première tentative de saut, le délai d'apparition de la seconde tentative est abaissé de 35 % ($p = .05$). Dans cette expérience, il est probable que l'aériorisation négative agit par deux modes différents difficilement dissociables : une action proprement hypoesthésique mais aussi une action sédative diminuant la coloration affective de la douleur au niveau même de son intégration.

L'effet anxiolytique des ions (—) est nettement démontré par les expériences de Frey (1967) qui utilise la technique de la réponse émotionnelle conditionnée. Les rats ont appris à obtenir leur nourriture par action sur un levier ; un choc électrique délivré par le même levier est surajouté en cours d'expérience : l'animal ne peut alors se nourrir qu'en s'infligeant un stimulus nociceptif fort douloureux. Ce procédé conduit classiquement

à l'apparition de névroses expérimentales, et le nombre de prises de nourriture décroît notablement. Or, chez les témoins soumis à la réponse émotionnelle conditionnée sans traitement ionique annexe, l'usage du levier est beaucoup plus réduit que chez les animaux exposés simultanément aux ions (—), et ces derniers continuent à user de leur conditionnement instrumental deux fois et demie plus que les témoins, montrant ainsi une meilleure résolution du conflit créé par la technique expérimentale.

L'effet anxiolytique des ions (—) peut même faciliter la prise d'une décision conduisant à un avantage ultérieur malgré un désagrément passager. Ce phénomène est illustré par l'expérience suivante : si un rat est quotidiennement suspendu à un anneau situé au-dessus d'un bac d'eau froide, il se cramponne tout d'abord au portique craignant le plongeon forcé. Mais après quelques jours, il apprend qu'un surcroît d'effort physique ne fait que retarder la chute sans la supprimer. Et selon le degré d'émotivité propre à chaque animal, l'adaptation à cette situation conduit à des attitudes comprises entre deux extrêmes : 1° rester accroché jusqu'à la limite de la résistance physique (cas des rats très émotifs) ; 2° plonger délibérément sitôt accroché (cas des rats présentant une adaptation optimale).

L'influence de l'aéro-ionisation négative dépend alors du niveau d'émotivité des individus étudiés. Chez les rats bien adaptés qui plongent volontairement avant une minute, l'action des ions (—) semble nulle, mais chez les rats apparemment « anxieux » qui attendent 5 minutes ou plus avant de se laisser choir, les ions (—) induisent un raccourcissement significatif du temps pendant lequel l'animal reste suspendu. L'appréhension de l'animal étant apparemment diminuée, la décision de plonger est commandée par un degré de fatigue moindre (Olive-reau, 1973 b).

Cette dernière expérience semblerait donner raison à certains qui vont jusqu'à supposer que les incidences comportementales favorables des ions (—) n'apparaissent nettement que si une agression préalable a créé un état de stress (Frey, 1961). En fait, si ces conditions permettent peut-être des résultats plus nets, Duffee et Koontz (1965) ont montré qu'un stress préalable n'est pas indispensable à l'action généralement sédative des ions atmosphériques négatifs.

3° Conditionnement et apprentissage

Un certain nombre d'expériences réalisées avec différents animaux de laboratoire soumis à des apprentissages du type labyrinthe ou à des conditionnements instrumentaux de type « Skinner » montrent un effet favorable des ions négatifs et généralement défavorable des ions positifs. Jordan et Sokoloff (1959), Duffee et Koontz (1965) notent que ce sont surtout les rats âgés qui voient leur performance améliorée. Cependant, Bevilacqua et Labelle (1963) obtiennent des résultats nets avec de

jeunes rats de 150 g. Terry *et al.* (1969), au cours d'une expérience où 240 animaux furent soumis à une épreuve d'apprentissage de labyrinthe après aéro-ionisation négative, n'obtinrent d'amélioration des scores (diminution du nombre des erreurs) que pour les rats mâles. Ce résultat paradoxal semble s'expliquer par les différences de performance initiale entre les deux sexes : les femelles avaient en effet, avant même l'aéro-ionisation, des capacités bien supérieures à celles des mâles. Tout se passe comme si les femelles donnaient naturellement leurs performances maximales, alors que les mâles en dessous de leur optimum s'y trouvaient portés sous l'influence des ions atmosphériques négatifs.

Cette facilitation du conditionnement et de l'apprentissage objectivée par une plus grande rapidité d'acquisition ou (et) par une diminution du nombre des erreurs, n'a pas besoin qu'une situation stressante soit au préalable imposée à l'animal. Cependant, dans ces conditions, l'amélioration de l'apprentissage est particulièrement nette (Nazzaro *et al.*, 1967). Il est vraisemblable que cet effet sur l'apprentissage est dû à des modifications du niveau de vigilance.

4° Temps de réaction et acuité mentale

Les multiples résultats obtenus en ce domaine sont assez difficiles à classer, vu leur peu d'homogénéité. Halcomb et Kirk (1965) observent un net raccourcissement du temps de réaction chez des sujets humains préalablement exposés aux ions (—) et une action inverse chez ceux soumis aux ions (+) ; l'effet surtout net en fin d'expérience semble témoigner d'une fatigabilité moindre dans le premier cas et accrue dans le second. Wofford (1966) note similairement sur 200 sujets une diminution du temps de réaction avec discrimination après ionisation négative. Mais les effets antagonistes des ions (+) et (—) ne sont retrouvés que chez un seul sujet par Ruocco (1963) ; Knoll *et al.* (1964) observent qu'une polarité ionique donnée peut, suivant la concentration, augmenter ou diminuer la latence de réponse, et qu'un même sujet peut voir son temps de réaction significativement soit augmenter soit diminuer suivant le jour auquel un même traitement ionique lui est appliqué. McDonald *et al.* (1967) obtiennent des résultats ambigus semblables. Pour Guillerm et coll. (1967), les deux polarités induisent une augmentation du temps de réaction.

Il semble que les conclusions proposées par Slote (1961) soient toujours valables ; dans la majeure partie des cas, les ions (—) diminueraient, et les ions (+) augmenteraient le temps de réaction mais l'effet obtenu dépendrait de l'état fonctionnel du système nerveux. Cette hypothèse semble confirmée par les travaux de Friedrich (1967) qui observe que les résultats peu reproductibles qu'il obtient d'abord, le deviennent si le sujet est par exemple maintenu artificiellement sympathicotonique. Les inversions d'effets observées pourraient ainsi correspondre à des fluctuations du tonus sympathique. Si des incidences

de l'aéro-ionisation sur les mécanismes centraux du temps de réaction sont ainsi probables, des effets plus périphériques expliquent sans doute pour une part certains des résultats obtenus. C'est ainsi qu'après aéro-ionisation négative des diminutions de latence sont observées par Minkh (1963) quant à l'apparition d'une réponse inconditionnée, et par Struppler (1969) relativement au réflexe tendineux de la cheville. De légères modifications de rapidité au niveau même de l'effecteur périphérique ne sont pas à exclure puisque Vasiliev (1960), confirmant des travaux plus anciens, a noté une diminution de la chronaxie musculaire après aéro-ionisation négative.

Un certain nombre d'auteurs ont par ailleurs essayé d'augmenter à l'aide de l'aéro-ionisation négative artificielle les capacités mentales objectivées par des tests plus ou moins complexes. Si Minkh (1967, 1972) conclut à une augmentation des capacités mentales, Chiles et coll. (1962) n'obtiennent que de faibles variations de vigilance non significatives. Baron et coll. (1964) remarquent qu'aucune amélioration sensible n'est obtenue si les sujets (des pilotes d'avion) sont reposés et dispos, sauf en ce qui concerne le seuil de discrimination à la brillance. Les améliorations enregistrées par Gallub (1964) et McDonald *et al.* (1967) sont elles aussi très faibles.

5° *Humeur, bien-être, agressivité*

L'ionisation est un phénomène difficile à cerner et à mesurer, le confort et l'humeur sont bien délicats à objectiver et à quantifier, aussi les données valables concernant les actions causales sont-elles peu nombreuses en ce domaine. D'Arsonval est le premier qui ait apporté une expérience qui, bien qu'intégralement subjective, présente quelque intérêt. Il avait remarqué qu'à l'approche d'un orage un sentiment de malaise tant physique que psychique l'envahissait ; or ce trouble augmentait s'il s'asseyait sur un tabouret isolant relié au pôle (+) d'une machine électrostatique, tandis que ce malaise disparaissait si le tabouret était relié au pôle (—) du même générateur.

Cet antagonisme entre les effets des ions (+) et (—) a été retrouvé par Hansell (1956) qui constate même, sous l'action des ions (—), un certain optimisme pouvant aller jusqu'à l'hilarité ; ce dernier point déjà signalé par Dessauer (1931) est cependant suspect, certains générateurs d'ions (—) délivrant simultanément une faible quantité de protoxyde d'azote (gaz hilarant).

Mac Gurk (1959), par une série d'expériences bien conduites, a retrouvé lui aussi que des sujets soumis à des séances de 2 à 5 heures d'aéro-ionisation positive présentent significativement une nette sensation de désagrément, voire des céphalées, tandis que l'ionisation négative entraîne, mais plus rarement, une sensation agréable de bien-être. Les résultats montrent par ailleurs des différences interindividuelles notables, et une dissociation entre le fait de percevoir la présence d'air

ionisé et une modification de l'humeur. C'est ainsi qu'en présence d'ions (+), certains sujets répondent « non » à la question « L'air est-il artificiellement ionisé ? », mais signalent parallèlement un malaise qu'ils attribuent à une coïncidence ; inversement, soumis à des ions (—), les mêmes sujets « sentiront » que l'air est ionisé mais ne signaleront aucune modification de bien-être, ce qui exclut tout effet placebo, d'autant que l'ionisation artificielle est réalisée à l'insu des sujets.

Bien que les effets favorables des ions (—) sur le bien-être n'aient guère été — chez l'homme — confirmés que par Minkh (1963), des tentatives d'application de ces données à l'urbanisme ont déjà été tentées dans le but de concourir à une éventuelle amélioration de la qualité de vie (Ryska, 1969).

En fait, il semble que si les effets de l'ionisation artificielle sur l'humeur soient discrets et puissent varier en intensité d'un sujet à l'autre, il en aille autrement lors des passages — surtout s'ils sont répétés — d'une polarité dominante à l'autre (inversion de la charge spatiale). Dès 1961, Frey avait remarqué que le personnel d'une usine soumis à des inversions brutales et répétées de la polarité de l'ionisation de l'air présentaient d'importants troubles émotionnels.

Les expériences chez l'animal, plus sûres mais aussi moins riches, sont très rares en ce domaine. Driessen *et al.* (1963) ont observé que les rats préféraient spontanément la partie d'une enceinte où l'air était ionisé négativement. Bonnevie (1967) a refait l'expérience d'une façon un peu différente, les animaux ayant le choix entre deux compartiments : l'un ionisé négativement et l'autre positivement. Cette expérience est généralement citée et interprétée comme la preuve d'une préférence marquée des rats pour l'air ionisé négativement, mais cette interprétation nous semble erronée et les résultats obtenus nous paraissent en deçà de toute signification.

En revanche, l'action des ions (+) sur l'agressivité a été bien objectivée par Bachman *et al.* (1966) qui, chez le rat, observent une augmentation du nombre des morsures. Nous même avons retrouvé, dans des conditions un peu différentes, que le nombre de morsures enregistrées comme réponse à l'introduction standard d'un morceau de bois dans la cage, augmente lorsque l'animal passe de l'aéro-ionisation négative à l'aéro-ionisation positive (Oliverreau, 1971 *b* et *c*). Des résultats comparables ont été observés chez le lapin (Frits *et coll.*, 1963).

D) OBSERVATIONS MÉDICALES

1° *Migraine*

Il semble utile d'évoquer ici cette affection courante qui, pour ne pas être comportementale, n'en demeure pas moins — du fait de sa localisation et de la coloration affective qui l'accompagne — une des affections les plus susceptibles d'altérer le comportement humain. On

retrouve ici certaines des observations rapportées lors de l'étude de l'influence des ions atmosphériques sur la sensation de bien-être. En effet, dans nombre d'expériences, si l'aéro-ionisation positive se prolonge, la sensation de malaise peut s'accompagner de céphalées et de nausées plus ou moins violentes (Hicks, 1956 ; Winsor et Beckett, 1958). Des symptômes semblables observés au passage de certains vents chargés d'ions (+) seraient dus à ce dernier paramètre (Malysheva et Minkh, 1963).

Symétriquement, depuis les premières observations de Dessauer (1931) et de Mayazaki (1939) on sait que les ions (—) peuvent, au moins dans certains cas, exercer une action antalgique spécifique sur les céphalées. Ces résultats ont été confirmés par de nombreux auteurs : principalement Denier (1966) et Gualtierotti (1967).

2° *Insomnies*

Quelques auteurs ont rapporté une amélioration du sommeil consécutive à l'aéro-ionothérapie négative (Denier, 1951 ; Deleanu *et al.*, 1962, 1975 *a*). Ceci semble confirmé par les récents travaux de Sulman *et al.* (1974), Assael *et al.* (1974), qui observent chez l'homme consécutivement à une aéro-ionisation négative une diminution de la fréquence du rythme α , et une augmentation de 20 % de son amplitude ; ce rythme enfin gagne du pôle occipital vers l'avant de l'encéphale tandis que l'on observe une synchronisation des deux hémisphères. Minkh (1975) s'accorde lui aussi à reconnaître aux ions (—) le pouvoir de renforcer les processus inhibiteurs corticaux. Il apparaît cependant que l'effet hypnogène des ions (—) rapporté par Denier et Deleanu a été obtenu chez des anxieux plus ou moins névrotiques, et ces résultats semblent difficilement extrapolables à l'homme normal.

3° *Troubles psychiatriques*

En dépit des quelques observations rapportées précédemment et concernant l'amélioration du sommeil des sujets névrotiques, les applications de l'aéro-ionisation négative en psychiatrie sont demeurées assez limitées. Les résultats obtenus par Deleanu et Frits (1967, 1975 *a*) sur 150 névrotiques sont pourtant intéressants, les deux tiers des malades ayant leur état amélioré par des séances quotidiennes d'aéro-ionisation négative durant moins d'une heure. Macaluso *et al.* (1968) ont obtenu chez des anxieux, par un traitement semblable, 80 % de guérisons et d'amélioration bien qu'ils aient observé des réactions très diverses à cette thérapeutique suivant le tempérament et les symptômes des différents malades. Ucha Udabe *et al.* (1968, 1975) ont similairement noté les effets bénéfiques de l'aéro-ionothérapie négative en séances quotidiennes (80 % d'améliorations ou de guérisons) dans les cas de psychonévrose anxieuse ou d'angoisse somatisée, les résultats étant particuliè-

rement nets pour cette dernière affection. Cependant, une aggravation transitoire de certains symptômes a été couramment observée dans les cinq premiers jours de traitement.

4° *Troubles apparentés aux phénomènes psychosomatiques*

Il semble que dans une proportion non négligeable des cas d'asthme, l'étiologie puisse — au moins pour une part — être corrélée à des troubles psychologiques ; schématisant à outrance, un célèbre pneumologue du début du siècle osait dire : « L'asthme n'existe pas, il n'y a que des névroses respiratoires. »

Il est dans ces conditions intéressant de noter que l'asthme est le terrain où l'aéro-ionothérapie négative semble la plus efficace. En effet, depuis les travaux de Vasiliev (1953, 1960), de très nombreux auteurs ont rapporté des améliorations ou guérisons de l'asthme ou de la bronchite asthmatiforme dans environ 50 % des cas (Kornblueh, 1955 ; Shukalova et Pavluk, 1957 ; Denier, 1966 ; Malysheva, 1964 ; Palti *et al.*, 1966 ; Reinet et Siirde, 1967 ; Grekhova, 1966, 1968 ; Kottova, 1969 ; Chyrek et Barowska, 1973 ; Deleanu, 1967, 1975 a). Les résultats obtenus par Boulatov (1975) sont particulièrement nets : sur 3 600 cas, il n'a obtenu que 10 % d'échec. Sans nier l'action directe et essentielle de l'aéro-ionothérapie sur le bronchospasme, on peut ainsi supposer que l'efficacité des ions (—) dans ce domaine n'est pas forcément étrangère à leur action sur le psychisme. Quoi qu'il en soit, le traitement de l'asthme bronchique par l'aéro-ionothérapie négative vient d'être inauguré en France par le Pr Tardiff (Péquignot, 1975).

L'ulcère de l'estomac est bien connu comme survenant plus fréquemment chez les sujets de tempérament nerveux. Or, l'aéro-ionothérapie négative améliore nettement l'ulcère gastroduodéal tant chez l'homme (Deleanu *et al.*, 1961, 1967, 1975 b) ; Gualtierotti, 1968) que chez l'animal (Bombelli *et al.*, 1968 ; Deleanu *et al.*, 1965). Là encore, l'action directe sur les processus trophiques de la muqueuse gastrique n'exclut pas une action sédatrice favorable à la guérison.

III. — HYPOTHÈSES EXPLICATIVES

L'étendue même des actions démontrées ou pressenties des ions atmosphériques rend difficile la crédibilité en un tel éventail de cibles physiologiques et comportementales. Le célèbre paradoxe d'Eddington : « Ne vous fiez jamais à une expérience avant qu'elle n'ait été confirmée par une théorie », semble ici plus qu'ailleurs acceptable.

Ce que Sokoloff présumait dès 1904 semble maintenant prouvé. Les ions ne sont biologiquement actifs que s'ils sont inhalés (McDonald *et al.*, 1965), l'exposition des narines seules à l'air ionisé étant insuffisante (Bachman *et al.*, 1965) ; Crandell (1968) a pu démontrer chez l'homme la rétention des ions inhalés au niveau pulmonaire, bien qu'une

grande part d'entre eux soient captés par les voies supérieures. Quelques actions locales des ions (—) ont cependant été décrites au niveau cutané, mais semblent se limiter à des phénomènes de cicatrisation, et sortent de notre propos.

A) ACTIONS PRIMAIRES

1° *Au niveau bioénergétique*

Bien que leur nature chimique soit variée et complexe, on admet schématiquement que la plupart des petits ions (—) sont des ions oxygène. Cette corrélation a donné naissance à une première hypothèse, suivant laquelle les ions (—) agiraient essentiellement en tant qu'oxygène activé du fait de sa charge électrique.

De fait, en 1960, Krueger a montré que les ions (—) accélèrent le cycle de Krebs ; le traitement aux ions (—) peut correspondre à une véritable oxygénothérapie (De Ponti *et al.*, 1958 ; Siirde, 1969 ; Lecourt, 1974). Des processus enzymatiques corrélatifs sont d'ailleurs touchés puisque l'action de la cytochrome oxydase est facilitée après ionisation négative (Csermely, 1967), ce qui entraîne une action favorable des ions (—) sur l'ensemble des échanges énergétiques (Deleanu et Catalin, 1971). Bien que les ions (+) semblent avoir en ce domaine des effets soit inverses soit nuls, il est évident que cette théorie, pour intéressante qu'elle soit, ne permet pas seule de rendre compte des multiples effets psychophysiologiques décrits.

2° *Au niveau endocrinien*

Frey le premier, en 1959, présenta une théorie impliquant une action symétrique des ions des deux polarités sur les glandes surrénales, il la résume ainsi : « Les ions (—) stimulent la sécrétion de gluco-corticoïdes, et les ions (+), ou bien stimulent la sécrétion des minérallo-corticoïdes, ou bien inhibent la sécrétion des gluco-corticoïdes. » Il semble en effet qu'un certain parallélisme existe entre, d'une part, les actions thérapeutiques et normalisantes des ions (—) et les propriétés « antiphlogistiques » des glucocorticoïdes, et, d'autre part, entre les minérallo-corticoïdes et les ions (+) qui provoquent des réactions physiologiques semblables. De fait, plusieurs auteurs dont nous-même (OliverEAU, 1965, 1969 *b*) ont décrit une réponse différentielle du cortex surrénalien aux ions atmosphériques des deux polarités. Cependant, si cette hypothèse peut expliquer certaines des conséquences comportementales de l'aéro-ionisation, elle paraît encore trop restreinte. Bien que la plupart d'entre elles n'intéressent pas directement le comportement, précisons que les incidences endocriniennes des ions atmosphériques ne se limitent pas à la surrénale, et que le complexe hypothalamohypophysaire, carrefour essentiel de la sphère endocrine, est nettement influencé par l'aéro-ionisation artificielle (OliverEAU, 1969 *a*,

1970 *b*, 1970 *e*, 1975). Plus intéressantes pour le comportementaliste semblent les actions décrites au niveau de la thyroïde dont on connaît l'action sur l'excitabilité cérébrale (Gualtierotti *et al.*, 1965, 1969 ; Olivereau, 1971 *c*, 1975 *b*).

3° *Au niveau neuro-humoral*

Les nombreux travaux de l'école américaine (Krueger *et al.*, 1960 *a* et *b*, 1963, 1966, 1968, 1972 *a*) ont montré *in vitro*, puis chez l'animal, que les ions (—) accélèrent la dégradation de la sérotonine sanguine, tandis que les ions (+) provoquent au contraire une libération de sérotonine (ou 5-Hydroxytryptamine). Cette modification du métabolisme de la sérotonine (5-HT) semble de prime abord permettre une explication simple aux multiples effets comportementaux de l'aéro-ionisation. En effet, la 5-HT est un médiateur (ou modulateur) synaptique présent dans le système nerveux central, et dont les actions comportementales sont si variées que l'on avait même voulu, voici quelques années, en faire un peu hâtivement une véritable « hormone de l'humeur ».

En fait, les résultats obtenus en ce domaine concernent surtout des modifications de la 5-HT sanguine périphérique ; or, seule la 5-HT cérébrale intéresse la régulation des comportements. Et la majorité des auteurs admet que des phénomènes de perméabilité membranaire empêchent les modifications de 5-HT périphérique d'être efficaces au niveau cérébral. Cependant, nous avons noté (Olivereau, 1971 *c*) que les effets comportementaux de l'aéro-ionisation négative ressemblent souvent à ceux observés après injection d'un inhibiteur de la sérotonine, et symétriquement un certain parallélisme existe entre les conséquences psychophysiologiques de l'ionisation positive et celles obtenues par injection du précurseur de la sérotonine.

La dynamique sérotonergique cérébrale semble donc elle aussi modifiée par l'aéro-ionisation. Les dosages de 5-HT cérébrale effectués par Krueger et Kotaka (1969) permettent cette hypothèse, corroborée par les travaux de Gilbert (1971, 1973). Ce dernier ayant soumis de jeunes rats à un isolement prolongé, constate chez eux une augmentation parallèle de l'émotivité et de la 5-HT cérébrale ; or, des groupes similaires mais soumis en plus aux ions (—) se montrent moins émotifs et présentent un taux inférieur de 5-HT cérébrale. C'est, hélas, une des rares recherches corrélant le comportement, la sérotonine cérébrale et l'ionisation artificielle.

En ce domaine, il ne faudrait cependant pas généraliser hâtivement et vouloir expliquer toutes les incidences comportementales par l'intermédiaire de la sérotonine. Les actions psychophysiologiques de cette monoamine sont effectivement nombreuses, mais complexes, et la perplexité des spécialistes mêmes de la question (Tissot, 1970 ; Rosecrans et Schechter, 1972 ; Samanin *et al.*, 1973 ; Boggan *et al.*, 1973 ; Sheard, 1973) doit nous ramener à la plus grande prudence. L'hypothèse « séro-

tonine » nous paraît cependant spécialement intéressante pour les raisons suivantes :

— Elle rend compte des effets généralement opposés des ions atmosphériques (—) et (+), et ceci de la façon la plus simple qui soit par actions différentielles sur un même neuromédiateur ;

— Elle intègre facilement les autres hypothèses. En effet, la sérotonine systémique est détruite par oxydation, pour une large part dans les poumons : que les ions (—), représentés pour une part par de l'oxygène activé, y accélèrent la dégradation de la sérotonine n'aurait rien de surprenant. D'autre part, certains antagonismes d'actions entre gluco-corticoïdes et sérotonine, et la propriété de la 5-HT d'augmenter *in vitro* la sécrétion de minéralo-corticoïdes (Haning *et al.*, 1970), corroborent l'hypothèse humorale de Frey ;

— Elle semble, nous l'avons vu, compatible avec les multiples incidences comportementales de l'aéro-ionisation du fait même de la position clé que la 5-HT joue dans les régulations comportementales ;

— Enfin, cette hypothèse semble généralisable jusqu'en des domaines très éloignés de la psychophysiologie. Les ions atmosphériques sont en effet capables d'influencer la croissance des végétaux ; or, l'hormone de croissance végétale — l'acide indoléacétique — a une formule très voisine de la sérotonine dont elle dérive. Il faut donc admettre que chez les végétaux comme chez les animaux les ions (+) augmentent et les ions (—) diminuent l'activité d'une même substance : la sérotonine, ou, du moins, de substances chimiquement très voisines. Une telle similitude n'est certainement pas aléatoire.

B) ACTIONS SECONDAIRES

Parmi les effets psychophysiologiques de l'ionisation atmosphérique, un bon nombre ne sont vraisemblablement que des conséquences banales d'altérations physiologiques. Nous prendrons comme exemple les modifications du comportement de soif. Nous avons vu que l'aéro-ionisation positive entraîne chez le rat une nette diminution de la prise hydrique quotidienne (Olivereau, 1971 *c*). Mais cette diminution apparente de la soif ne doit pas, à notre avis, être interprétée comme une action directe sur les centres hypothalamiques régulateurs de ce comportement. Cette diminution de la consommation d'eau est simplement la conséquence d'un abaissement de la diurèse, provoqué vraisemblablement par la constriction de l'artériole glomérulaire sous l'influence de la sérotonine (Erspamer, 1966). Similairement, l'augmentation de la consommation de KCl après ionisation négative ne fait que compenser des pertes de potassium accrues au niveau rénal (Olivereau, 1973 *a*).

IV. — IMPORTANCE DES VARIATIONS SPONTANÉES DE L'IONISATION ATMOSPHERIQUE NATURELLE

Si les expérimentations jusqu'ici rapportées montrent l'intérêt de l'aéro-ionisation artificielle du point de vue expérimental et aussi thérapeutique, on peut en revanche se demander quelle incidence l'ionisation naturelle ambiante peut avoir sur les comportements du fait même des faibles concentrations qui la caractérisent.

A) EFFICACITÉ

L'ionisation spontanée est cependant efficace pour moduler certains comportements. Ceci s'explique par le fait que la charge spatiale peut s'inverser brutalement dans de nombreuses situations météorologiques : la prédominance des ions d'une polarité fait alors place à celle des ions de polarité opposée, et comme ces ions ont en général des effets inverses sur le comportement, une modification de celui-ci sera effectivement observée.

Enfin, si les séances d'aéro-ionothérapie sont réalisées avec des concentrations ioniques élevées, elles ne dépassent que rarement une heure ; l'ionisation naturelle agit au contraire 24 heures sur 24. On a d'ailleurs prouvé expérimentalement que des séances de traitement à très faibles concentrations mais chroniques pouvaient être aussi efficaces que les séances classiques brèves mais intenses. Et non seulement des résultats ont été obtenus avec des concentrations ioniques comparables à celles rencontrées dans la nature (Krueger, 1975), mais nous-même avons pu observer, en ce qui concerne le comportement alimentaire, que les rats répondent mieux à des concentrations ioniques inférieures à 3 000 ions/cm³ qu'à des concentrations de 50 000 ions/cm³ (Olivereau, 1971 c).

B) IMPLICATION DES VARIATIONS DE PRESSION BAROMÉTRIQUE

Les variations spontanées de l'ionisation atmosphérique sont difficiles à mesurer et à enregistrer en continu, et très peu de travaux ont étudié la corrélation entre ce paramètre et divers critères psychophysiologiques.

Nous avons donc commencé par rechercher un autre paramètre géophysique facilement enregistrable et lié par une loi simple à la charge spatiale. La pression barométrique s'est révélée très capable de jouer ce rôle puisque ses fluctuations spontanées modulent l'ionisation atmosphérique suivant une loi simple : les chutes barométriques augmentent la charge spatiale au bénéfice des ions (+), tandis que les hausses barométriques la diminuent au profit des ions (—) (Shiratori, 1935 ; Schreiber, 1967 ; Tyczca, 1969 a et b). Cette corrélation de signification causale est assez fine pour que l'on puisse retrouver par des enregistrements de charge spatiale l'influence des marées atmosphériques quotidiennes pourtant de faible amplitude.

1° *Comportement de soif*

Connaissant par nos expériences précédentes les réponses nettes du métabolisme hydrominéral du rat à l'aéro-ionisation artificielle, nous avons cherché si les fluctuations spontanées de la pression barométrique avaient quelque influence sur la soif et la diurèse. Dès la première expérience (20 rats suivis pendant 80 jours), une étonnante corrélation a montré (fig. 3) que la quantité d'eau bue ainsi que la quantité d'urine

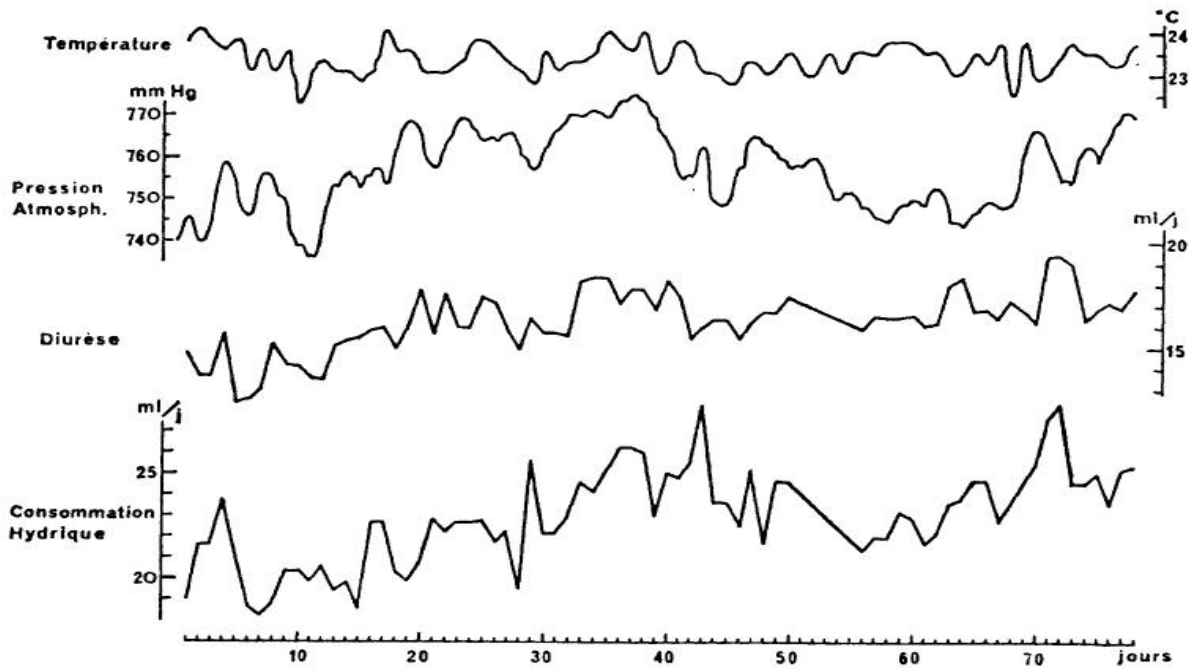


Fig. 3. — Dépendance du comportement de soif du rat à l'égard de la pression barométrique (qui module l'ionisation atmosphérique)

émise par les animaux étaient étroitement corrélées (respectivement $r = +0,7$ et $r' = +0,5$, $p < .001$) aux valeurs de la pression barométrique de la veille. Deux autres expériences permirent de confirmer ces résultats et d'éliminer toute cause parasite (hygrométrie, température, phénomène de succion au niveau rénal, etc.). En revanche, le rôle clé d'intermédiaire joué par l'ionisation semble attesté par le fait que ces corrélations disparaissent si les animaux sont disposés dans des cages ne permettant pas au ions atmosphériques de les atteindre ou si une forte aéro-ionisation unipolaire artificielle vient masquer les fluctuations spontanées de la charge spatiale (Olivereau, 1967, 1971 c, 1972). Précisons cependant que l'étude des coefficients de corrélation partiels permet d'affirmer que les modifications enregistrées au niveau du comportement de soif ne sont, là encore, que des conséquences d'une incidence directe de l'ionisation sur la diurèse. Il n'en demeure pas moins que cette éton-

nante corrélation doit être connue du comportementaliste, ne serait-ce que pour éviter d'attribuer à quelque variable expérimentale la simple conséquence d'une soudaine fluctuation barométrique.

2° Comportement alimentaire

C'est tout d'abord fortuitement que nous avons remarqué que l'ensemble d'un groupe de rats présentait parfois une diminution nette et transitoire de sa prise alimentaire ; or, le baromètre avait presque toujours enregistré la veille une chute spectaculaire de pression barométrique. Une étude systématique du problème avec les précautions habituelles (température, hygrométrie, photopériodisme et régime constants) a montré une spectaculaire corrélation ($r = + 0,48$, $p < .001$) entre la quantité de nourriture ingérée et la pression atmosphérique enre-

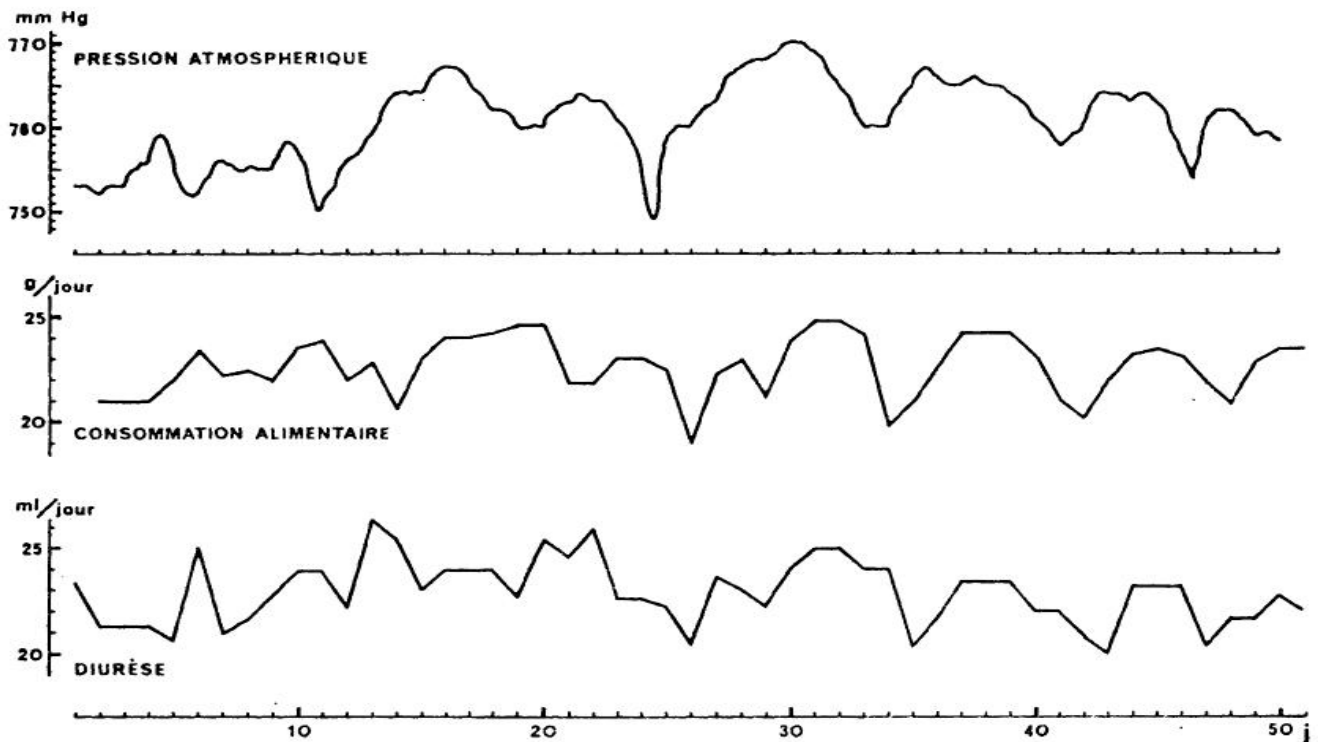


Fig. 4. — Dépendance du comportement de faim du rat à l'égard de la pression barométrique (qui module l'ionisation atmosphérique)

gistrée 36 heures auparavant (fig. 4). Ces résultats confirment l'observation de Sprott (1967) chez la souris, où la consommation de lait condensé était corrélée aux variations barométriques de la veille. Les actions des ions atmosphériques sur le comportement alimentaire précédemment décrites sont seules à pouvoir expliquer cette corrélation entre pression barométrique et prise alimentaire (Olivereau, 1970 a, 1971 c).

3^o *Activité spontanée*

Sprott (1967) a décrit le premier une corrélation positive entre les fluctuations barométriques et l'activité de la souris. Pour expliciter cette corrélation, nous avons observé 21 rats placés en cages d'activité pendant 73 jours, les conditions de température, d'hygrométrie, de nycthémère et de régime étant maintenues constantes.

Durant la première partie de l'expérience, les rats ont été largement protégés des fluctuations de l'aéro-ionisation par un système de treillage métallique de potentiel nul : dans ce cas, la corrélation entre pression barométrique et activité spontanée est infime. Au contraire, dans la seconde partie de l'expérience où les rats ont été normalement soumis aux variations naturelles de la charge spatiale, une corrélation positive existe entre pression barométrique et activité (OliverEAU, 1971 *a*). Là encore, ce que nous savons de l'action de l'ionisation atmosphérique désigne ce paramètre climatique comme l'intermédiaire efficace entre pression atmosphérique et comportement.

V. — POINT DE VUE CRITIQUE ET CONCLUSIONS

Il est de fait que l'incidence psychophysiological de l'ionisation atmosphérique est en général méconnue, voire contestée. Il est non moins sûr qu'un certain nombre de résultats sont discordants et que quelques chercheurs n'ont même trouvé aucune action des ions atmosphériques (Andersen, 1972). Ce paradoxe nous semble la conséquence prévisible des faits suivants :

1) *Importance des concentrations appliquées.* — Nous avons vu que les fortes concentrations ne sont pas forcément les plus efficaces, et une surexposition peut même (sans doute par la mise en jeu de processus homéostatiques) conduire à des résultats inversés. Or, les différents expérimentateurs emploient des concentrations fort variables, et encore s'agit-il des concentrations qu'ils ont mesurées ; or, l'ionisation atmosphérique est l'exemple type de paramètre que l'on ne peut mesurer en enceinte qu'en l'altérant (nous-même avons résolu ce problème en faisant de la jauge de mesure et de la cage de traitement un seul et même lieu).

2) *Importance de la qualité des ions atmosphériques.* — La nature des ions d'une même polarité est encore mal connue et il est certain que sous le nom d'ions positifs on mélange une famille d'une dizaine de constituants chimiquement différents dont rien n'indique *a priori* qu'ils aient des actions similaires, et qui sont certainement produits en quantités différentes par les hydro-ioniseurs soviétiques, les générateurs au tritium des Américains, et les appareils haute tension que les Européens utilisent... Pour cette seule catégorie de générateurs d'ions ne vient-on pas de découvrir que, suivant la finesse des pointes émissives, les catégories d'ions émises seraient légèrement différentes (Métadier, 1974).

3) *Importance de la pureté de l'émission ionique.* — Emettre des ions est relativement facile, n'émettre que cela devient beaucoup plus délicat ; suivant le type de générateur d'ions, il faut surveiller l'humidité, la radioactivité, le champ électrique, et dans tous les cas éliminer l'ozone et les oxydes d'azote. Il est à ce propos regrettable qu'un certain nombre de générateurs d'ions négatifs proposés sur le marché public soient surtout des générateurs d'ozone — gaz dont la toxicité est bien connue (Balogh, 1972).

4) *Importance de la pollution ambiante.* — Emettre de petits ions négatifs, dans un but thérapeutique par exemple, ne suffit pas si l'ambiance est polluée par des poussières, fumées, gaz d'échappement, etc. Ils seront presque aussitôt adsorbés, neutralisés, et l'effet sera nul (Krueger, 1973).

5) *Importance de l'état électrostatique du sujet.* — Dès 1958, Winsor et Beckett avaient noté que des patients soumis aux ions (+) y étaient deux fois plus sensibles s'ils étaient reliés à la terre. On comprend en effet que si un sujet accumule les charges électrostatiques, il finira par acquérir un potentiel tel qu'il repoussera bientôt les ions de même polarité et n'y sera plus sensible (Andersen, 1965). Or, chez l'homme, de multiples facteurs peuvent moduler ce paramètre ; par exemple : une transpiration spontanée plus ou moins abondante (liée par exemple à l'émotivité) changera grandement la résistance superficielle de la peau, et donc les conditions de mise à la terre ; l'habillement n'est pas non plus sans importance puisqu'une chemise en textile synthétique peut conférer à celui qui la porte un potentiel de plusieurs milliers de volts (Bonnievie, 1967).

6) *Importance du tempérament des individus.* — Nous avons vu précédemment que l'influence de l'ionisation expérimentale sur le temps de réaction pouvait être différente suivant que le sujet était sympathico-ou parasympathicotonique. Similairement, suivant l'importance de la dynamique sérotonergique cérébrale, on doit s'attendre à observer des réponses comportementales différentes.

7) *Discrétion des effets obtenus.* — Si l'influence des ions atmosphériques en psychophysiologie paraît indéniable, il n'en demeure pas moins que les effets obtenus sont rarement spectaculaires, et, par exemple, les modifications du comportement de soif obtenues ne sont discernables que si tous les autres facteurs de variabilité (de l'hygrométrie à l'amorçage des biberons) sont rigoureusement contrôlés. Nous ne sommes pas là en psychopharmacologie où l'administration de doses supraphysiologiques entraîne des dérives comportementales caricaturales.

Nous venons de voir que l'aéro-ionisation expérimentale, pour complexes que soient ses techniques et méthodes, présente encore bien des imperfections qui se font sentir au niveau de la variabilité, voire de la qualité des résultats obtenus. Il nous semblerait cependant imprudent de négliger hâtivement l'incidence de ce paramètre dans la conduite des

animaux et de l'homme. L'aéro-ionisation se présente à notre avis, non seulement comme une cause de variabilité qu'il faut connaître, mais encore comme un des facteurs déterminants de l'ambiance climatique quotidienne, qu'elle soit naturelle ou artificielle. Comme exemple de nouvelles directions de recherches avancées dans cette optique, citons pour l'ambiance naturelle : le sentiment d'euphorie qu'occasionnent généralement les belles journées ensoleillées ; une action dynamogénique due aux fibres visuelles non spécifiques rétino-hypothalamiques nous paraît prépondérante, mais l'hypothèse de Tyczka (1969 *b*) impliquant l'accroissement corrélatif du nombre des ions (—) de l'atmosphère paraît un complément intéressant. En ce qui concerne les ambiances artificielles, de nombreux auteurs ont décrit les malaises, voire l'irritabilité des personnes travaillant dans les buildings étanches où l'air est recyclé ; la claustrophobie induite par ces bâtiments aux fenêtres inamovibles paraît probable, de même que l'impression d'isolement créée par leur hauteur, mais le fait que l'air conditionné y soit en général pauvre en ions (—) et très riche en ions (+) ne semble pas une simple coïncidence (Krueger, 1973).

En guise de conclusions, nous voudrions présenter une série de faits qui montrent bien le rôle que l'ionisation atmosphérique peut jouer dans les conditions naturelles sur la santé et le comportement humain.

On connaît en des lieux très divers des vents réputés de « mauvais augure ». De fait, le Foehn dans les Alpes, le Sharav au Néguev, le Santa Anna en Californie, le Zonda en Argentine, etc. — vents qui ont tous en commun le fait d'être chauds et secs — ont depuis longtemps été décrits comme induisant, surtout chez les sujets météoro-sensibles, des troubles somatiques et psychiques divers allant de l'asthénie à l'irritabilité. Ces troubles furent d'abord attribués à la sécheresse et à l'élévation de températures enregistrées corrélativement. Mais certains observateurs (Mouriquand, 1935 ; de Rudder, 1952) furent frappés de constater que les symptômes de leurs patients survenaient souvent 24 heures avant l'arrivée des masses d'air sèches et chaudes, d'où la perplexité des praticiens. Cette énigme a été résolue par les travaux de l'école israélienne qui, en étudiant le Sharav, vent débilitant qui souffle du sud du Néguev, a pu démontrer que bien avant l'arrivée des masses d'air chaud, le rapport ions (+) / ions (—) augmentait considérablement du fait d'une baisse corrélatrice de pression barométrique (Robinson et Dinfeld, 1963). Et les troubles observés apparaissent justement en même temps que la prédominance des ions (+) (Danon et Sulman, 1969).

De plus, il est intéressant de remarquer que, simultanément, l'excrétion urinaire de sérotonine décuple et que la moitié des sujets souffrant du Sharav sont caractérisés par un excès du métabolisme de la sérotonine.

Pour terminer, il paraît utile de rapprocher ces données modernes des intuitions accumulées dans l'histoire sous forme de traditions par la

sagesse des peuples. En effet, un des principaux symptômes comportementaux observés lorsque souffle le Sharav est une irritabilité, une agressivité accrues. Ceci fut établi par les observations cliniques de Sulman en 1970. Or, depuis des siècles, on pouvait lire dans le *Talmud* : « Tu ne prononceras pas de condamnation à mort quand souffle le vent du Sud... » Sans en comprendre le mécanisme, la sagesse populaire avait empiriquement constaté ce que nous nommons aujourd'hui les incidences psychologiques de l'ionisation atmosphérique.

RÉSUMÉ

De tous les paramètres de notre environnement climatique, l'ionisation atmosphérique est l'un des plus ignorés. Ses constituants : les ions atmosphériques, molécules gazeuses ionisées, semblent cependant agir sur les êtres vivants. L'aéro-ionisation artificielle utilisée en laboratoire est capable d'affecter le comportement des animaux et de l'homme. Nous résumons ici les données obtenues après 15 ans de recherches sur l'animal et les confrontons aux résultats accumulés ailleurs depuis 30 ans. Certaines des actions psychophysiologiques des ions atmosphériques sont secondaires à des perturbations physiologiques, mais on observe de véritables actions comportementales apparemment liées au métabolisme de la sérotonine cérébrale.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSEN (Ib.). — The influence of electric fields on the uptake of light gas ions of a model of man, *International Journal of Biometeorology* 1965, 9, 149-160.
- ANDERSEN (Ib.). — Effects of natural and artificially generated air ions on mammals, *Biometeorology*, 1972, 5, 229-238.
- ASSAEL (M.), PFEIFER (Y.), SULMAN (F. G.). — Influence of artificial air ionization on the human electroencephalogram, *International Journal of Biometeorology*, 1974, 18, 306-312.
- BACHMAN (C. H.), McDONALD (R. D.), LORENZ (P. J.). — Some physiological effects of measured air ions, *International Journal of Biometeorology*, 1965, 9, 127-139.
- BACHMAN (C. H.), McDONALD (R. D.), LORENZ (P. J.). — Some effects of air ions on the activity of rats, *International Journal of Biometeorology*, 1966, 10, 39-46.
- BALOGH (L.). — The effect of air ionization on thyroidal function, *International Journal of Biometeorology*, 1972, suppl. 16, part I, 135-136.
- BARRON (C. I.), DREHER (J. J.). — Effects of electric fields and negative ions concentrations on test pilots, *Aerospace Medicine*, 1964, 35, 20-23.
- BERTHOLON (P.). — *De l'électricité du corps humain dans l'état de santé et de maladie*, Lyon, Bernuset, 1780.
- BEVILACQUA (D. M.), LABELLE (C. W.). — Synergistic effects of aerosols, III : Carbon and airborne ions, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1963, 24, 448-452.
- BOGGAN (W. O.), FREEDMAN (D. X.), APPEL (J. B.). — *p*.chlorophenylalanine induced alterations in the behavioral effects of 5-Hydroxytryptophan, *Psychopharmacologia*, 1973, 33, 293-298.
- BOMBELLI (R.), CIANI (G.), MACALUSO (V.). — Aria ionizzata e ulcera da

- « contrainte », *Atti 2d Congresso Nazionale della Societa Italiana d'Aeroionobiologia e Aeroionoterapia*, Parme, Maccari, 1968, 35-40.
- BONNEVIE (P.). — Indoor electric fields as a bioclimatic factor, *International Journal of Biometeorology*, 1967, 11, suppl. 3, 325.
- BOULATOV (P. C.). — Traitement de l'asthme bronchique par l'aéro-ionisation négative, in RAGER (G. R.), *Problèmes d'ionisation et d'aéro-ionisation*, Paris, Maloine, 1975, 178-185.
- CADARIU (G.), IONESCU (A.), PATRAN (D.). — Influence de l'aéro-ionisation négative sur la capacité de travail, *Fiziologia normală si patologică Română*, 1972, 18, 461-470.
- CHILES (W. D.), FOX (R. E.), RUSH (J. H.), STILSON (D. W.). — Effects of ionized air on decision making and vigilance performance, *Aerospace Medicine Research laboratory Wright*, Report n° MRL.TDR, Patterson USAF Base, 1962.
- CHYREK-BOROWSKA (S.), ZIETKOWSKI (B.), GRUBZECKA (M.). — Clinical, gasometric and functional test of respiratory system in patients with bronchial asthma following the therapy using negatively ionized air (en polonais), *Przeglad Lekarski*, 1973, 30, 363-366.
- CIANI (G.), TORELLI (L.), VISINTINI (O.). — Action du stress météorologique sur la croissance des souris nouveau-nées, *Medicina Termale e Climatologica*, 1969, 4, 216-218.
- CRANDELL (M. E.). — Retention of inhaled air ions by humans, *Aerospace Medicine*, 1968, 39, 972-974.
- CSERMELY (T. J.). — On the biological action mechanism of air ions, a quantum biochemical point of view, *International Journal of Biometeorology*, 1967, 11, suppl. 3, 317.
- DANON (A.), SULMAN (F. G.). — Ionising effect of winds of ill repute on serotonin metabolism, *International Journal of Biometeorology*, 1969, 13, suppl. 4, 135-136.
- DAVID (T. A.), MINEHART (J. R.), KORNBLUEH (I. H.). — Polarized air as an adjunct in the treatment of burns, *American Journal of Physical Medicine*, 1960, 39, 111-113.
- DELEANU (M.). — Über die Wirkung negativer Luftionen auf die äussere Atmung, *Zeitschrift für die gesamte Hygiene*, 1967, 13, 894-897.
- DELEANU (M.). — Contribution à l'étude de l'action neurohumorale des aéro-ions, in RAGER (G. R.), *Problèmes d'ionisation et d'aéro-ionisation*, Paris, Maloine, 1975 a, 105-120.
- DELEANU (M.). — L'aéro-ionisation dans le traitement de l'ulcère gastroduodénal, in RAGER (G. R.), *Problèmes d'ionisation et d'aéro-ionisation*, Paris, Maloine, 1975 b, 192-201.
- DELEANU (M.), CATALIN (O.). — Über die normalisierende Wirkung der negativen Luftiontherapie auf den experimentell veränderten Energie-Stoffwechsel, *Revue roumaine d'Endocrinologie*, Bucarest, 1971, 8, 207-216.
- DELEANU (M.), FRITS (T.). — Versuche über die Beteiligung des Nervensystems im biologischen Wirkungsmechanismus von ionisierter Luft, *Acta Biologica Medica Germanica*, 1961, 6, 103-109.
- DELEANU (M.), FRITS (T.). — Action biologique non spécifique de l'aéro-ionisation, in TROMP (S. W.), *Biometeorology 2*, Oxford, Pergamon Press, 1967, 1011-1015.
- DELEANU (M.), FRITS (T.), FLOREA (E.). — L'action de l'air ionisé dans le traitement des ulcères gastroduodénaux, *International Journal of Biometeorology*, 1965, 9, 161-165.
- DELEANU (M.), SIRBU (A.), ASGIAN (B.). — Luftionen in der Behandlung von Schlaflosigkeit bei psychogenen neurotischen Zuständen, *das Deutsche Gesundheitswesen*, Berlin, 1962, 17, 1329-1331.

- DENIER (A.). — Franklinisation, aéro-ionisation négative, in DELHERM (L.), *Traité d'électro-radiothérapie*, Paris, Masson, 1961, 265-268.
- DENIER (A.). — L'aéro-ionisation négative artificielle en thérapeutique, *Le Concours médical*, 1966, 5, 849-853.
- De PONTI (E.), PEZZAGNO (G.), CASIROLA (G.). — Il comportamento degli indici cardiorespiratori nell'uomo seno a riposo e dopo sforzo, prima e dopo aerosol ionizzato negativamente di acqua distillata, *Atti 2d Congresso Nazionale della Societa Italiana d'Aeroionobiologia e Aeroionoterapia*, Parme, Maccari, 1968, 94-102.
- De RUDDER (B.). — *Grundriss einer Meteorobiologie des Menschen*, Berlin, Springer, 1952.
- DESSAUER (F.). — *Zehn Jahre Forschung auf den Physikalisch Medizinischen Grenzgebiet*, Leipzig, Georg Thieme, 1931.
- DRIESSEN (G. J.), MAIER (R. A.), MACCHITELLI (F. J.). — Negative ion preference in old rats, *Psychological Reports*, 1963, 12, 439-440.
- DUFFEE (R. A.), KOONTZ (R. H.). — Behavioral effects of ionized air on rats, *Psychophysiology*, 1965, 1, 347-359.
- EDSTROM (G.). — Studies in natural and artificial atmospheric electric ions, *Acta Medica Scandinavica*, 1935, suppl. 61, 1-83.
- EDWARDS (D. K.). — Effects of experimentally altered unipolar air ion density upon the amount of activity of the blowfly, *Calliphora vicina*, *Canadian Journal of Zoology*, 1960, 38, 1079-1091.
- ELSTER (J.), GEITEL (H.). — Luftelektrizität Beiträge zur Kenntnis der atmosphärischen Elektrizität, *Physikalische Zeitschrift*, 1899, 1, 245-249.
- ERSPAMER (V.). — Peripheral physiological and pharmacological action of indolealkylamines, in EICHLER (O.), *Handbook of Experimental Pharmacology*, Berlin, 1966, XIX, 245-359.
- FRANKLIN (B.). — *Letter to Royal Society*, 1750.
- FREY (A. H.). — Behavior and atmospheric ions, *General Electric Company*, Report n° R.59 E.L.C. 121, Ithaca, 1959.
- FREY (A. H.). — Human behaviour and atmospheric ions, *Psychological Review*, 1961, 68, 225-228.
- FREY (A. H.). — Modification of the conditioned emotional response by treatment with small negative air ions, *The Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1967, 63, 121-125.
- FREY (A. H.), GRANDA (R. E.), HILTZ (F. L.). — Experimental study of atmospheric ions effects on human behaviour, *General Electric Company*, Report n° R.61 E.L.C. 38, Ithaca, 1961.
- FRIEDRICH (H.). — Production and measurement of small atmospheric ions for medical studies and their effect on the reaction time and specific muscle reflex in man, *Elektromedizin*, 1967, 12, 188-193.
- FRITS (T.), STRAUS (H.), ELGES (E.), DELEANU (M.). — The action of cholesterol and positive air ions on spontaneous motility (en roumain), *Igiena*, Bucarest, 1963, 12, 33-37.
- GALLUB (A. M.). — An analysis of the effects of artificially generated, negatively-charged ambient atmospheric ions on the mental acuity of normal healthy adults, *Dissertation Abstracts*, 1964, 24, 2735.
- GILBERT (G. O.). — *Effect of negative air ions upon emotionality and brain serotonin level in isolated rats*, Thesis, Pacific Lutheran University, 1971.
- GILBERT (G. O.). — Effet des ions négatifs sur la sérotonine cérébrale et la réactivité des rats isolés, *International Journal of Biometeorology*, 1973, 17, 267-275.
- GREKHOVA (I. P.). — Prophylactic use of ionized air in nurseries (en russe), *Voprosy Okhrany Materinstva i Detstva*, 1966, 11, 55-56.
- GREKHOVA (I. P.). — The use of hydroaeroionization in creche-kindergartens for the purpose of restoration of health of children who suffered from

- repeated respiratory tract diseases (en russe), *Padiatrija*, 1968, 47, 77-79.
- GUALTIEROTTI (R.). — Modificazioni del comportamento e della reattività provocata nell'animale dalla aeroionizzazione negativa, *Gazzetta Farmaceutica*, 1964, 3, 2-4.
- GUALTIEROTTI (R.). — La stimolazione fisiologica della ghiandola tiroide ad opera del flusso ionico negativo, *Gazzetta Sanitaria*, Milan, 1965, 36, 48-51.
- GUALTIEROTTI (R.). — Influenza degli ioni dell'aria sul sistema endocrino, *Atti 1° Congresso Nazionale della Società Italiana d'Aeroionobiologia e Aeroionoterapia*, Parme, Maccari, 1967, 9-23.
- GUALTIEROTTI (R.), CIANI (G.). — Orientations pratiques en matière de climatothérapie d'altitude pour le traitement de l'hyperthyroïdisme, *Medicina Termale e Climatica*, 1969, 4, 213-215.
- GUALTIEROTTI (R.), KORNBLUEH (I. H.), SIRTORI (C.). — *Bioclimatology, biometeorology and aeroionotherapy*, Milan, Carlo Erba Foundation, 1968.
- GUERRINI (L.), CIANI (G.). — Ionizzazione, tranquillanti e rendimento muscolare in animali allenati, *Atti 2d Congresso Nazionale della Società Italiana d'Aeroionobiologia e Aeroionoterapia*, Parme, Maccari, 1968, 55-58.
- GUILLERM (R.), BARDRE (R.), VOGT (J. J.), HEE (J.). — Effets physiologiques et psychophysiologiques, chez l'homme, d'un séjour de 24 heures en atmosphère chargée en ions positifs et négatifs, *International Journal of Biometeorology*, 1967, 11, suppl. 3, 319.
- HALCOMB (C. G.), KIRK (R. E.). — Effects of air ionization upon the performance of a vigilance task, *Journal of Engineering Psychology*, 1965, 14, 120-126.
- HANING (R.), TAIT (S. A. S.), TAIT (J. F.). — In vitro effects of ACTH, angiotensin, serotonin and potassium on steroid output and conversion of corticosterone to aldosterone by isolated adrenal cells, *Endocrinology*, 1970, 87, 1147-1167.
- HANSELL (C. W.). — *Lecture at Brookhaven National Laboratory*, 21 avril 1954. Cited in HICKS (W. W.), Air generation separation metering and physiological effects, *Journal of Franklin Institute*, 1956, 261, 209-217.
- HERRINGTON (L. P.), SMITH (K. L.). — The effect of high concentration of light negative atmospheric ions on the growth and activity of the albinos rat, *Journal of Industrial Hygiene*, 1935, 17, 283-288.
- HICKS (W. W.). — Air ion generation, separation, metering and physiological effects, *Journal of Franklin Institute*, 1956, 261, 209-217.
- JORDAN (J.), SOKOLOFF (B.). — Air ionization, age, and maze learning of rats, *Journal of Gerontology*, 1959, 14, 344-348.
- KELLEY (D. L.). — The influence of artificial atmospheric ionization on human motor performance, *Dissertation Abstracts*, 1963, 24, 1916.
- KNOLL (M.), EICHMEIER (J.), SCHÖN (R.). — Properties, measurement and bioclimatic actions of small multimolecular atmospheric ions, *Advances in Electronics and Electron Physics*, 1964, 19, 177-254.
- KORNBLUEH (I. H.). — Ionization of the air as a potential health factor, in *X° Convegno della salute*, Modène, Poligrafico Artioli, 1963, 161-178.
- KORNBLUEH (I. H.). — Aeroionotherapy of burns, in *Bioclimatology, biometeorology and aeroionotherapy*, Milan, Carlo Erba Foundation, 1968, 110-112.
- KORNBLUEH (I. H.), GRIFFIN (J. E.). — Artificial air ionization in physical medicine, *American Journal of Physical Medicine*, 1955, 34, 618-631.
- KOTTOVA (V.). — Effects of inhalation of ionized air on the cause of respiratory diseases (en tchèque), *Ceskoslovenska Pediatrie*, 1969, 24, 782-787.
- KRUEGER (A. P.). — Some biological properties of gaseous ions, *Journal of Albert Einstein Medical Center*, 1960, 8, 78-88.

- KRUEGER (A. P.). — Are air ions biologically significant. A review of a controversial subject, *International Journal of Biometeorology*, 1972, 16, 313-322.
- KRUEGER (A. P.). — Are negative ions good for you, *New Scientist*, 1973, 11, 667-670.
- KRUEGER (A. P.). — Actions des ions de l'air sur les animaux et les êtres humains, in RAGER (G. R.), *Problèmes d'ionisation et d'aéro-ionisation*, Paris, Maloine, 1975, 85-104.
- KRUEGER (A. P.), ANDRIESE (P. C.), KOTAKA (S.). — The effect of CO₂⁺ in inhaled air on the blood level of 5-HT in mice, *International Journal of Biometeorology*, 1963, 7, 3-16.
- KRUEGER (A. P.), ANDRIESE (P. C.), KOTAKA (S.). — The effect of inhaling non-ionized or positively ionized air containing 2-4 % CO₂ on the blood level of 5-HT in mice, *International Journal of Biometeorology*, 1966, 10, 17-28.
- KRUEGER (A. P.), ANDRIESE (P. C.), KOTAKA (S.). — Small air ions : their effects on blood levels of serotonin in terms of modern physical theory, *International Journal of Biometeorology*, 1968, 12, 225-240.
- KRUEGER (A. P.), KOTAKA (S.). — The effects of air ions on brain levels of serotonin in mice, *International Journal of Biometeorology*, 1969, 13, 25-28.
- KRUEGER (A. P.), SMITH (R. F.). — The biological mechanism of air ion action ; I : 5-HT as the endogenous mediator of I⁺ effects on the mammalian trachea, *Journal of General Physiology*, 1960 a, 43, 533-540.
- KRUEGER (A. P.), SMITH (R. F.). — The biological mechanism of air ion action ; II : Negative air ion effect on the concentration and metabolism of 5-HT in the mammalian respiratory tract, *Journal of General Physiology*, 1960 b, 44, 269-276.
- LANGEVIN (P.). — Les ions dans l'atmosphère, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1905, 140, 232-234.
- LECOURT (J.). — Action biologique des ions oxygène électronégatifs dans l'air respirable, *Revue de pathologie comparée et de médecine expérimentale*, 1974, 11, 86-93.
- LEPEKHINA (L. M.). — Influence des aéro-ions sur la capacité de travail des sportifs, dans des exercices de force et de vitesse (en russe), Congrès sur l'action physiologique et l'usage thérapeutique des ions aériens, Leningrad, 1955.
- MACALUSO (V.), CIANI (G.), TORELLI (L.). — Aeroionoterapia delle sindromi ansiose, *Atti 2d Congresso Nazionale della Società Italiana d'Aeroionologia e Aeroionoterapia*, Parme, Maccari, 1968, 132-138.
- MALYSHEVA (I. N.). — Climatic and physiological role of air ionization (en russe), *Vestnik Akademii Medicinskikh Nauk S.S.S.R.*, 1964, 19, 83-89.
- MALYSHEVA (I. N.), MINKH (A. A.). — Atmospheric ionization at health resorts and its role in Bioclimatology, III^e Congrès international de Biométéorologie, Pau, septembre 1963.
- MAYAZAKI (T.). — Influence of inhalation of ionized air on blood, *Journal of Nagoya Medicine Association*, 1939, 47, 714-719.
- MCDONALD (R. D.), BACHMAN (C. H.), LORENZ (P. J.). — Some physiological effects of air ion treatment without ion inhalation, *International Journal of Biometeorology*, 1965, 9, 141-147.
- MCDONALD (R. D.), BACHMAN (C. H.), LORENZ (P. J.). — Some psychomotor and physiological tests on humans exposed to air ions, *Aerospace Medicine*, 1967, 38, 145-148.
- McGURK (F. C. J.). — Psychological effects of artificially produced air ions, *American Journal of Physical Medicine*, 1959, 38, 136-137.

- METADIER (J.). — L'ionisation atmosphérique naturelle et artificielle, *L'actualité chimique*, 1974, 1, 20-25.
- MINEHART (J. R.), DAVID (T. A.), MCGURK (F.), DEREAU (F.), KORNBLUEH (I. H.). — The effect of artificially ionized air on post operative discomfort, *American Journal of Physical Medicine*, 1961, 40, 56-62.
- MINKH (A. A.). — Highly ionized air as a factor increasing work capacity (en russe), *Vestnik Akademii Medicinskikh Nauk S.S.S.R.*, 1963, 18, 33-37.
- MINKH (A. A.). — Biological and hygienic significance of air ionization, in TROMP (S. W.), *Biometeorology 2*, Oxford, Pergamon Press, 1967, 1016-1024.
- MINKH (A. A.). — Utilisation des aéro-ions en hygiène et en prophylaxie, in RAGER (G. R.), *Problèmes d'ionisation et d'aéro-ionisation*, Paris, Maloine, 1975, 161-167.
- MINKH (A. A.), ANISIMOV (B. V.), SEROVA (L. V.). — Characteristics of the physiological action of ionized air (en russe), *Vestnik Akademii Medicinskikh Nauk S.S.S.R.*, 1972, 27, 3-13.
- MOURIQUAND (G.), JOSSEMAND (R.). — *Syndromes météoropathologiques et inadaptés urbains*, Paris, Masson, 1935.
- MUSSELMAN (P. C.). — Negatively ionized air in postoperative treatment, *Journal of American Osteopathological Association*, 1962, 61, 716-721.
- NAZZARO (J. R.), JACKSON (D. E.), PERKINS (L. E.). — Effects of ionized air on stress behavior, *Medical Research Engineering*, 1967, 6, 25-28.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Effets de l'air ionisé négativement sur la surrénale et le choix des solutions salines du rat albinos, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1965, 159, 571-575.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Influence de la pression barométrique sur le métabolisme hydrique du rat albinos, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1967, 161, 1929-1934.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Influence de l'aéro-ionisation sur l'hypophyse du rat albinos, *Annales d'Endocrinologie*, 1969 a, 30, 776-782.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Effets de l'air ionisé positivement sur la surrénale, le choix des solutions salines et le métabolisme hydrominéral du rat albinos, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1969 b, 163, 2258-2262.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Modification du comportement de soif du rat albinos soumis à une aéro-ionisation chronique, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences (Paris) Ser. D*, 1969 c, 269, 2590-2592.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Influence des variations de pression barométrique sur le comportement alimentaire du rat albinos, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences (Paris)*, Ser. D, 1970 a, 270, 393-395.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Complexe hypothalamo-hypophysaire et régulation du métabolisme hydrominéral chez le rat albinos soumis à l'action des ions atmosphériques négatifs, *Zeitschrift für Zellforschung*, 1970 b, 105, 430-441.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Influence des ions atmosphériques négatifs sur la sensibilité thermo-algésique de la souris, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1970 c, 164, 287-291.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Comportement de souris soumises à un stimulus thermique algogène après traitement aux ions atmosphériques positifs, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1970 d, 164, 501-505.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Action des ions atmosphériques positifs sur le complexe hypothalamo-hypophysaire et la régulation du métabolisme hydrominéral chez le rat albinos, *Zeitschrift für Zellforschung*, 1970 e, 107, 361-373.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Réalisation d'une chambre à aéro-ionisation permettant l'enregistrement simultané de l'activité des rats en cours de traitement, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1970 f, 164, 746-750.

- OLIVEREAU (J.-M.). — Influence des ions atmosphériques sur l'activité du rat albinos, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1970 *g*, 164, 956-962.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Incidences des variations de la pression barométrique sur l'activité spontanée du rat, *Zeitschrift für vergleichende Physiologie*, 1971 *a*, 72, 435-441.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Incidences psychophysiologiques des facteurs climatiques de l'environnement, *Bulletin de Psychologie*, 1971 *b*, 24, 597-606.
- OLIVEREAU (J.-M.). — *Incidences psychophysiologiques de l'ionisation atmosphérique*, thèse de doctorat d'Etat ès sciences, Université de Paris VI, juin 1971 *c*.
- OLIVEREAU (J.-M.). — *Conséquences écologiques des fluctuations spontanées de l'ionisation atmosphérique*, III^e Congresso Internazionale della Societa Italiana d'Aeroionobiologia e Aeroionoterapia, San Remo, avril 1972; *Archivio Ospedale al Mare*, 1972, 24, 73-78.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Action de l'ionisation atmosphérique sur l'excrétion du sodium et du potassium urinaires, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1973 *a*, 276, 777-780.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Influence des ions atmosphériques négatifs sur l'adaptation à une situation anxiogène chez le rat, *International Journal of Biometeorology*, 1973 *b*, 17, 277-284.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Dispositif d'aéro-ionisation artificielle permettant des traitements ioniques variés, *International Journal of Biometeorology*, 1974 *a*, 18, 248-257.
- OLIVEREAU (J.-M.). — Air ionization as a causal factor in behavioral regulation, *Ist World Congress of Biology and Medicine*, Paris (1-5 juillet), 1974 *b*, Amsterdam, Elsevier (sous presse).
- OLIVEREAU (J.-M.). — Incidences de l'aéro-ionisation sur les glandes endocrines, le système nerveux et le comportement, in RAGER (R.), *Problèmes d'ionisation et d'aéro-ionisation*, Paris, Maloine, 1975, 136-160.
- OLIVEREAU (J.-M.), AIMAR (C.). — Actions of atmospheric ionization on spontaneous activity of an amphibian larvae, *Developmental Psychobiology* (sous presse), 1976.
- OLIVEREAU (J.-M.), TRUONG NGOC (A.). — Effets de l'ionisation atmosphérique artificielle sur la thyroïde du rat albinos, *Annales d'Endocrinologie*, 1975 *b*, 63, 301-308.
- PADULA (F.). — Su alcuni risultati dell'aeroionoterapia in ambiente termale, *Alli 1^o Congresso Nazionale della Societa Italiana d'Aeroionobiologia e Aeroionoterapia*, Parme, Maccari, 1967, 152-158.
- PALTI (Y.), de NOU (E.), ABRAMOV (A.). — The effect of atmospheric ions on the respiratory system of infants, *Pediatrics*, 1966, 38, 405-411.
- PEQUIGNOT (H.). — L'asthmatique rhumatisant, *Semaine des Hôpitaux*, suppl. au n° du 20 juin 1975 (p. 26).
- PORTNOV (F. G.). — Aéro-ionothérapie. Méthode et dosage, in RAGER (G. R.), *Problèmes d'ionisation et d'aéro-ionisation*, Paris, Maloine, 1975, 168-177.
- REINET (J.), SIIRDE (E.). — Aerosol ionizer and its application in medicine, in TROMP (S. W.), *Biometeorology 2*, Oxford, Pergamon Press, 1967, 1031-1036.
- ROBINSON (N.), DINFELD (F. S.). — The ionization state of the atmosphere as a function of the meteorological elements and of various sources of ions, *International Journal of Biometeorology*, 1963, 6, 101-110.
- ROSECRANS (J. A.), SCHECHTER (M. D.). — Brain 5-Hydroxytryptamine correlates of behavior in rats : Strain and sex variability, *Physiology and Behavior*, 1972, 8, 503-510.
- RUOCCO (J. N.). — Effects of ionized air on visual reaction time of human subjects, *Dissertation Abstracts*, 1963, 23, 350-3503.

- RYSKA (Z. V.). — Architectural building in relation to aeroionoclimatization, *International Journal of Biometeorology*, 1969, 13, suppl. 4, 124.
- SAMANIN (R.), GHEZZI (D.), MAURON (C.), VALZELLI (L.). — Effect of mid-brain raphe lesions on the antinoceptive action of morphine and other analgesics in rats, *Psychopharmacologia*, 1973, 33, 365-368.
- SCHREIBER (G. O. S.). — Space charge and atmospheric pressure, *International Journal of Biometeorology*, 1967, 11, suppl. 3, 323.
- SEROVA (L. V.), LAKSHIN (A. M.). — L'utilisation d'une aéro-ionisation négative dans les efforts physiques (en russe), *Gigiena i Sanitorija S.S.S.R.*, 1970, 35, 50-53.
- SHEARD (M. H.). — Brain serotonin depletion by p.CPA or lesion of raphe neurons in rats, *Physiology and Behavior*, 1973, 10, 809-811.
- SHIRATORI (K.). — Ionic spectrum of air, *Taihoku Scientific and Agricultural Memoirs*, 1935, 15, 1-37.
- SHUKALOVA (Z. P.), PAVLUK (T. N.). — Treatment of patients with bronchial asthma with ionized air (en russe), *2d Conference on the action of ionized air*, Riga, août 1957.
- SIIRDE (E.). — Observations on the physiological effect of electroaerosols on man, *International Journal of Biometeorology*, 1969, 13, suppl. 4, 140.
- SLOTE (J.). — An experimental evaluation of man's reaction to an ionized air environment, *Proceedings of International Conference on Ionization of the Air*, vol. 2, sect. XX, Philadelphia, 1961.
- SOKOLOFF (A. P.). — Ionisation et radioactivité de l'atmosphère (en russe), *Annales de la Société russe de Balnéologie* (Pjatigorsk), 1904, 11, 326.
- SPROTT (R. L.). — Barometric pressure fluctuation effects on the activity of laboratory mice, *Science*, 1967, 157, 1206-1207.
- STANLEY (L. L.). — *Report to the Wesix Research Foundation*, San Francisco, 1952.
- STRAUS (H.), DELEANU (M.), FRITS (T.), ELGES (E.), TOADER (A.). — A propos de l'intervention des aéro-ions dans les processus de régulation de la lipémie et de la cholestérolémie, *International Journal of Biometeorology*, 1968, 12, 241-249.
- STRAUS (H.), DELEANU (M.), FLOREA (E.). — L'amélioration des résultats de l'entraînement chez les sportifs sous l'influence de l'aéro-ionisation négative modérée, *Medicina dello Sport*, 1965, 5, 171-175.
- STRUPPLER (A.). — The influence of artificially generated negative air ions upon the ankle jerk in man, *Zeitschrift für die gesamte experimentelle Medizin*, 1969, 150, 170-184.
- SULMAN (F. G.), ASSAEL (M.), ALPERN (S.), PFEIFER (Y.). — Influences of artificial ionization of air on the electroencephalogram, *Israel Journal of Medical Sciences*, 1974, 10, 505.
- SULMAN (F. G.), DANON (A.), PFEIFER (Y.), TAL (E.), WELLER (C. P.). — Urinalysis of patients suffering from climatic heat stress (Sharav), *International Journal of Biometeorology*, 1970, 14, 45-53.
- TCHIJEWKY (A. L.). — Action de l'aéro-ionisation de l'atmosphère et de l'aéro-ionisation artificielle sur les organismes sains et les organismes malades, in PIERRY (M.), *Traité de climatologie médicale*, Paris, Masson, 1934, 1, 661-673.
- TCHIJEWKY (A. L.). — *Application de l'aéro-ionisation dans l'économie nationale* (en russe), Publication d'Etat, Moscou, 1960.
- TERRY (R. A.), HARDEN (D. G.), MAYYASI (A. M.). — Effects of negative air ions, noise, sex and age on maze learning in rats, *International Journal of Biometeorology*, 1969, 13, 39-49.
- TISSOT (R.). — Monoamines et régulations thymiques, *Confrontations psychiatriques*, 1970, 6, 87-152.
- TYCZKA (S.). — L'ionisation et la pression atmosphérique dans la région

- de Wroclaw (en polonais), *Bydgosk Towarzystwo Naukowe*, Ser. B, 1969 a, 8, 27-69.
- TYCZKA (S.). — *Importance hygiénique des changements de l'ionisation de l'air atmosphérique et leurs relations avec les facteurs cosmométéorologiques* (en polonais), thèse, Université de Lodz, 1969 b.
- UCHA UDABE (R.), KERTÉSZ (R.), FRANCESCHETTI (L.). — Etudes sur l'utilisation des ions négatifs dans les maladies du système nerveux, in *Bioclimatology, Biometeorology and Aeroionotherapy*, Milan, Carlo Erba Foundation, 1968, 128-134.
- UCHA UDABE (R.), KERTÉSZ (R.), FRANCESCHETTI (L.). — Etude sur l'utilisation des ions négatifs dans le traitement de certaines maladies du système nerveux, in RAGER (G. R.), *Problèmes d'ionisation et d'aéro-ionisation*, Paris, Maloine, 1975, 215-223.
- VASILIEV (L.). — *Theory and practice of therapy with ionized air* (en russe), Leningrad, 1953.
- VASILIEV (L.). — The physiological mechanism of aeroions, *American Journal of Physiology*, 1960, 39, 124-128.
- VOLKOV (G. K.), SHESTERKINA (N. V.), OGLOBIN (N. E.), KASJUK (I. I.). — L'ionisation de l'air stimule l'activité sexuelle des taureaux (en russe), *Veterinarija S.S.S.R.*, 1963, 40, 47-48.
- VYTCHIKOVA (M. A.), MINKH (A. A.). — On the use of aero-ionization in practice of athletic medicine (en russe), *Fizkul'tura i Sport U.S.S.R.*, 1959, 22, 1-12.
- WINSOR (T.), BECKETT (J. C.). — Biological effects of ionized air in man, *American Journal of Physical Medicine*, 1958, 37, 83-89.
- WOFFORD (J. C.). — Negative ionization : an investigation of behavioral effects, *Journal of Experimental Psychology*, 1966, 71, 608-611.

(Accepté le 27 octobre 1975.)