

134<sup>e</sup> Année - N°4 - 4<sup>e</sup> Trimestre 1997 - ISSN 0032-7875

---

# LA PRESSE THERMALE et CLIMATIQUE

---

**BIOCLIMATOLOGIE**

**Organe officiel de la Société Française  
d'Hydrologie et de Climatologie Médicales**

---

 Expansion Scientific Publications

# La Presse Thermale et Climatique

ORGANE DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'HYDROLOGIE  
ET DE CLIMATOLOGIE MÉDICALES

Ancienne GAZETTE DES EAUX

Fondateur : Victor GARDETTE †

## COMITÉ DE PATRONAGE

Professeur F. BESANÇON. – Professeur M. BOULANGÉ. – Doyen G. CABANEL – J. CHAREIRE. – Professeur CORNET. – Professeur Agrégé V. COTLENKO. – A. DEBIDOUR. – Professeur C. DELBOY. – Professeur Y. DENARD. – Professeur P. DESGREZ. – Professeur J.J. DUBARRY. – Professeur P. DUCHÊNE-MARULLAZ. – R. FLURIN. – Professeur L. JUSTIN-BESANÇON †, Membre de l'Académie de Médecine. – Professeur Cl. LAROCHE. – Professeur J. PACCALIN. – J. PASSA – Doyen P. QUENEAU.

## COMITÉ DE RÉDACTION

**Rédacteur en chef honoraire** : Jean COTTET, membre de l'Académie de Médecine.

**Rédacteur en chef** : J. FRANÇON. **Secrétaire de Rédaction** : R. CHAMBON.

**Allergologie** : P. FLEURY, M. FOUROT-BAUZON. – **Bioclimatologie-Environnement** : J.P. BESANCENOT. – **Biologie** : F. LARRIEU, J. MÉCHIN. – **Cardiologie et Angéiologie** : C. AMBROSI, J. BERTHIER, Pr P. CARPENTIER, R. CHAMBON, J. LACHEZE. – **Dermatologie** : J.M. AUGÉ, P.L. DELAIRE, J.-M. SONNECK. – **Etudes hydrologiques et thermales** : R. LAUGIER, B. NINARD, G. POPOFF. – **Gynécologie** : Ch. ALTHOFFER-STARCK. – **Hépatologie et Gastroentérologie** : J.B. CHAREYRAS, G. GIRAULT †, Cl. LOISY. – **Néphrologie et Urologie** : J.M. BENOIT, J. THOMAS. – **Neurologie** : J.P. CAMBIERE. – **Nutrition** : A. ALLAND, P. JEAMBRUN. – **Pathologie ostéo-articulaire** : F. FORESTIER, A. FRANÇON, D. HOURS, R. LOUIS – **Pédiatrie** : J.L. FAUQUERT, R. JEAN. – **Psychiatrie** : O. DUBOIS, L. VIDART. – **Rééducation fonctionnelle** : A. AUTHIER, A. MONROCHE. – **Voies respiratoires** : C. BOUSSAGOL, J.F. LEVENEZ. – **Stomatologie** : Ph. VERGNES. – **Thermalisme social** : P. BRILLAT, G. FOUCHÉ.

## COMITÉ MÉDICAL DES STATIONS THERMALES

Docteurs A. DELABROISE, G. EBRARD, C.Y. GERBAULET, J. LACARIN.

*Les opinions exprimées dans les articles ou reproduites dans les analyses n'engagent que les auteurs.  
« Aucun article ou résumé d'article, publié dans cette revue ne peut être reproduit sous forme d'imprimés, photocopie, microfilm ou par autre procédé, sans l'autorisation expresse des auteurs et de l'éditeur ».*

© Expansion Scientifique Publications, 1997

## Éditeur : EXPANSION SCIENTIFIQUE PUBLICATIONS

Rédaction : 31, boulevard de Latour-Maubourg – 75343 PARIS CEDEX 07

Tél. 01.40.62.64.00, Télécopie 01.45.55.69.20 – C.C.P. 370-70 Paris

Administration-Abonnements-Publicité : 15, rue Saint-Benoît – 75278 PARIS CEDEX 06

Tél. 01.45.48.42.60, Télécopie 01.45.44.81.55

### TARIFS DE L'ABONNEMENT

4 numéros par an

FRANCE : 520 F ; Etudiants, CES : 260 F

ETRANGER : 680 F ; Etudiants, CES : 340 F

Prix du numéro : 163 F



# La Presse Thermale et Climatique

## SOMMAIRE

### BIOCLIMATOLOGIE

Sous la direction de Jean-Pierre Besancenot  
Groupement de Recherche « Climat et Santé »  
(CNRS, GDR 102)

Climat, climats et santé : introduction à la bioclimatologie humaine, par J.P. Besancenot .....	207-212
Les éléments du climat et leurs possibles implications sur la santé, par K. Laaidi .....	213-223
Un logiciel pour la bioclimatologie, par K. Blazejczyk, M. Blazejczyk .....	224-228
Les fronts et leurs possibles effets sur la santé, par M. Laaidi .....	229-236
Les grands paroxysmes climatiques et leurs répercussions sur la santé, par J.P. Besancenot .....	237-246
Les caractères originaux de la morbidité estivale, par A. Le Pape .....	247-258
Ventes de médicaments, saisons et conditions météorologiques. L'exemple de la Côte-d'Or, par S. Breniaux-François .....	259-268
Météorologie et sécurité routière, par K. Laaidi, M. Laaidi .....	269-274
Réchauffement planétaire et santé : la France au XXI <sup>e</sup> siècle, par M.A. Castel-Tallet, J.P. Besancenot .....	275-283

---

Recommandations aux auteurs .....	284
-----------------------------------	-----

*La Table des matières, année 1997 paraîtra dans le n° 1/98*

# La Presse Thermale et Climatique

1997, 134, n° 4, 205-284

## CONTENTS

### BIOCLIMATOLOGY

Under the Direction of Jean-Pierre Besancenot  
Groupement de Recherche « Climat et Santé »  
(CNRS, GDR 102)

Climate, climates and health: introduction to human bioclimatology, by J.P. Besancenot .....	207-212
The climatic elements and their possible implications on health, by K. Laaidi .....	213-223
A software for bioclimatology, by K. Blazejczyk, M. Blazejczyk .....	224-228
Weather fronts and their possible effects on health, by M. Laaidi .....	229-236
Intense climatic paroxysms and health repercussions, by J.P. Besancenot .....	237-246
Original features of summer morbidity, by A. Le Pape .....	247-258
Sale of medicines, seasons and weather. The Côte d'Or as an example, by S. Breniaux-François .....	259-268
Weather conditions and road safety, by K. Laaidi, M. Laaidi .....	269-274
Global warming and health: France in the XXIst century, by M.A. Castel-Tallet, J.P. Besancenot .....	275-283
<hr/>	
Instructions to the Authors .....	284



# BIOCLIMATOLOGIE

## Sous la direction de Jean-Pierre BESANCENOT

### Climat, climats et santé : introduction à la bioclimatologie humaine

J.P. BESANCENOT \*

(Dijon)

---

#### RÉSUMÉ

La bioclimatologie humaine peut être définie succinctement comme l'étude de l'influence directe ou indirecte de l'atmosphère, du temps qu'il fait et du climat sur l'homme, dans l'état de santé et dans la maladie. En dépit des intuitions d'Hippocrate, le développement de cette nouvelle science charnière n'a guère débuté avant la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Deux principaux types d'approche sont distingués. La première démarche, déductive, part de l'analyse des paramètres climatiques et en tire des hypothèses relatives aux influences possibles sur les grands bilans physiologiques, y compris leurs débordements à caractère pathologique. L'autre démarche, inductive, commence par analyser les phénomènes physiologiques et surtout pathologiques et, à l'aide de méthodes statistiques, recherche des éléments d'explication. Les deux façons de procéder sont plus complémentaires qu'antagonistes, et sont illustrées par les différents articles réunis dans ce numéro.

**Mots clés :** Bioclimatologie – Météoropathologie – Histoire – Méthodologie.

---

#### SUMMARY

**Climate, climates and health : introduction to human bioclimatology.** – Human bioclimatology may be succinctly defined as the study of the direct or indirect influence of the atmosphere, weather and climate both on healthy man and diseased subjects. Despite Hippocratic intuitions the development of this new border science did not start very much before the second part of the XXth century. Two main types of approach were distinguished. The first one, called deductive, is based on the analysis of the climatic parameters and infers from them some hypotheses related to how atmospheric conditions can influence the great physiological balances, including disease manifestations. The other process, called inductive, starts with an analysis of physiological or pathological phenomena, then uses statistical methods to deduce the role of weather in affecting the described phenomenon. Both processes complement one another more than they conflict, and both are illustrated with the various papers collected in this issue.

**Key words :** Bioclimatology – Meteoropathology – History – Methodology.

---

« Dans le monde entier les deux principaux sujets de conversation sont le temps qu'il fait et la santé des gens; juste après vient l'influence de l'un sur l'autre » [21].

Bien que le titre de la *Presse thermique et climatique* place les deux disciplines sur un plan d'égalité, un certain

---

déséquilibre s'est installé au fil des ans, dans le sommaire des numéros, entre une hydrologie (médicale) en plein essor et une climatologie (elle aussi médicale) jadis et naguère très pratiquée, puis quelque peu délaissée. Encore les articles récents faisant référence au climat l'ont-ils le plus souvent abordé sous un angle complémentaire de celui du thermalisme, à savoir par le biais de la climatothérapie et du climatisme. Ce sont assurément là deux thèmes passionnants, et suscep-

---

\* Directeur de Recherche au CNRS ; GDR Climat et Santé, Faculté de Médecine, 7, boulevard Jeanne-d'Arc, 21033 DIJON Cedex.

tibles de multiples applications concrètes, mais ils ne sauraient épuiser l'intérêt du corps médical pour l'état de l'atmosphère et ses variations, dans le temps comme dans l'espace. C'est pourquoi il a paru opportun au Comité de Rédaction de proposer un numéro moins spécialisé, qui s'efforce de faire le point, très simplement, voire de façon passablement scolaire, sur différents aspects des relations entre le climat et la santé. Il était assurément hors de propos de tout dire. On s'est limité à un petit nombre de coups de projecteur sur des sujets aussi éclectiques que possible, donnant au lecteur un aperçu que l'on espère pas trop caricatural de ce qu'est aujourd'hui la *bioclimatologie humaine*<sup>1</sup>. Mais auparavant, il n'est peut-être pas superflu de définir simplement cette discipline, d'en broser un bref historique et d'en rappeler les principales orientations : ce sera l'unique objet de la présente introduction.

### QU'EST-CE QUE LA BIOCLIMATOLOGIE HUMAINE ?

Il n'est point de science qui ne doive commencer par cerner son objet. Étudier les répercussions du climat sur la santé, ou le cas échéant sur les altérations de la santé, implique donc la définition préalable des deux concepts que l'on se propose de mettre en relation :

– Même si des divergences subsistent entre les auteurs, certains concentrant leur attention sur la synthèse statistique des événements météorologiques alors que d'autres envisagent la série des états successifs de l'atmosphère, en un mot « le film des temps », le *climat* [3, 19, 20, 30] peut être considéré comme la suite et la somme des éléments physiques, physico-chimiques et chimiques qui caractérisent l'atmosphère, au contact de la surface terrestre, dans un espace donné, compte tenu de sa position en latitude, de l'allure de son substratum et de son encadrement géographique.

1. Avec Flach [18], nous conserverons ce terme de *bioclimatologie humaine*, largement consacré par l'usage dans les pays de langue latine, bien que l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et l'*International Society of Biometeorology* (ISB) préconisent son abandon au profit de *biométéorologie humaine*, utilisé de longue date en langue anglaise, et généralement adopté aujourd'hui dans les pays germanophones. On rappellera, à cette occasion, la définition proposée par Tromp et reprise par tous ses successeurs : « La biométéorologie est l'étude des effets, qu'ils soient directs ou indirects, qu'ils soient irréguliers, fluctuants ou cycliques, des phénomènes physico-chimiques (aussi bien à l'échelle microscopique que macroscopique) de l'atmosphère terrestre et aussi de l'environnement extra-terrestre sur les systèmes physico-chimiques en général, et en particulier sur les organismes vivants (plantes, animaux, hommes) » [40, 42]. Ainsi conçue, cette discipline admet différentes subdivisions : nous nous occuperons uniquement ici des effets du climat sur l'être humain, qui font l'objet de la *bioclimatologie* (ou *biométéorologie*) *humaine*.

Bien qu'il s'agisse à l'évidence d'une notion subjective, au reste variable selon les individus, les sociétés et les époques, la *santé*, selon les propres termes de la Constitution de l'OMS, en 1946, « ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » ; elle postule, au-delà du silence des organes, au-delà de l'inconscience où le sujet se trouve de son corps, un état de « complet bien-être physique, mental et social » [16, 39]. Encore, des réserves ont-elles été formulées sur l'adjectif « complet » : Attali, par exemple, préfère voir dans l'homme sain celui qui vit dans un état *satisfaisant* d'équilibre physique, psychique et biologique, la rupture de cet équilibre faisant de lui un homme malade [2]. Dubos va encore plus loin, en parlant d'un « état d'équilibre dynamique au sein duquel, pour un individu, à un moment donné de sa vie, jouent dans des sens contraires, de nombreux facteurs de morbidité et de mortalité d'une part, et de nombreux mécanismes de compensation d'autre part » [15]. La santé serait alors, fondamentalement, un état de l'organisme qui en permet l'ajustement et le fonctionnement adéquats, compte tenu des conditions endogènes et des facteurs de l'environnement. En termes plus concis, ce sera la *capacité de s'adapter à un contexte qui change*.

Mais, quelle que soit la définition retenue, la conclusion s'impose : outre l'influence, tantôt favorable et tantôt défavorable, exercée par les ambiances atmosphériques sur les phénomènes pathologiques *stricto sensu*, relèvent bien de la bioclimatologie humaine les divers états d'équilibre ou de déséquilibre entre l'homme et son environnement. N'oublions pas, en effet, qu'ils contribuent puissamment à rendre l'individu plus ou moins vulnérable à la maladie, tout en lui permettant de mener une existence plus ou moins laborieuse et plus ou moins attrayante. A l'heure où *la qualité de la vie*, qui englobe des dimensions physiques, psychiques et sociales, est fort pertinemment prise en compte par presque toutes les disciplines de santé [6], il n'est plus concevable de négliger les répercussions sur le confort et le bien-être des facteurs d'ambiance, au premier rang desquels figure l'état de l'atmosphère dans laquelle nous baignons, et qui ne saurait se résumer à la pureté de l'air même si celle-ci doit impérativement être prise en compte [23].

### UN PEU D'HISTOIRE

La bioclimatologie humaine est, à bien des égards, une science jeune [8, 35]. Certes, l'homme s'est toujours inquiété de savoir ce que *les airs*, comme on disait autrefois, réservaient à sa santé – et la relecture des médecins grecs du V<sup>e</sup> siècle av. J.-C. confirme l'ancienneté de cette préoccupation. Au demeurant, les spécialistes en arrivent parfois aujourd'hui à défendre les

intuitions d'Hippocrate contre les objections présentées par tel ou tel de ses exégètes modernes [26]... Il n'empêche que, pendant longtemps, cette connaissance est demeurée très superficielle, et sans doute ne pouvait-il guère en aller autrement. Parce que l'on ne savait pas très bien ce qu'étaient le climat et, à plus forte raison, *les climats*. Parce que l'on savait encore moins bien comment fonctionne l'organisme humain. Parce que l'on ne disposait d'aucune technique de mesure. Et aussi, parce que l'on confondait plus ou moins systématiquement les effets du climat sur la santé avec son influence, réelle ou supposée, sur les comportements psycho-sociologiques et sur les attitudes politiques, donc sur les genres de vie et sur les modes de vie. Il n'est que de songer aux innombrables « théories des climats » qui ont vu le jour entre le XVI<sup>e</sup> et le XVIII<sup>e</sup> siècle (Bodin, Arbuthnot, Dubos, Montesquieu, Ramond, Volney...) pour saisir l'ambiguïté du propos et le caractère illusoire des conclusions, souvent mal dégagées d'un arrière-plan magico-astrologique [32]. La démarche était philosophique autant, sinon plus, que biologique et médicale.

Il a donc fallu attendre le dernier quart du XVIII<sup>e</sup> et le début du XIX<sup>e</sup> siècle pour voir la bioclimatologie humaine (qui ne portait pas encore ce nom) commencer à s'ériger en discipline scientifique. La date n'est pas fortuite : en 1775, la longue histoire du baromètre et du thermomètre est à peu près achevée; en 1790, Lavoisier, Laplace et Seguin ont tout à la fois expliqué le principe général de la respiration, compris l'origine de la chaleur animale et posé les fondements de l'énergétique biologique; en 1800, Bichat a trouvé dans la physique et la chimie l'explication du jeu permanent d'actions et de réactions fonctionnelles qui constitue la vie... La transition de l'empirisme millénaire à une science quasi expérimentale a, bien évidemment, comporté de multiples étapes. Mais il ne fait guère de doute que la plus décisive ait coïncidé avec l'abandon de la recherche d'une hypothétique influence du climat sur les sociétés prises dans leur ensemble, au profit d'investigations concernant l'action exercée par ce même climat sur les organismes individuels, même si les individus concernés sont en partie modulés par la société dans laquelle ils vivent. De ce fait, un progrès considérable a été réalisé lorsque les sciences fondamentales ont pu fournir à la bioclimatologie l'appui de leurs données et de leurs techniques. Parfois même, cette « discipline-carrefour » en est venue à donner l'impulsion à d'autres branches de la connaissance : dans différents pays, dont les États-Unis d'Amérique à partir de 1819, les réseaux météorologiques ont été conçus, mis en place et, pendant quelques décennies, gérés à peu près exclusivement par une communauté médicale soucieuse de percer la complexité des relations entre le corps humain et son environnement atmosphérique [9, 21]. Cette première phase de développement s'incarne, en France, dans la grande enquête réalisée de 1776 à 1794 par Vicq d'Azyr

et la Société Royale de Médecine, puis dans la rédaction d'innombrables *topographies médicales* qui faisaient une large place aux observations médico-météorologiques [33, 34].

Un point culminant a, semble-t-il, été atteint dans les années 1860-1910 en liaison, d'une part, avec le mouvement colonial (qui soulevait la lancinante question des possibilités d'adaptation de l'homme blanc sous les tropiques) et, d'autre part, avec l'habitude prise par les médecins européens d'envoyer tous leurs malades disposant de quelque fortune, et spécialement les phthisiques, passer les mois d'hiver sur les rives de la Méditerranée ou en montagne. Mais la première guerre mondiale et les progrès réalisés par la thérapeutique dans d'autres directions ont porté un coup d'arrêt assez brutal à la pratique des cures climatiques, tandis que le discrédit qui s'attachait peu à peu à l'idée coloniale ne devait pas tarder à fossiliser aussi l'autre grande direction de recherche, sur laquelle n'avait jamais cessé de planer l'ombre d'un certain racisme. Ignorée, à d'infimes exceptions près, par le reste de la communauté scientifique qui lui reprochait de verser dans un déterminisme intégral, arrogant et simpliste, la bioclimatologie humaine tout entière a ainsi traversé plusieurs décennies de relative stagnation, pour ne pas dire de total effacement, uniquement interrompues par quelques œuvres exceptionnelles, comme en France celles de Mouriquand [28], de Piery [31] et de Sorre [37] ou en Allemagne celle de De Rudder [12]. Mais il s'agissait là d'initiatives assez isolées, sans véritable support institutionnel. C'est seulement après le second conflit mondial, dans les années 1950-1960, que l'étude des relations entre le climat et la santé a pu prendre un nouvel essor et amorcer un redressement assez spectaculaire. La fondation à Paris (au siège de l'UNESCO), en 1956, par le Hollandais Tromp (1909-1983) et l'Américain Sargent (1920-1980), de l'*International Society of Biometeorology* concrétise au mieux ce redressement, qui a ouvert la voie à des investigations nouvelles, de plus en plus résolument interdisciplinaires, et profitant depuis deux décennies d'un regain d'intérêt auquel n'est probablement pas étrangère la vogue nouvelle concernant tout ce qui touche à l'environnement, au cadre de vie et aux médecines dites naturelles. Synthèses bibliographiques, articles de mise au point, manuels et ouvrages de référence se sont dès lors multipliés, tant en France [4, 5, 10] qu'à l'étranger [7, 17, 22, 24, 25, 36, 38, 40, 41, 42, 43, 44], tandis que des périodiques spécialisés permettaient de se tenir régulièrement au courant des avancées de la recherche (Encadré). Très rares sont désormais les voix discordantes ; on mentionnera néanmoins le scepticisme de l'Américain Driscoll, qui considère comme aventureux et peu crédibles la plupart des travaux réalisés en ce domaine, spécialement dans l'Ancien Monde, dès lors qu'ils s'appuient plus sur la mise en évidence de corrélations statistiques que sur la compréhension des mécanismes physiopathologiques en jeu [13, 14].

### Principaux périodiques spécialisés

– *International Journal of Biometeorology*, trimestriel, depuis 1957 (Swets & Zeitlinger, Amsterdam, jusqu'en 1987 ; Springer International depuis 1988). Tables et index des 25 premières années dans le 4<sup>e</sup> numéro du vol. XXVII, 1983.

– *Presse thermique et climatique*, trimestriel, depuis 1864 (Expansion Scientifique Publications, Paris).

– *Climat et Santé. Cahiers de bioclimatologie et biométéorologie humaines*, semestriel, depuis 1989 (Groupement de Recherche « Climat et Santé », Dijon).

D'autres périodiques ont disparu, mais les numéros parus restent d'une grande utilité :

– *Cahiers de l'Association Française de Biométéorologie* (Paris), en principe trimestriel de 1968 à 1973.

– *Bioclimat*, semestriel ou annuel, de 1969 à 1977 (Office Français de Recherche de Bioclimatologie, Paris).

## LES GRANDES ORIENTATIONS

Si la bioclimatologie humaine traite de l'ensemble des relations existant entre les phénomènes climatiques et les phénomènes biologiques, référence étant faite à notre espèce, elle peut à son tour se subdiviser en de nombreuses branches, que l'on définira comme suit [1], sans que la liste soit en rien limitative :

– La *physioclimatologie* se fixe pour objectif la découverte des mécanismes biologiques qui expliquent la façon dont l'organisme humain (ou, plutôt, tel ou tel de ses organes, telle ou telle de ses fonctions), dans l'état de santé ou dans la maladie, réagit, à un moment donné, non pas face au climat en général mais face à un climat bien individualisé<sup>2</sup>, ou plus précisément encore face à la variation de tel ou tel de ses éléments, soigneusement isolé de son contexte. C'est indéniablement la branche la plus développée, en même temps que celle dont les conclusions sont aujourd'hui les plus solides. Il est cependant permis de regretter qu'un certain parti-pris analytique, difficilement évitable il est vrai, la conduise parfois à se contenter d'échantillonnages, d'observations ponctuelles, qui ne sont pas toujours datées ni localisées, et dont on ne se soucie pas vraiment de savoir dans quelles limites spatio-temporelles elles peuvent être généralisées. De plus, mais il s'agit là d'un constat et en aucune façon d'une critique, les recherches de ce type portent fréquemment sur des *individus d'exception* (malades, sportifs, sujets soumis à un entraînement spécial...) et sur des *milieux d'exception*. Milieux d'exception, d'abord, dans le cas des micro-climats artificiels réalisés à l'inté-

rieur d'une chambre climatique et dont l'équivalent ne saurait exister dans la nature, ne serait-ce qu'en raison de l'annulation des rythmes inter-horaires et inter-mensuels, ou du fait que les variations portent sur un seul paramètre, tous les autres étant maintenus constants. Milieux d'exception, également, dans le cas des vols orbitaux ou spatiaux, et de leurs simulations. Milieux d'exception, enfin et surtout, dans les endroits où la tyrannie du climat s'exerce à plein, au point que les problèmes se posent en termes de survie et que l'on touche aux limites de l'espace habitable (très hautes altitudes, très hautes latitudes, éventuellement déserts chauds subtropicaux). Il s'ensuit une certaine difficulté à généraliser les résultats obtenus.

– Les états mentaux étant inséparables des états physiques, le climat agit également sur le psychisme individuel, et l'on parle alors de *climatopsychologie*, sans dissimuler la difficulté de cette spécialité, où les données se dérobent constamment à la mesure.

– La *climatopathologie* étudie les rapports entre telle ou telle condition climatique et l'apparition ou l'aggravation de divers symptômes ou syndromes morbides. Il s'agit donc là des répercussions néfastes du climat sur la santé, présentées comme l'exacerbation de réactions physiologiques (ou, quelquefois, psychologiques) « normales », mais atteignant une intensité telle que l'individu ne peut plus les contrôler, ni en maîtriser les conséquences : le déséquilibre qui s'installe alors signe l'apparition de la maladie.

– Mais s'il peut déclencher des phénomènes pathologiques, le climat a aussi le pouvoir d'en soulager d'autres. La *climatothérapie* [11] utilise les influences favorables qu'exerce sur l'état de santé physique et psychique du malade un séjour en un lieu judicieusement choisi, distinct de la résidence habituelle. Ces effets salutaires passent là encore par l'exagération paroxysmale d'une réaction psycho-physiologique plus ou moins « normale » mais, cette fois, l'amplification de la réaction organique a pour résultat de rétablir un équilibre interne perturbé.

– Enfin, on regroupe sous le terme de *climatisme* l'ensemble des questions se rapportant à l'utilisation thérapeutique, préventive ou curative, des climats.

Quelle que soit la sous-discipline retenue, mais plus particulièrement en physioclimatologie et en climatopathologie, le choix se pose presque inévitablement entre deux approches possibles :

– La tentation est grande de *se placer d'emblée au niveau du climat*, pour le décomposer en ses différents éléments, traditionnels comme la température, la vitesse du vent et l'humidité relative, ou non conventionnels comme le champ électrique ou la radioactivité de l'air. On étudie alors ces éléments l'un après

2. On se gardera d'oublier que, pas plus qu'il n'existe un homme standard, il ne saurait y avoir de climat standard.

l'autre, en s'efforçant à chaque fois de discerner toutes les répercussions qu'ils peuvent avoir sur la vie humaine. Cette démarche, que l'on définira comme *mésologique* par référence au vocabulaire des bio-géographes, ne manque pas d'attraits. Mais elle risque de prendre très vite une tournure excessivement énumérative et de manquer son objectif chaque fois que ce n'est pas un paramètre isolé du climat qui joue le rôle majeur, mais la combinaison de plusieurs éléments concomitants [27].

– Une autre approche mérite donc d'être tentée. Elle consiste à se placer dès l'abord au niveau de l'organisme humain, d'effectuer un premier tri des processus vitaux susceptibles d'être influencés par l'environnement physique, voire de réaliser une authentique analyse épidémiologique et de rechercher ensuite quels sont les éléments du climat qui interviennent, soit séparément, soit en association. Un même paramètre peut alors se trouver évoqué plusieurs fois, s'il agit sur plusieurs systèmes ou sur plusieurs fonctions organiques, et l'on est fondé à redouter une certaine dispersion. Mais l'avantage réside dans le double fait que les données ainsi présentées sont déjà classées en fonction d'une perspective strictement bioclimatique, et que rien n'empêche la description de passer sous silence tous les aspects du climat sans répercussion biologique notable [38]. Cette seconde démarche peut être qualifiée d'*éco-éthologique*, puisqu'elle envisage les réactions et le comportement de l'homme sous l'influence des conditions ambiantes.

## AU SOMMAIRE DE CE NUMÉRO

Les articles qui suivent seront articulés en trois grands ensembles, qui s'efforcent d'illustrer et de prolonger les différentes tendances que l'on vient d'évoquer :

– Vient d'abord une série de rappels de quelques notions élémentaires de climatologie, telles qu'on les trouve dans nombre de manuels, mais avec cette différence qu'elles sont toujours présentées ici sous l'angle des répercussions possibles sur la santé. C'est ainsi que **K. Laaidi** fait le tour des principaux *éléments du climat*, en insistant sur leur définition physique, sur leurs modalités de mesure, sur les systèmes d'unités utilisés et sur les informations que peut en tirer le médecin. Se voulant résolument utile, l'auteur cherche à attirer l'attention sur les erreurs d'interprétation à ne pas commettre. Une des conclusions majeures est que les éléments climatiques en question ne doivent pas être considérés séparément, mais bien davantage dans leur interaction : si un test de type Bernoulli permet parfois d'estimer l'informativité clinique d'un paramètre unidimensionnel (température, vitesse du vent, tendance barométrique...), l'expérience indique qu'un patient prédisposé à une certaine maladie est

plutôt sensible à une conjonction de phénomènes (un vent violent associé à de basses températures, une forte chaleur humide, etc.). Aussi est-ce l'ensemble des propriétés du milieu atmosphérique que ressentent les organismes, et non pas telle ou telle propriété considérée isolément. Après l'étude analytique, la nécessité se fait donc sentir de renouer avec une perspective « holiste » – c'est-à-dire soucieuse de recomposer des ensembles, attentive à l'étude des tous pour eux-mêmes, et non plus seulement à la série de leurs constituants – pour élaborer la synthèse des différents facteurs physiques dont la combinaison forme le bioclimat humain. C'est précisément pour tenter de quantifier de tels « complexes » qu'ont été conçus de très nombreux indices bioclimatiques (souvent baptisés un peu schématiquement « indices de confort ») et que, plus récemment, ont été développées des méthodes sophistiquées de construction des grands bilans physiologiques, à commencer par le bilan énergétique du corps humain. Malheureusement la longueur et la complexité des calculs ont longtemps constitué un frein à la généralisation de telles méthodes. L'informatique s'avère donc ici d'un grand secours, avec la mise au point d'un premier *logiciel* spécialisé, que présentent ses auteurs, **K. et M. Blazejczyk**. Mais aux côtés de cette approche fondée sur l'analyse des différents paramètres climatiques, fussent-ils combinés entre eux, il en est une autre qui fait intervenir le *dynamisme de l'atmosphère*. **M. Laaidi** rappelle à ce propos l'importance de la succession en un même lieu de masses d'air très hétérogènes, séparées par des zones de discontinuité, ou *fronts*, dont le passage règle le film des temps et peut avoir de multiples effets sur le fonctionnement du corps humain. Encore est-il souvent dangereux ou inefficace de s'en tenir aux dispositions moyennes. Dans une perspective biomédicale comme dans toutes sortes d'autres applications, ce sont les valeurs extrêmes qui revêtent la plus grande importance et qui méritent d'être considérées en premier. Aussi **J.P. Besancenot** dresse-t-il l'inventaire des méfaits des *grands paroxysmes climatiques* rencontrés aux latitudes moyennes et, plus accessoirement, en zone intertropicale.

– Il reste que les types de temps ont une certaine propension à s'organiser selon un schéma cyclique, grossièrement calqué sur le rythme des saisons. Une manière indirecte d'approcher les relations entre le climat et la santé consiste donc à analyser les singularités de la pathologie selon les dates du calendrier. C'est à une telle tâche que s'est consacrée **A. Le Pape**, en comparant sur l'exemple français *la morbidité du plein été* à celle du reste de l'année. En prolongement de cette étude, **S. Breniaux-François** met en relation *les ventes de médicaments, les saisons et les conditions météorologiques* dans le cadre du département de la Côte-d'Or. Il s'avère alors que, regroupés en grandes classes thérapeutiques, les produits délivrés chaque jour dans les officines donnent une idée, assez grossière mais irremplaçable, des variations de la pathologie sur la courte période, variations qui peuvent ensuite être

mises en corrélation avec l'évolution des principaux paramètres météorologiques, considérés dans leur valeur absolue ou dans leur variabilité.

– Les deux derniers articles aspirent à fournir quelques pistes de recherche sur des sujets d'actualité, souvent évoqués dans les médias mais rarement traités avec la sérénité requise. Le premier, sous la plume de **K. et M. Laaidi**, s'interroge sur le rôle des conditions météorologiques à l'origine des accidents de la route. La conclusion est sans équivoque : les intempéries, terme il est vrai assez vague, ne portent qu'une responsabilité assez minime en comparaison des effets directs du temps

qu'il fait sur le comportement des conducteurs. Enfin, dans le prolongement de la réunion internationale qui s'est déroulée fin novembre à Kyoto, **M.A. Castel-Tallet et J.P. Besancenot**, avec toute la prudence requise et en assortissant leurs conclusions de nombreux points d'interrogation, réfléchissent aux possibles répercussions sur la santé du réchauffement planétaire que les modèles de circulation atmosphérique « annoncent » pour le XXI<sup>e</sup> siècle.

Ainsi, à travers la diversité des thèmes abordés, qui ne représente pourtant qu'une infime partie des sujets possibles, se dégage l'immensité des questions redposables à la bioclimatologie humaine.

#### RÉFÉRENCES

1. Arlery R., Grisolle H., Guilmet A. – *Climatologie, méthodes et pratiques*, 2<sup>e</sup> éd. Paris, Gauthier-Villars, 1973.
2. Attali F. – *Le temps qui tue, le temps qui guérit. Santé et météorologie*. Paris, Seuil, 1981.
3. Beltrando G., Chemery L. – *Dictionnaire du climat*. Paris, Larousse, 1995.
4. Besancenot J.P. – *Risques pathologiques, rythmes et paroxysmes climatiques*. Paris, John Libbey, 1992.
5. Besancenot J.P. – Le climat et la santé. In : *Le climat, l'eau et les hommes*, pp. 87-104. Rennes, Presses Univ. Rennes II, 1997.
6. Besancenot J.P. – Climat, qualité de vie et santé. *Prévenir*, 1997, 33, 149-158.
7. Bouma J.J. – Human biometeorology and geopathology. *Experientia*, 1987, 43, 1-109.
8. Bouma J.J. – A short history of human biometeorology. *Experientia*, 1987, 43, 2-6.
9. Cassedy J.H. – Meteorology and medicine in Colonial America : beginnings of the experimental approach. *J. Hist. Med.*, 1969, 24, 193-204.
10. Choissel E. – La bioclimatologie humaine : situation actuelle et perspectives. *Presse therm. clim.*, 1988, 125, 421-424.
11. Delore P., Milhaud M. – *Précis d'hydrologie et de climatologie (clinique et thérapeutique)*. Paris, Doin, 1952.
12. De Rudder B. – *Grundriss einer Meteorobiologie des Menschen*, 3<sup>e</sup> éd. Berlin, Springer, 1952.
13. Driscoll D.M. – Weather and health. In: Houghton D.D., *Handbook of applied meteorology*, pp. 778-814. New York, John Wiley, 1985.
14. Driscoll D.M. – A perspective on weather-human response relationships. *Intern. J. Environ. Stud.*, 1990, 36, 19-25.
15. Dubos R. – *Mirage de la santé*. Paris, Denoël, 1961.
16. Evans R.G., Barer M.L., Marmor Th.R. – *Être ou ne pas être en bonne santé. Biologie et déterminants sociaux de la maladie*. Paris, John Libbey, 1996.
17. Faust V. – *Biometeorologie. Der Einfluss von Wetter und Klima auf Gesunde und Kranke*. Stuttgart, Hippokrates Verlag, 1976.
18. Flach E. – Human bioclimatology. In: Landsberg H.E., *General climatology*, pp. 1-187. Amsterdam, Elsevier, 1981.
19. Godard A., Tabeaud M. – *Les climats. Mécanismes et répartition*. Paris, Colin, 1993.
20. Hufty A. – *Introduction à la climatologie*. Paris, PUF, 1976.
21. Kimble G.H.T. – *Our American weather*. New York, Mc Graw Hill, 1955.
22. Landsberg H.E. – *Weather and health : an introduction to biometeorology*. Garden City, Doubleday, 1969.
23. Lave L.B., Seskin E.P. – *Air pollution and human health*. Londres, Johns Hopkins Univ. Press, 1977.
24. Licht S. – *Medical climatology*. Baltimore, Waverly Press, 1964.
25. Lowry W.P. – *Weather and life. An introduction to biometeorology*. New York, Academic Press, 1969.
26. Miller G. – Airs, Waters, and Places in history. *J. Hist. Med.*, 1962, 17, 129-140.
27. Miranda P. – Climat et santé. *Le climat (Québec)*, 1993, 11, 19-45.
28. Mouriquand G., Jousserand P. – *Syndromes météoropathologiques et inadaptés urbains*. Paris, Masson, 1935.
29. Munn R.E. – *Biometeorological methods*. New York, Academic Press, 1970.
30. Pagney P. – *La climatologie*, 6<sup>e</sup> éd. Paris, PUF, 1995.
31. Piery M., Milhaud M., Van der Elst R. – *Traité de climatologie biologique et médicale*. Paris, Masson, 3 vol., 1934.
32. Pinna M. – *La teoria dei climi : una falsa dottrina che non muta da Ippocrate a Hegel*. Rome, Società Geografica Italiana, 1988.
33. Rofort M.F. – Les observations médico-météorologiques au XVIII<sup>e</sup> siècle. *Bull. Ass. Géogr. Fr.*, 1988, 65, 357-366.
34. Rofort M.F., Besancenot J.P. – Aux sources de la géographie de la santé : les topographies médicales en France aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles. *Géogr. méd.*, 1991, 21, 7-14.
35. Sargent F. – *Hippocratic heritage : history of ideas about weather and human health*. New York, Pergamon Press, 1982.
36. Sargent F., Tromp S.W. – *A survey of human biometeorology*. Genève, OMM/WMO, 1964.
37. Sorre M. – Le climat et l'homme. In : Sorre M., *Les fondements biologiques de la géographie humaine*, pp. 13-113. Paris, Colin, 1943.
38. Sulman F.G. – *Health, weather and climate*. New York, Karger, 1976.
39. Tchobrousky G., Wong O. – *La santé*. Paris, PUF, 1995.
40. Tromp S.W. – *Medical biometeorology. Weather, climate and the living organism*. Amsterdam, Elsevier, 1963.
41. Tromp S.W. – Weather, climate and man. In: *Handbook of physiology*, pp. 283-293. Washington, American Physiological Society, 1964.
42. Tromp S.W. – *Biometeorology. The impact of the weather and climate on humans and their environment (animals and plants)*. Londres, Heyden, 1980.
43. Weihe W.H. – The applications of meteorology in medical sciences. *Intern. J. Biometeor.*, 1976, 20, 157-165.
44. Weihe W.H. – Climate, health and disease. In: *Proceedings of the World Climate Conference. A conference of experts on climate and mankind*, pp. 313-368. Genève, OMM/WMO, 1979.

# Les éléments du climat et leurs possibles implications sur la santé

K. LAAIDI \*

(Dijon)

---

## RÉSUMÉ

Les éléments conventionnels (pression atmosphérique, température, humidité, direction et vitesse du vent) donnent une image très incomplète du climat, lorsqu'on l'envisage sous l'angle de ses répercussions sur la vie humaine et la santé. D'où la nécessité de prendre en compte des éléments non conventionnels, tels que la radiation ultraviolette, les champs électrostatiques, l'ionisation, la radioactivité ou encore les particules en suspension dans l'air. Mais on se heurte alors à de délicats problèmes d'instrumentation et de mesure. En outre, il est admis depuis longtemps qu'aucun élément ne peut être utilisé isolément pour évaluer l'agression exercée par le climat sur le corps ou pour prévoir la réponse de celui-ci. Non seulement tous les éléments affectent simultanément l'organisme, mais l'action de l'un dépend toujours du niveau des autres. Pour estimer l'effet combiné des différents paramètres physiques de l'environnement météorologique, il est donc nécessaire de faire intervenir des « complexes bioclimatiques », associant par exemple la température à la vitesse du vent, ou la température à l'humidité.

**Mots clés :** Climat - Élément du climat - Élément conventionnel - Élément non conventionnel - Complexe bioclimatique - Santé.

---

## SUMMARY

**The climatic elements and their possible implications on health.** - Conventional elements (atmospheric pressure, temperature, humidity, windspeed and wind direction) give only a very incomplete picture of the climate, when one looks at it from the point of view of its repercussions on both human life and health. It follows that non conventional elements, as ultraviolet radiation, electrostatic fields, ionization, radioactive fallout, or even floating particles in the air, have to be considered. Yet one comes up then against tricky problems of instrumentation and measuring. Moreover, it has been recognized for a long time that none of the climatic elements can be used as a single criterion for the evaluation of the stress operating on the body or of its expected responses to the stress. Not only do all these elements affect the organism simultaneously, but the effect of any of them always depends on the level of the others. Therefore, in order to estimate the combined effect of the various physical parameters of the meteorological environment it is necessary to resort to some bioclimatic complexes that combine for instance temperature with windspeed, or temperature with humidity.

**Key words :** Climate - Climatic element - Conventional element - Non conventional element - Bioclimatic complex - Health.

---

Le climat peut être défini comme « l'ensemble des qualités de l'atmosphère d'un lieu, sur la longue durée, dans leurs manifestations fréquentes, rares ou exceptionnelles : c'est la synthèse des temps qu'il a fait » [2]. Les états successifs de la basse atmosphère, celle dans laquelle nous vivons, se caractérisent par la combinaison de multiples grandeurs physiques mesurables, ou à tout le moins repérables, que l'on appelle des *éléments* du temps ou du climat [8, 9, 14, 21]. Nombre d'entre eux sont classiques et connus de tous, qu'il s'agisse de la pression, de la température, de

l'humidité ou du vent. On se contentera donc d'en rappeler la liste et d'apporter quelques précisions sur leurs techniques de mesure, sur les systèmes d'unités utilisés, sur leur signification physique et sur les enseignements que l'on peut en tirer, référence faite à la santé. Mais il est aussi des éléments régulièrement négligés, et que l'on qualifie de mineurs [16], ou mieux, de *non conventionnels* [19], à l'image du rayonnement solaire, de l'électricité atmosphérique, de l'ionisation, de la radioactivité de l'air, de sa composition chimique ou de sa teneur en particules en suspension. L'intérêt de ces éléments n'est pas moindre que celui des précédents, en particulier sous l'angle de leurs répercussions sur la vie et sur la santé [5, 6,

---

\* GDR Climat et Santé, Faculté de Médecine, 7, boulevard Jeanne-d'Arc, 21033 DIJON Cedex.

18, 20], mais ils sont mal connus et leur interprétation s'avère parfois délicate : raison de plus pour leur accorder ici une place notable. Enfin, l'expérience de tous les jours révèle que l'organisme humain est beaucoup moins affecté par les éléments isolés du climat que par leur combinaison [17, 18] : ce qui nous amènera en dernier lieu à dire un mot, forcément rapide, des *complexes bioclimatiques*<sup>1</sup>. Nous nous appuyerons surtout sur l'exemple de la France métropolitaine.

## LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS CONVENTIONNELS DU CLIMAT

Les éléments conventionnels sont ceux que relèvent en routine la plupart des stations des différents réseaux météorologiques nationaux. Certains (pression, évaporation...) ne sont pas directement perçus par l'homme, au moins dans les conditions habituelles. D'autres le sont (température, humidité, vent...). Mais les uns et les autres ne peuvent être correctement décrits que par la *mesure* qui nécessite la mise en place, strictement codifiée, d'appareils plus ou moins compliqués et la réalisation d'observations régulières, selon un protocole rigoureusement établi pour rendre comparables les données recueillies en différents endroits ou, en un lieu donné, à différentes périodes [17].

### La pression atmosphérique

Même si l'air n'a qu'un faible poids (1 kg/m<sup>3</sup>), l'ensemble de l'atmosphère exerce sur le sol une forte pression, de l'ordre d'un kilogramme par centimètre carré au niveau de la mer, équilibrant une colonne de mercure de 760 mm. Mais on exprime plutôt cette pression en millibars (mb) ou, depuis 1986, en hectopascals (hPa), avec les équivalences suivantes :

$$1 \text{ hPa} = 1 \text{ mb} \approx 0,76 \text{ mm Hg.}$$

La valeur de la pression (dont la mesure fait appel au *baromètre*) dépend de l'attraction qu'exerce la terre sur les gaz et particules liquides ou solides qui composent l'atmosphère. Elle est donc fonction de l'altitude de chaque lieu et de la densité moyenne de la colonne d'air qui le surmonte. C'est ainsi qu'elle décroît à mesure que l'on s'élève, suivant une loi logarithmique (plus rapidement au voisinage de la surface, plus lentement dans les couches supérieures) : de 1 013,25 hPa au niveau de la mer (valeur dite « normale »), elle tombe à 850 vers 1 500 m d'altitude, puis à 700 vers 3 000 m et à 500 vers 5 600 m. Cette raréfaction de l'atmosphère rend la vie difficile en haute montagne. S'il est vrai qu'à 5 500 m l'air contient tou-

jours 20,93 p. cent d'oxygène, à volume constant le nombre de molécules de ce gaz a diminué de moitié, de sorte que sa pression partielle est passée de 212 à 106 hPa, ce qui ne suffit plus pour répondre aux besoins de l'organisme. Dans les Andes ou l'Himalaya, les populations ont dû s'adapter à cette hypoxie. Mais la haute montagne n'est pas seule concernée : des effets multiples, tantôt bénéfiques (polyglobulie) et tantôt préjudiciables (œdèmes pulmonaires), commencent à se faire sentir à des niveaux beaucoup plus modestes.

On ajoutera qu'en chaque endroit, la pression atmosphérique subit des variations incessantes :

- les unes, modiques (moins de 1 hPa aux latitudes moyennes, de 3 à 5 sous les tropiques), sont des oscillations régulières liées au cycle diurne, avec un double maximum vers 10 et 22 heures, d'où l'expression imagée de « marée barométrique » ;

- les autres (dépassant souvent 15 hPa en une douzaine d'heures) sont aléatoires et liées à la dynamique de l'atmosphère, au passage des perturbations ou au déplacement des grands centres d'action ; des valeurs de 1 020 à 1 035 hPa sont courantes au centre des anticyclones continentaux, alors que la pression tombe à 980 ou 1 000 hPa au cœur des dépressions mobiles de la zone tempérée, et parfois à moins de 900 hPa dans l'œil des cyclones tropicaux.

Que l'amplitude relative de ces variations dépasse rarement 4 p. cent ne les empêche pas d'être le moteur principal des mouvements de l'atmosphère et, ce qui nous concerne plus directement, d'être associées à de multiples phénomènes pathologiques [5, 20]. Mais une telle association ne recouvre pas nécessairement un rapport de causalité. En fait, « les fluctuations de la pression intègrent toutes les modifications de la nature de l'air dans l'épaisseur de l'atmosphère située au-dessus » [15].

### La température (de l'air)

La notion de température est plus intuitive qu'accès-sible à une définition simple. Il s'agit en fait d'une grandeur intensive<sup>2</sup> indiquant qu'un certain niveau énergétique est atteint, qui se traduit subjectivement pour chacun de nous en sensation de chaleur ou de froid. Son appréciation exacte est fournie par repérage d'un phénomène physique qui évolue dans le même sens [1, 10, 17]. On sait en effet que, sous l'influence des variations thermiques, tous les corps subissent une modification : leur volume augmente lorsqu'ils s'échauffent et diminue quand ils se refroidissent. C'est sur ce principe de la dilatation des

1. L'objet de cet article n'est pas d'apporter des faits nouveaux, mais de remémorer un certain nombre de notions essentielles, sous un éclairage particulier qui est celui des rapports avec la santé.

2. On définit comme *intensive* une grandeur qui ne se mesure pas, qui ne se prête théoriquement à aucune opération arithmétique, mais dont la valeur peut être repérée sur une échelle portant une unité de référence. On ne saurait, par exemple, dire qu'une température de 20°C est double d'une température de 10°C : on peut seulement en déduire qu'elle caractérise une ambiance plus chaude.



liquides que reposent les *thermomètres* (à alcool ou à mercure). Mais il faut prendre garde au fait que ces instruments donnent leur propre température, et non celle de l'air ambiant. C'est pourquoi ils doivent être placés dans un *abri*, blanchi extérieurement et ventilé de façon naturelle, qui les protège des effets parasites de l'environnement, notamment du rayonnement (solaire ou terrestre), tout en assurant à l'air intérieur des caractéristiques physiques très voisines de celles de l'air extérieur. Par convention internationale, les abris (dont la porte s'ouvre au nord dans l'hémisphère boréal) sont installés sur un terrain gazonné, dans un endroit bien dégagé, et les thermomètres sont suspendus entre 1,5 et 2 m au-dessus du sol. La température est habituellement exprimée en degrés Celsius (°C). Les extrêmes enregistrés en France au cours du XX<sup>e</sup> siècle, hautes montagnes exclues, sont de -36,7°C à Mouthe (Doubs, le 13 janvier 1968) et de +44,0°C à Toulouse (le 8 août 1923).

Il est de constatation banale qu'aux latitudes moyennes, les dispositions thermiques rythment le déroulement des saisons : les changements de l'angle d'incidence des rayons solaires et de l'épaisseur d'atmosphère traversée par ces rayons avant d'atteindre la surface terrestre font alterner le froid de l'hiver et la chaleur de l'été. Mais il existe aussi, tout au long de l'année, des écarts entre le jour et la nuit et des modifications de la température d'un jour à l'autre. En règle générale, ces dernières doivent moins aux facteurs locaux qu'à des apports extérieurs (masses d'air d'origines diverses).

La diminution de la température à mesure que l'on s'élève résulte d'une double propriété de l'atmosphère. D'une part, raréfiée en altitude, elle a un pouvoir absorbant réduit vis-à-vis du rayonnement solaire. D'autre part, moins humide comme on le verra plus loin, elle exerce un moindre effet de serre vis-à-vis du rayonnement terrestre. Mais le gradient thermique vertical est loin de présenter la régularité du gradient barométrique : il porte étroitement la marque des conditions locales (pente, exposition...) et de la saison. La décroissance moyenne de 0,5°C (en air humide) à 1°C (en air sec) par 100 m de dénivelé ne s'applique qu'à une atmosphère immobile ou soumise à de simples déplacements horizontaux. Or, des mouvements verticaux se produisent fréquemment. Dans une masse ascendante, la pression diminue et, en se détendant, l'air se refroidit. À l'inverse, dans une masse descendante (on dit plutôt : subsidente), l'air comprimé, soumis à une pression croissante, se réchauffe.

Ceci admis, il n'est guère besoin d'insister sur le rôle déterminant des dispositions thermiques dans l'appréciation du confort humain, ni sur l'importance des températures (et spécialement de leur variabilité sur la courte période) dans le déclenchement de nombreuses maladies. Mais le plus souvent, il paraît tout à fait artificiel de vouloir saisir leur action sur l'organisme indépendamment de celle de l'humidité atmosphérique et du vent : on y reviendra.

## L'humidité atmosphérique

L'air contient toujours une certaine quantité de vapeur d'eau. Cette eau en phase gazeuse, invisible, provient de l'évaporation physique qui s'exerce au-dessus des océans, de toutes les étendues d'eau liquide et des sols humides [1]. Mais elle résulte aussi de l'évapotranspiration physiologique du couvert végétal. La vapeur est ensuite véhiculée et redistribuée à la surface du globe par les vents.

La teneur en humidité de l'atmosphère [10] peut s'exprimer sous différentes formes :

- *l'humidité absolue* est la masse de vapeur d'eau contenue dans l'unité de volume du mélange gazeux atmosphérique (g/m<sup>3</sup>) ;

- *l'humidité spécifique*, indépendante de la pression, désigne la masse de vapeur d'eau par unité de masse d'air humide (g/kg) ;

- *le rapport de mélange* exprime la masse de vapeur d'eau par unité de masse d'air « sec », vapeur non comprise (g/kg) ;

- *la tension de vapeur* isole au sein de la pression atmosphérique totale, telle qu'elle a été définie précédemment, la part revenant à la vapeur d'eau (hPa) ; on notera - mais c'est un hasard - que les chiffres de l'humidité absolue (en g/m<sup>3</sup>) et de la tension de vapeur (en mm Hg) sont identiques ;

- l'air est dit saturé quand son contenu en vapeur d'eau atteint une valeur maximale, liée à sa température (plus il est chaud, plus il est absorbant). On considère dans ce cas que son *humidité relative* (ou *degré hygrométrique*) s'établit à 100 p. cent. Lorsque la teneur réelle de vapeur est inférieure au maximum compatible avec la température, l'humidité relative reste inférieure à 100 p. cent. Au-delà de cette valeur critique, l'air ne peut en principe plus rien absorber. S'il se refroidit, ou si l'apport d'humidité continue, une certaine quantité de vapeur d'eau se trouve en surplus et se condense en fines gouttelettes (nuages, brouillard, rosée) ou, au-dessous de 0°C, en fins cristaux de glace. Ainsi, pour une température donnée, l'humidité relative se définit comme le rapport, exprimé en pourcentage, de l'humidité absolue effective à la quantité maximale de vapeur d'eau susceptible d'entrer en mélange dans la constitution de l'atmosphère. La figure 1 donne les valeurs de la tension de vapeur pour de l'air saturé, au niveau de la mer, en fonction de la température.

La mesure de l'humidité atmosphérique se fait directement à l'aide d'un *hygromètre* (organique, chimique ou à point de rosée). Elle peut aussi s'opérer indirectement avec un *psychromètre* associant deux thermomètres qui donnent, l'un la température de l'air sec, l'autre celle de l'air saturé, la consultation de tables permettant ensuite d'obtenir l'humidité relative à partir de la différence entre les deux valeurs. Tous ces appareils sont placés à l'intérieur de l'abri météorologique.

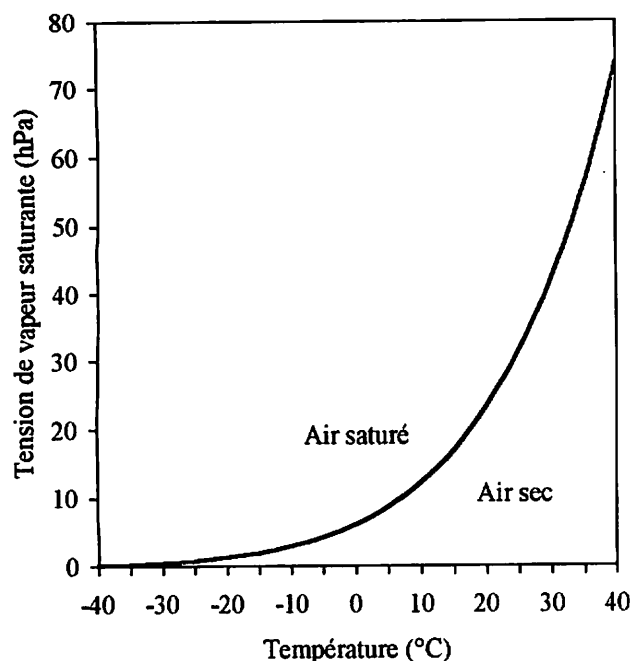


Fig. 1. - Variation de la tension de vapeur en fonction de la température.

Tension de vapeur et humidité relative varient dans l'espace et dans le temps. La capacité de l'air à contenir de la vapeur d'eau augmente, mais de façon non linéaire, avec sa température, qui ressort donc comme le principal facteur déterminant. C'est pourquoi la répartition de la vapeur d'eau à la surface du globe n'est pas uniforme : maximale aux abords de l'équateur, elle diminue parallèlement au rayonnement solaire et à la température à mesure que l'on s'élève en latitude. Le domaine des tensions de vapeur s'étend de quelques hectopascals (moins de 5) dans le monde polaire ou en haute montagne jusqu'à plus de 30 dans les régions très chaudes et très humides de la zone intertropicale. En France se surimposent un gradient latitudinal (les moyennes annuelles tournent autour de 10 hPa dans le nord et de 12 à 13 dans le sud) et, sur un parallèle donné, une diminution à mesure que l'on s'éloigne de l'océan (12,5 hPa à Belle-Ile, 11,4 à Angers, 10,6 à Besançon). La décroissance avec l'altitude est rapide, plus encore que celle de la pression atmosphérique, si bien que toutes les régions montagneuses se caractérisent par une faible teneur de l'air en vapeur d'eau : pas plus de 7,8 hPa en moyenne à Embrun (871 m) et de 4,3 au Pic-du-Midi (2 860 m).

Le niveau de la tension de vapeur est également soumis à de fortes variations saisonnières, les chiffres évoluant au moins du simple au double entre l'hiver et l'été. En revanche, les différences à l'intérieur du cycle diurne sont d'ordinaire minimes. Toutefois les régions côtières, soumises à l'alternance des brises de terre et de mer, enregistrent des fluctuations de quelques hec-

topascals, plus ou moins parallèles à celles de la température, avec minimum au lever du soleil et maximum en début d'après-midi. Et durant l'été, au-dessus des régions continentales où se développent de forts courants ascendants (courants de convection), la tension de vapeur diminue aux heures les plus chaudes, donnant naissance à un régime dédoublé, avec deux maxima (8 ou 9 et 20 ou 21 heures), deux minima (4 et 17 heures) et une amplitude multipliée par deux par rapport à l'hiver.

Même lorsque la tension de vapeur reste à peu près stable, l'humidité relative peut subir de fortes variations, en relation avec les fluctuations de la température, qui conditionnent la capacité hygrométrique de l'air. Les plus forts écarts inter-horaires se rencontrent dans les régions continentales, soumises à de fortes amplitudes thermiques journalières : l'humidité y tombe très bas en début d'après-midi (assez souvent au-dessous de 40 %), alors que la nuit et le petit matin restent proches de la saturation (presque toujours plus de 90 %).

Du point de vue physiologique, la tension de vapeur est en un sens le moyen le plus commode pour exprimer les conditions d'humidité, puisque le taux d'évaporation du corps humain est proportionnel à la différence des pressions partielles de vapeur entre la surface cutanée et l'air ambiant. Elle a aussi un rôle capital sur les échanges respiratoires au niveau des alvéoles pulmonaires et, par suite, sur la concentration moléculaire du plasma. La tension de vapeur ne peut toutefois suffire à caractériser un climat. On n'oubliera pas que sa moyenne estivale est plus élevée en plein Sahara qu'à Paris, ce qui n'empêche ni la peau de se craqueler ni l'organisme de se déshydrater : la principale contrainte du milieu désertique chaud réside dans l'énorme déficit de saturation (autrement dit, dans la disproportion entre la quantité de vapeur d'eau effective et celle que l'air saharien pourrait contenir, étant donné sa température). On saisit par là que l'humidité relative affecte, elle aussi, le fonctionnement de l'organisme humain et la régulation de ses grandes constantes physiologiques. Mais, pour évaluer le confort, l'humidité relative s'avère indissociable de la température : ce point sera développé plus bas, dans le cadre des complexes bioclimatiques.

En revanche, nous n'aborderons pas ici le problème de la condensation et des précipitations, qui n'ont d'effets *directs* ni sur le corps humain ni sur la santé.

### Le vent

Pour des raisons qui tiennent aussi bien à la circulation générale de l'atmosphère (à l'échelle de la planète) qu'à des contrastes thermiques très localisés, la pression barométrique, on l'a vu, n'est pas uniforme. Elle augmente dans les régions et durant les périodes où l'atmosphère est animée de mouvements subsidents : l'air dont les molécules se tassent au voi-

sinage du sol tend alors à s'échapper vers la périphérie, où la pression est plus basse, ce qui fait des *anticyclones* des centres de divergence d'où souffle le vent. Au contraire, là où les mouvements ascendants l'emportent, la pression diminue : l'air aspiré vers le haut est remplacé par celui des alentours, de sorte que les *dépressions* constituent des zones de convergence. Mais le vent ne s'écoule jamais en ligne droite des hautes vers les basses pressions, car il est dévié de sa trajectoire théorique par la rotation de la terre : vers la droite dans l'hémisphère nord, vers la gauche dans l'hémisphère sud.

Le vent est « une grandeur tridimensionnelle présentant des fluctuations aléatoires de petite échelle, tant dans le temps que dans l'espace (la turbulence), qui se surimposent à un mouvement général organisé d'entraînement à grande échelle » [15]. Pourtant en pratique, on ne prend en compte que sa composante horizontale, caractérisée par sa *vitesse* et sa *direction* moyennées sur dix minutes. Le degré de turbulence, beaucoup plus ingrat à saisir, n'est pas négligé, mais approché indirectement à travers la vitesse maximale des *rafales*, pendant le même intervalle de temps. Il est permis de regretter le peu d'intérêt porté à la composante verticale, car les spécialistes sont convaincus qu'elle exerce une influence décisive sur nombre de fonctions biologiques.

Deux paramètres s'avèrent en tout cas nécessaires pour décrire le vent : la direction d'où il vient et sa vitesse (ou force). Toutes deux sont soumises à des variations incessantes, avec une succession ininterrompue de rafales et de calmes, qui en rendent la connaissance malaisée. Par ailleurs, plus que tous les autres éléments du climat, le vent est perturbé (en l'occurrence freiné, dévié et soumis à des mouvements tourbillonnaires) par les irrégularités de la surface du sol. C'est pour atténuer cet effet mécanique que les météorologistes effectuent leurs mesures au sommet d'un mât vertical de 10 mètres, mais les données ainsi obtenues ne sont guère satisfaisantes pour nous, car peu représentatives des conditions auxquelles l'homme est confronté à sa hauteur.

– La vitesse (dans le plan horizontal) est mesurée avec un *anémomètre*. L'usage s'est établi de retenir la *vitesse moyenne*, rapportée à l'intervalle de temps de 10 minutes qui précède l'heure du relevé, et la *vitesse instantanée* ou *vitesse de pointe*, rapportée à un intervalle de temps beaucoup plus court, inégal selon l'inertie des appareils, mais ne dépassant pas quelques secondes. Ces vitesses sont d'ordinaire exprimées en mètres par seconde (m/s). Il est bon, néanmoins, de connaître les équivalences avec les kilomètres par heure (km/h) et les nœuds (kt), utilisés en mer :

1 m/s = 3,6 km/h ≈ 2 kt ; 1 kt = 1,852 km/h = 0,51 m/s.

– Quant à la direction d'où souffle le vent, elle est déterminée à l'aide d'une *girouette*. Le repérage se fait en utilisant les points cardinaux (N, NNE, NE...) ou par rapport à une échelle angulaire équidistante croissant dans le sens des aiguilles d'une montre à partir du

nord géographique (N = 0°, E = 90°, S = 180°...). On se méfiera du calcul d'une direction moyenne (on dit : *résultante*), qui peut déboucher sur un résultat aberrant : si le vent, un jour donné, a soufflé pendant 16 heures du N (0°) et pendant 8 heures de l'W (270°C), la direction moyenne ([270 x 8] : 24) sera E (90°) ! Mieux vaut retenir la direction *dominante* (dans le cas cité, N), d'autant que les vents les plus forts ont en général cette orientation et que la vitesse moyenne des vents correspondant à chaque direction est, en gros, proportionnelle à la fréquence de cette direction.

En l'absence d'obstacles, le vent est fonction du champ de pression (positions respectives de l'anticyclone et de la dépression, distance qui les sépare, valeur de l'écart de pression par unité de longueur, densité de l'air) : plus le gradient est fort, plus le vent souffle violemment. Toutefois, sa vitesse est ralentie par la rencontre d'obstacles terrestres, y compris la simple rugosité du substrat continental. A gradient barométrique égal, c'est donc en mer qu'elle est la plus élevée.

Le vent joue un rôle considérable dans la perception du climat. Il exerce sur le corps humain une action directe, à la fois mécanique et réflexe : il excite la circulation cutanée et les terminaisons nerveuses périphériques, gêne l'effort physique et diminue l'amplitude respiratoire. Il a aussi des effets indirects. Par temps froid, l'arrivée d'un vent fort donne la sensation d'une chute importante de la température. Pourtant, la lecture du thermomètre infirme cette impression : il n'y a aucune baisse, ce qui souligne les risques auxquels on s'expose en interprétant séparément, du point de vue physiologique, le brassage de l'air et son contexte thermique (ou, plus accessoirement, hygrométrique)... Mais il est encore d'autres effets du vent ou, du moins, de certains vents : ainsi l'*autan*, chaud et sec, qui déferle par rafales de SE sur Castres et Toulouse, amène souvent une recrudescence des pathologies les plus variées, des crises d'asthme aux maladies mentales. Il convient cependant d'observer que ce n'est plus alors le vent en lui-même qui est en cause, mais davantage l'état électrique de l'air en mouvement – et l'on sort par là des éléments conventionnels du climat.

## LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS NON CONVENTIONNELS DU CLIMAT

Lorsque l'on quitte le champ strict de la météorologie pour aborder des paramètres situés aux limites (inévitavelmente floues) de cette discipline, on se heurte à trois difficultés, étroitement liées : les dispositifs instrumentaux en sont encore souvent au stade de prototypes de laboratoire, les techniques et les méthodes de mesure n'ont pas été suffisamment standardisées pour assurer la comparabilité des résultats, enfin les réseaux d'observation présentent une densité extrêmement faible.

## Le rayonnement solaire et son spectre

Certes, l'*insolation* (qui quantifie en heures et minutes, au moyen d'un *héliographe*, la durée pendant laquelle le soleil brille) fait partie des paramètres météorologiques les plus courants, mais elle ne renseigne guère sur l'énergie solaire reçue. Celle-ci est évaluée (en Joules par unité de surface et unité de temps) à l'aide d'un *pyranomètre*, mais seules sont couvertes les parties visible et infrarouge du spectre. Or la première (longueurs d'onde comprises entre 400 et 730 nm)<sup>3</sup> affecte relativement peu la santé, tandis que les effets de la seconde (au-delà de 730 nm) sont essentiellement calorifiques, donc largement intégrés dans la température. Beaucoup plus lourds de conséquences sont les rayons de courte ou très courte longueur d'onde (les *ultraviolets*, de 180 à 400 nm). Si, à faible dose, ils concourent à l'équilibre de maints processus physiologiques et assurent la guérison de certaines dermatoses, la destruction des acariens ou la fixation de la vitamine D (nécessaire pour éviter le rachitisme infantile et l'ostéoporose des femmes âgées), ils sont, à forte dose, impliqués à l'origine de nombreuses cataractes et de différents types histologiques de cancers de la peau, y compris le redoutable mélanome malin dont l'incidence double tous les dix ans. Ce sont les doses cumulées reçues tout au long de l'existence, mais surtout pendant l'enfance, qui sont susceptibles d'induire une photo-carcinogénèse des cellules cutanées. En outre, on constate actuellement une recrudescence des photo-dermatoses, réactions immuno-allergiques liées à une surexposition estivale au soleil, et le nombre d'allergiques potentiels a été estimé en France à 10 millions. Enfin, on n'oubliera pas qu'une intensification de 2 p. cent de l'irradiation ultraviolette dans la bande 290-310 nm entraîne une augmentation de 0,7 à 0,9 p. cent de l'ozone, qui est un puissant polluant gazeux, très toxique pour les voies respiratoires.

Or, si l'émission d'ultraviolets par le soleil ne varie guère, le filtrage opéré par l'atmosphère introduit dans le flux radiatif des modifications substantielles, tant au plan quantitatif (part de l'ultraviolet dans le rayonnement parvenant au sol) que qualitatif (importance respective de diverses plages spectrales aux effets biologiques bien définis). Ainsi, entre l'été et l'hiver, la dose d'ultraviolets inférieurs à 315 nm (les plus pathogènes) atteignant la peau humaine varie dans le rapport de 8 à 1, contre 4 à 1 pour l'ultraviolet total. De même, la proportion d'ultraviolets dans le rayonnement global apparaît moindre en Méditerranée que sur l'Atlantique [8], et moindre en plaine qu'en montagne (entre Briançon et Grenoble, l'irradiation ultraviolette diminue en moyenne de 16 %). Il faut donc souhaiter la mise en place rapide de stations de mesure

du rayonnement de courte longueur d'onde reçu au sol, en privilégiant la période comprise entre 11 et 17 heures locales. Le premier capteur multispectral a été installé en France en 1994. D'autres ont suivi (quatre en 1995, 16 en 1997), chacun étant supposé représentatif dans un rayon de 200 km. Ils permettent de calculer le « risque de coup de soleil », indice élaboré en commun par l'Organisation Météorologique Mondiale et l'Organisation Mondiale de la Santé pour traduire la capacité du rayonnement à brûler la peau : une information est désormais diffusée quotidiennement par les médias, en saison estivale.

## L'électricité atmosphérique et l'ionisation

La banalité de l'expression « il y a de l'électricité dans l'air » souligne à quel point chacun, même dans l'ignorance des mécanismes biophysiques en jeu, admet implicitement une influence sur son comportement et son état de santé des manifestations électriques de l'atmosphère. Parmi ces dernières, trois au moins méritent d'être retenues : les grandes ondes électromagnétiques (*sphériques*), le champ électrique, enfin l'ionisation.

– Lorsque la stratification verticale de l'atmosphère est perturbée (par exemple par temps orageux, en présence de violents courants ascendants) ou lors du « frottement » de deux masses d'air de densité différente (front chaud, notamment), de l'électricité statique se forme dans l'air, avec des charges de polarités contraires ayant naturellement tendance à s'éliminer en s'équilibrant. Il se produit donc alors des *décharges*, imperceptibles même pour l'observateur averti, puisqu'elles ne s'accompagnent ni d'éclairs ni de tonnerre, mais se traduisant par des trains d'ondes électromagnétiques (du type des ondes radio), de très grande longueur d'onde (6 à 100 km) et de fréquence comprise entre 3 et 5 kilohertz (kHz), que l'on nomme *sphériques*. Elles peuvent se propager sur des distances considérables et atteindre le sol, même si elles ont été engendrées à plusieurs milliers de mètres d'altitude. Quelle que soit leur intensité, elles semblent bien influencer nombre de manifestations psychosomatiques : asthénie, irritabilité, maux de tête et troubles de la mémoire seraient fonction des fluctuations rapides du nombre de chocs produits par ces trains d'onde, à qui l'on a aussi imputé un effet hypertenseur, une action sur la virulence de certains virus, une augmentation du nombre d'accouchements et même une franche recrudescence de la mortalité [3]. Des compteurs de décharges, sortes d'amplificateurs radio-électriques ne nécessitant qu'une surveillance et une maintenance réduites, permettent de les dénombrer mais ils sont peu répandus et les mesures ne sont pas faites en réseau.

– Entre les couches supérieures de l'atmosphère, porteuses d'une charge positive vers 50 km d'altitude, et la surface du globe, chargée négativement, il s'établit la plupart du temps un *champ électrique* dirigé vers

3. Les longueurs d'onde sont exprimées en nanomètres (nm) ou millimicrons (m $\mu$ ), qui équivalent à un milliardième de mètre. L'unité angström (Å), dix fois plus petite, est également utilisée.

le bas. Dans l'aire d'extension des climats tempérés, par beau temps, ce champ vertical ou *gradient de potentiel*, mesuré par la méthode du « *fil tendu* » avec *collecteur radio-actif*, tourne aux alentours de 100-300 volts par mètre de dénivellation (v/m). Mais il ne s'agit là que de moyennes, sujettes à des oscillations de période journalière (maximum entre 17 et 19 heures TU<sup>4</sup>, minimum vers 04 heures) ou annuelle (maximum en fin d'automne ou en hiver, minimum en juillet-août) et, plus encore, à des variations accidentelles d'origine cosmique ou météorologique. Ces dernières sont partiellement liées à l'intensité de l'irradiation solaire. Le champ électrique est particulièrement élevé en pleine mer ou sur les plaines et plateaux balayés par des vents forts, mais aussi par temps froid et plus encore en présence de brouillard (2 000 v/m), pluie et neige, ainsi que lors des orages (où l'on enregistre en quelques secondes des écarts de 100 à 10 000 ou 20 000 v/m). Il tombe, au contraire, à des valeurs infimes par temps chaud et dans les endroits confinés (vallées encaissées, sous-bois touffus, milieux urbains densément pollués). Selon la quasi-totalité des auteurs, un fort gradient de potentiel (au moins dans l'intervalle 120-500 v/m) place l'organisme humain dans des conditions très favorables, alors qu'un gradient faible ou nul est décrit comme un facteur d'abattement et de nervosité, qui entraîne de l'insomnie et une aggravation des états spasmodiques. Encore l'homme est-il vraisemblablement plus sensible au nombre de fortes variations du gradient de potentiel dans un intervalle de temps donné qu'à la valeur absolue de ce gradient : des accidents coronariens, des crises d'asthme et le déclenchement de certains accouchements ont été imputés aux fortes perturbations de l'état électrique de l'atmosphère [3, 13]. Malheureusement, les mesures réclament un appareillage complexe, encore largement expérimental, et une surveillance de tous les instants. La France accuse d'ailleurs en ce domaine un retard par rapport à certains des pays voisins.

– Les ions atmosphériques ou *aéroions*, particules électrisées de l'air, conditionnent dans une large mesure, par leur nature et par leur nombre, l'impression de bien-être ou de malaise que ressent l'individu. Ils sont également impliqués à l'origine de diverses pathologies, comme l'asthme. Des radiations diverses agissent sur les molécules neutres de l'atmosphère, arrachant à l'attraction de leur noyau des électrons qui, devenus libres, vont se fixer sur d'autres molécules gazeuses. Celles qui ont ainsi perdu un électron périphérique de charge négative donnent naissance aux *ions positifs*, tandis que celles qui en ont récupéré un se transforment en *ions négatifs*. Les observations concordent pour attribuer à ces derniers un rôle salutaire : ils régularisent l'humeur, dissipent la fatigue et

l'anxiété, soutiennent la vigilance, accroissent l'oxygénation du sang, augmentent la perméabilité cellulaire, soulagent les douleurs et préviennent (peut-être) le développement des maladies infectieuses. A l'inverse, les ions positifs portent atteinte aux principales fonctions vitales et perturbent l'équilibre nerveux : irritants, ils exaspèrent la sensibilité organique et les algies, engendrent nervosité et morosité, détériorent les performances et contrarient l'endormissement [4]. Les *ionomètres électroniques à enregistrement continu* font état d'une forte variabilité, avec passage incessant et souvent brutal d'une charge positive à une charge négative ou, à partir de la ligne isoélectrique, d'un écart minime de la flèche du stylet enregistreur à un écart important. Ces fluctuations rendent malaisée l'interprétation des trop rares données disponibles. Elles obligent souvent à s'en tenir à l'analyse du *rapport N<sup>+</sup>/N<sup>-</sup> des ions positifs aux ions négatifs*, en préférant aux valeurs instantanées des valeurs filtrées sur une heure. La moyenne du rapport N<sup>+</sup>/N<sup>-</sup> serait ainsi de l'ordre de 1,2. Le littoral méditerranéen bénéficie le plus souvent d'une ionisation négative, avec des poussées d'hypernégativité liées au mistral, alors que la façade atlantique enregistre une concentration élevée en ions positifs. Un peu partout, un net déséquilibre des polarités en faveur des charges positives accompagne les vents descendants à caractère de foehn (autan) et l'arrivée d'air tropical continental (sirocco).

#### Les constituants mineurs de l'atmosphère

La multiplication des sources de polluants atmosphériques, la diversité des substances nocives déversées chaque jour dans l'atmosphère et la connaissance d'un certain nombre d'épisodes tragiques de forte pollution ayant fait une hécatombe dans la population, nous ont sensibilisés au problème de la *pollution atmosphérique* et à ses liens avec le climat. La première urgence est de dresser un inventaire qualitatif des polluants. De façon assez arbitraire, l'usage veut que l'on distingue ceux qui proviennent de sources fixes, et sont donc surtout rejetés au niveau des toits, de ceux qui sont émis par des sources mobiles et vont donc se retrouver essentiellement au niveau du sol. Parmi les premiers, on compte principalement les oxydes de soufre, dioxyde (SO<sub>2</sub>) ou trioxyde (SO<sub>3</sub>), et les poussières (particules de suie, de charbon, de cendres, etc.). Au rang des seconds figurent le monoxyde de carbone (CO) et les composés organiques volatils (hydrocarbures légers). Il en est d'autres encore qui sont communs aux deux types de sources, tels les oxydes d'azote, principalement le monoxyde (NO) et le dioxyde (NO<sub>2</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>, polluant secondaire issu de l'interaction entre les oxydes d'azote et les ultraviolets), enfin les hydrocarbures lourds parmi lesquels se rencontrent certains composés polyaromatiques cancérigènes. Une fois que l'on connaît la nature de ces polluants, il faut en suivre la concentration en fonction du temps et du lieu. Des réseaux de

4. TU = temps universel (heure du méridien de Greenwich ; on disait autrefois GMT). Il s'agit bien ici d'heures *universelles*, et l'évolution se fait de façon synchrone sur toute la surface du globe : preuve éclatante que l'on a à faire à un phénomène d'ordre cosmique.

mesure se mettent en place dans les grandes agglomérations, et la **Loi sur l'Air** votée par le Parlement le 31 décembre 1996 va progressivement les rendre obligatoires.

Mais le milieu urbain n'est pas seul à être pollué, et l'on est beaucoup plus démuni ailleurs. En outre, les problèmes que pose le dosage des polluants de l'atmosphère sont nombreux et variés. On n'oubliera pas que certaines substances peuvent déclencher des malaises et provoquer des agressions pour des concentrations ne dépassant pas une fraction de milligramme par mètre cube d'air. De gros progrès technologiques ont été accomplis dans ce domaine. Il reste cependant à réaliser des efforts pour la normalisation : on n'a pas toujours la certitude de parler le même langage en confrontant les résultats fournis par différents appareils. Surtout, il faut tenir compte de leur emplacement précis : les prélèvements de monoxyde de carbone, par exemple, doivent être réalisés à 1,60 m du niveau du sol, ce qui correspond à la hauteur moyenne des voies respiratoires d'un adulte, à 10-20 mètres en amont d'un carrefour très encombré et à 1 ou 2 mètres en retrait du trottoir. Ces règles ne sont pas toujours respectées.

Enfin, aux côtés des éléments chimiques de l'atmosphère, il faut dire un mot de la pollution biologique et de la pollution radioactive.

#### Les éléments biologiques du climat

Les éléments biologiques du climat jouent un rôle fondamental en bioclimatologie humaine. Ils sont directement impliqués dans la genèse ou l'exacerbation de nombreux phénomènes pathologiques. Leur importance dans l'atmosphère est directement liée aux conditions météorologiques. Les plus importants de ces éléments biologiques sont les pollens, les levures, les moisissures, les acariens, les bactéries, les virus et toutes les fractions protéiques d'origine animale ou végétale, qu'elles soient ou non allergisantes. Le terme souvent employé de « polluants biologiques » porte en lui toute la connotation pathogénique de ces éléments. Une fois libérés dans l'air, ils se déplacent – parfois sur de grandes distances – sous l'effet des vents, mais leur devenir est étroitement conditionné par le champ électrique de l'atmosphère, par l'existence ou l'absence de précipitations et par l'activité humaine. L'évolution des techniques de recueil et d'analyse a permis depuis quelques années une meilleure connaissance des facteurs qui conditionnent leur répartition spatio-temporelle. Mais les pollens [11] sont actuellement les seuls à faire l'objet de dénombrements systématiques, dans le cadre de réseaux bien structurés (en France, le Réseau National de Surveillance Aérobiologique : 44 sites de capture en 1997). Des projets existent dans le même sens pour les spores de moisissures, elles aussi responsables d'allergies respiratoires mais de surcroît incriminées dans l'évolution fatale de certaines attaques d'asthme et de maladies opportunistes chez

les sujets immunodéprimés. Il n'en reste pas moins que la représentativité spatiale des données recueillies sur les moisissures est extrêmement faible, tant elles sont dépendantes des conditions microclimatiques du site de prélèvement. Et l'on pourrait répéter sensiblement la même chose à propos des acariens, des germes microbiens et des virus.

#### La radioactivité atmosphérique

Le développement de l'énergie nucléaire a donné une dimension nouvelle au problème des risques dus aux rayonnements ionisants. La radioactivité est invisible, imperceptible. Elle exerce ses effets de manière directe ou indirecte, immédiate ou retardée, sur l'individu irradié ou sur sa postérité. Elle s'exprime, entre autres, en Sievert (Sv), unité du Système International ayant remplacé le rem en 1986 (avec l'équivalence 1 Sv = 100 rem). Il existe de multiples sources de radioactivité. Certaines sont naturelles (66 %), d'autres dues aux activités de l'homme (34 %).

La radioactivité naturelle provient de trois origines :

- le rayonnement cosmique ou sidéral (éruptions qui se produisent à la surface des étoiles, explosion ou implosion de certaines d'entre elles : au total 0,3 mSv/an au niveau de la mer, avec au moins doublement de la dose chaque fois que l'on s'élève de 1 500 m) ;

- les radio-éléments du sol (radium, thorium), variant selon la nature de la roche-mère (0,15 à 0,25 mSv/an en Ile-de-France, jusqu'à 1,50 en Limousin et 2,50 en Auvergne) ;

- enfin, le radon (Rn) omniprésent dans la profondeur du globe, et qui diffuse au travers des couches rocheuses, suivant les failles jusqu'en surface. Sa contribution à la radioactivité totale est en moyenne de 0,40 mSv/an, avec de fortes variations sur de courtes distances horizontales.

Les sources artificielles sont industrielles (déchets de l'industrie nucléaire), médicales, éventuellement militaires ou accidentelles. En cas d'accident (Three Mile Island, Tchernobyl), de très grandes quantités de particules radioactives sont projetées dans l'atmosphère, où elles forment des nuages susceptibles d'être entraînés très loin de leur source par les vents : lors des essais militaires des années 60, les explosions soviétiques et américaines étaient détectées par des augmentations subites de la radioactivité atmosphérique en Europe occidentale !

Il existe dans la plupart des pays des services publics de surveillance (réseau Téli-ray en France) et d'autres qualifiés d'indépendants, gérés par des associations. Les mesures, d'une grande précision, ne donnent en général qu'un chiffre, à savoir la valeur totale de la radioactivité en un endroit donné, sans qu'il soit possible de déterminer d'où elle provient et quels sont ses constituants.

Quoi qu'il en soit, il ressort de ces quelques notations que la climatologie, spécialement dans une perspective biomédicale, ampute gravement son champ de recherche et risque de déboucher sur des résultats erronés lorsqu'elle se contente d'analyser les éléments conventionnels du climat. Cela dit, la mesure des autres paramètres doit bien souvent être entreprise spécialement pour cette recherche, ce qui implique des appareillages lourds, coûteux, et des observations prolongées. Une autre démarche, incapable de se substituer à la précédente mais susceptible de la compléter utilement, consiste à combiner entre eux les éléments conventionnels pour en tirer des indications plus précises sur la façon dont le climat affecte l'organisme humain.

### QUELQUES COMPLEXES BIOCLIMATIQUES

Chacun a pu vérifier, en de multiples occasions, que la température de l'air relevée sous abri ne reflétait pas exactement ses propres sensations de chaleur ou de froid. La raison majeure en est que la perception thermique fait aussi intervenir d'autres éléments du climat, essentiellement la radiation solaire, l'humidité et les mouvements de l'air, l'influence de l'un d'entre eux dépendant toujours du niveau pris au même instant par tous les autres. On comprend dès lors que la tentation ait été précoce de chercher à évaluer les *effets combinés des différents éléments de l'ambiance* sur les réponses sensorielles et physiologiques, puis de traduire cette combinaison sous la forme d'une grandeur unique, à laquelle on donne le nom d'*indice bioclimatique*.

Les indices qui ont pu ainsi être mis au point diffèrent dans de larges proportions, par leur base expérimentale, par les systèmes d'unités utilisés, par leur domaine d'application, par les paramètres pris en compte et par le poids relatif attribué à chacun d'eux, ou à leur interdépendance. Il ne saurait être question d'entrer ici dans tous ces détails. On se limitera donc à présenter succinctement deux de ces complexes bioclimatiques, qui font une place capitale aux dispositions thermiques en leur adjoignant, pour le premier, la vitesse du vent et pour le second, l'état hygrométrique de l'air.

#### Le complexe thermo-anémométrique (température/vitesse du vent)

Le vent intervient à plusieurs titres dans les échanges de chaleur qui s'exercent, à travers la peau, entre le corps et l'air : il renouvelle à un rythme inégal la mince pellicule gazeuse (« couche-limite ») au contact de l'épiderme et en équilibre thermique avec lui, il règle les apports caloriques que reçoit l'organisme, il aug-

mente l'efficacité de la convection, il accélère l'évaporation de la sueur, aux dépens de la chaleur interne... Aussi l'expression correcte du « froid » que nous ressentons n'est-elle pas une température, mais une quantité d'énergie, celle que notre organisme doit fournir pour compenser la déperdition calorique imposée par l'air ambiant et assurer le maintien de la température centrale à un niveau constant, proche de 37°C. On convient de définir cette quantité d'énergie sous le nom de *pouvoir réfrigérant de l'air* ou *pouvoir de refroidissement* (*cooling power*) : c'est la quantité de chaleur que l'air (immobile ou en mouvement, selon les cas) fait perdre, pendant l'unité de temps, à un corps expérimental inerte, toujours identique à lui-même, choisi de telle manière que sa vitesse de refroidissement soit la plus élevée possible, et ayant sensiblement la température du corps humain. Cela permet ensuite, avec la plus grande prudence, d'en tirer des indications sur le refroidissement que subit l'organisme placé dans les mêmes conditions.

Tel quel, le pouvoir réfrigérant [22] peut être mesuré à l'aide d'appareils spécifiques, comme le *kathermomètre*, d'ordinaire jugé médiocre en ambiance extérieure, le *frigorimètre* dit « de Davos », assez répandu en Suisse, ou quantité d'autres qui n'ont guère dépassé le stade de curiosité de laboratoire. Mais un calcul simple permet d'obtenir des valeurs très proches de celles fournies par la mesure. La formule la plus couramment utilisée est dérivée de l'indice de P.A. Siple et Ch.F. Passel :

$$K = (12,12 + 11,6\sqrt{v} - 1,16v) (33 - T),$$

avec  $v$  = vitesse du vent (m/s) et  $T$  = température de l'air (°C). Le pouvoir réfrigérant  $K$  est alors obtenu en Watts par mètre carré de surface corporelle ( $W/m^2$ )<sup>5</sup>, avec l'équivalence

$$1 W = 0,86 \text{ kcal/h} ; 1 \text{ kcal/h} = 1,16 W.$$

Il s'ensuit qu'un individu exposé à une température de 12,7°C, alors que le vent souffle à 20 m/s, éprouve à peu près la même sensation de froid ( $K \approx 830 W/m^2$ ) et s'expose approximativement aux mêmes risques que par une température de -20°C dans un air calme (0,1 m/s)... Un pouvoir réfrigérant compris entre 350 et 700  $W/m^2$  réalise une sorte d'optimum pour le confort physiologique, dans la mesure où il dispense tout à la fois l'organisme de lutter contre le froid et contre la chaleur. Sans la moindre intervention des mécanismes thermorégulateurs, le corps humain dissipe alors dans l'air les calories engendrées par l'entretien de la vie, par la combustion des aliments et par une activité physique modérée : il se maintient aussi sans effort en équilibre thermique avec le milieu extérieur et, si la sensation épidermique la plus courante correspond à une légère fraîcheur, celle-ci est interprétée presque à l'unanimité comme un facteur

5. On rappellera que la surface développée du corps humain s'établit en moyenne à 1,8 m<sup>2</sup> pour un adulte de 1,75 m et 67 kg.



d'agrément. En revanche, 1 400 W/m<sup>2</sup> correspondent aux possibilités maximales de défense d'un organisme moyen, sur une durée tant soit peu longue, tandis que 1 625 W/m<sup>2</sup> représentent un seuil biocritique, celui du gel de la peau nue. A l'autre extrémité de l'échelle thermo-anémométrique, les valeurs de K avoisinant 0 identifient les dispositions où le corps humain devient incapable de transmettre directement à l'air ambiant ses calories en excès et où la menace d'hyperthermie devient patente.

En climat tempéré, le pouvoir réfrigérant donne une idée assez satisfaisante des efforts que l'homéotherme doit déployer *en hiver*. Mais l'interprétation des conditions estivales impose de faire intervenir l'humidité de l'atmosphère.

### Le complexe thermo-hygro-métrique (température/humidité atmosphérique)

L'état hygrométrique de l'air, on l'a déjà noté, est à lui seul incapable de traduire la diversité de nos impressions physiologiques. Une humidité relative de 80 p. cent n'entraîne aucune réaction spéciale à 15°C, mais c'est à peine si nous parvenons à la supporter par - 15°C, alors qu'elle nous plonge dans un bain glacé, ou à + 30°C, dans une atmosphère qui évoque le hammam. Réciproquement, un sujet sain résiste un quart d'heure dans une étuve sèche à + 135°C, alors que la même étuve à 45 ou 50°C, mais saturée en vapeur d'eau, déclenche de violents maux de tête, bientôt suivis de vertiges pouvant aller jusqu'à la syncope et, parfois au décès. On s'achemine ainsi vers le constat que la chaleur et le froid sont l'un et l'autre ressentis avec une sévérité croissante à mesure que l'air devient plus humide, ce qui rend nécessaire une approche cernant les effets conjoints de ces deux éléments du climat, soit par la mesure, soit par le calcul. Mais à la différence de ce qui se passait pour le pouvoir réfrigérant, la seconde démarche n'offre pas seulement l'avantage d'une plus grande simplicité : elle fournit aussi les résultats les plus convaincants.

Le nombre des formules imaginées à cette fin [12] démontre à l'évidence qu'aucune ne donne entière satisfaction. Le choix peut malgré tout être guidé par leur fiabilité (en comparaison avec les résultats fournis par différents tests biologiques) et par la disponibilité des données numériques introduites dans le calcul, donc par la possibilité d'appliquer l'indice au plus grand nombre de localités. Ces deux exigences, partiellement contradictoires, ont conduit à rechercher des équivalences entre les sensations thermiques et celles qui seraient éprouvées dans une atmosphère standard, définie une fois pour toutes. L'usage s'est établi de choisir, comme élément de référence, une humidité relative de 100 p. cent, donc d'évaluer la température fictive qui, dans un air immobile et saturé en vapeur d'eau, déterminait une sensation comparable et exigerait le même effort thermorégulateur. On

convient de réserver à cette grandeur le terme, passablement ambigu, de *température effective*. La formule de E.C. Thom allie le mérite de la simplicité à celui de négliger le vent, donc d'éviter toute redondance avec le pouvoir réfrigérant :

$$THI = T - [(0,55 - 0,0055 U \%) (T - 14,5)],$$

avec T = température (°C) et U % = humidité relative (%). L'indice thermo-hygro-métrique THI, qui est une température, reste naturellement exprimé en degrés Celsius. Il se situe systématiquement au-dessous de la température ambiante en air chaud (> 14,5°C) et au-dessus en air frais ou froid (< 14,5°C), les deux chiffres se confondant en présence d'une humidité relative de 100 p. cent ou d'une température égale à la valeur critique de 14,5°C. Leur écart se creuse à mesure que l'atmosphère s'éloigne, soit de la saturation, soit de la neutralité thermique. Selon la plupart des auteurs, ce sont les indices THI évoluant entre 15 et 20°C qui procurent les plus grandes sensations de bien-être et qui sont associés aux plus bas taux d'incidence de la majorité des maladies. En revanche, la chaleur humide réduit les performances physiques (de 7,5 % pour un THI de 26,5°C, de 15 à 20 % pour un THI de 30°C, de 40 à 50 % pour un THI de 33°C) et expose l'organisme au coup de chaleur, avec risque d'issues fatales lorsque l'indice dépasse 27,7°C. Le seuil de 30°C est d'ailleurs retenu par les Américains comme limite de résistance de l'homme « normal ».

## CONCLUSION

A travers la multiplicité des processus en jeu dans les différents bilans physiologiques du corps humain, on saisit sans peine l'inaptitude d'un élément unique et, par-delà, d'un élément simple à fonder un diagnostic bioclimatique complet. La température, par exemple, exprime la capacité de l'air à porter le mercure à une certaine dilatation, elle ne signifie rien d'autre. C'est seulement par la mémorisation de sensations antérieures ou de réactions organiques associées à la lecture d'un appareil que nous pouvons lui rattacher une connotation physiologique plus ou moins précise. Encore cette température n'est-elle jamais ressentie indépendamment des autres variables climatiques : l'abîme qui sépare parfois les degrés Celsius de leur réalité sensible en fournit la démonstration irréfutable. Aussi, parallèlement aux données purement thermiques, et en étroite combinaison avec elles, avon-nous dû faire intervenir le brassage de l'air et son humidité. Des remarques voisines pourraient bien entendu être faites pour les autres paramètres définissant l'état de l'atmosphère. C'est seulement la synthèse de tous ces éléments, conventionnels ou non, simples ou combinés, qui permet de caractériser objectivement un climat et de prévoir ses effets sur la santé.



## RÉFÉRENCES

1. Beltrando G., Chémery L. – *Dictionnaire du climat*. Paris, Larousse, 1995.
2. Brunet R., Ferras R., Théry H. – *Les mots de la géographie. Dictionnaire critique*. Paris, Reclus-La Documentation Française, 1992.
3. Chalmers J.A. – *Atmospheric electricity*, 2<sup>e</sup> ed. Oxford, Pergamon Press, 1967.
4. Charry J.M., Kavet R. – *Air ions: physical and biological aspects*. Boca Raton, CRC Press, 1987.
5. Delore P., Milhaud M. – *Précis d'hydrologie et de climatologie (clinique et thérapeutique)*. Paris, Doin, 1952.
6. Desroziers M. – *Introduction à la biométéorologie humaine*. Toulouse, École Natle. Météorol., 1985.
7. Dubertret L., Jeanmougin M. – *La peau et le soleil*. Paris, Hermann, 1993.
8. Escourrou G. – *Climatologie pratique*. Paris, Masson, 1978.
9. Godard A., Tabeaud M. – *Les climats, mécanismes et répartition*. Paris, Colin, 1993.
10. Guyot G. – *Climatologie de l'environnement*. Paris, Masson, 1997.
11. Laaidi K., Laaidi M., Besancenot J.P. – Pollens, pollinoses et météorologie. *La Météorologie*, 1997, 20, 41-56.
12. Lee D.H.K. – Seventy-five years of searching for a heat index. *Envir. Res.*, 1980, 22, 331-356.
13. Menardo I. – *Étude de l'électricité atmosphérique et recherche de corrélations biométéorologiques*. Paris, École Natle Météorol., 1980.
14. Pagny P. – *La climatologie*, 6<sup>e</sup> éd., Paris, PUF, 1995.
15. Parcevaux S. de, Payen D., Brochet P., Samie C., Hallaire M., Mériaux S. – *Dictionnaire encyclopédique d'agrométéorologie*. Paris, CLIFG, INRA et Météo France, 1990.
16. Péguy Ch.P. – *Précis de climatologie*, 2<sup>e</sup> éd. Paris, Masson, 1970.
17. Perrin de Brichambaut C. – Mesure des paramètres météorologiques à des fins d'études biologiques. *Bioclimat.*, 1973, 9, 19-51.
18. Rivolier J. – Quelques aspects de météoropathologie. *Presse therm. clim.*, 1974, 111, 10-18.
19. Toumi M. – Sur quelques paramètres non conventionnels du climat d'altitude. *Climat et Santé*, 1996, 15, 91-112.
20. Tromp SW. – *Biometeorology*. Londres, Heyden, 1980.
21. Viers G., Vigneau J.P. – *Éléments de climatologie*. Paris, Nathan (nouv. éd.), 1990.
22. Zwart B. – *Wind-chill*. De Bilt, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 1987.

# ANNALES DE PÉDIATRIE

Rédaction : 31, bd de Latour-Maubourg, 75343 PARIS  
Tél. : 01 40 62 64 00 – Télécopie : 01 45 55 69 20

Administration – Abonnements – Publicité : 15, rue Saint-Benoît, 75278 PARIS Cedex 06  
Tél. : 01 45 48 42 60 – Télécopie : 01 45 44 81 55

## ABONNEMENTS (10 numéros par an)

FRANCE : 1 360 F – Étudiant, CES : 680 F  
ÉTRANGER : 1 670 FF – Étudiant : 835 FF

Les abonnements sont payables au comptant et ne sont mis en service qu'après réception du règlement.

Les chèques bancaires en provenance de l'étranger devront être adressés au compte :

Crédit du Nord, place Catalogne, Paris – Code banque : 30076 – Code guichet : 02147 – Numéro de compte : 10028300200 – Clé riib : 05.

Checks drawn on banks in countries other than France should be made payable to account :

Crédit du Nord, place Catalogne, Paris – Code banque : 30076 – Code guichet : 02147 – Numéro de compte : 10028300200 – Clé riib : 05.

# Un logiciel pour la bioclimatologie

K. BLAZEJCZYK, M. BLAZEJCZYK \*  
(*Varsovie*)

---

## RÉSUMÉ

Le développement de la bioclimatologie humaine est souvent entravé par l'absence d'un manuel détaillé présentant la méthodologie indispensable. Une longue expérience a permis aux auteurs de prendre connaissance d'une documentation très dispersée et de se familiariser avec la plupart des méthodes utilisées dans ce domaine. Un logiciel (Bioklima™) a été mis au point afin de faciliter les analyses bioclimatiques. Il permet de calculer aisément plus de vingt indices biométéorologiques et thermophysiques. Il peut tout aussi bien être utilisé pour la recherche fondamentale que pour la recherche appliquée et pour l'enseignement.

**Mots clés :** Bioclimatologie humaine – Indice biométéorologique – Indice thermophysique – Logiciel Bioklima™.

---

---

## SUMMARY

**A software for bioclimatology.** – The progress of the human bioclimatology is often impeded by the fact that it does not exist one detailed manual containing the essential methodology. A long practical experience has allowed the authors to peruse a very scattered documentation and to get to know the most methods used in this field. A software (Bioklima™) was created as a tool for bioclimatic analyses. It allows to easily calculate more than twenty different biometeorological and thermophysiological indices. It can be used in basic as well as in operational research and as teaching aid.

**Key words :** Human bioclimatology – Biometeorological index – Thermophysiological index – Bioklima™ software.

---

Évaluer les conditions bioclimatiques d'une localité ou d'une région est une tâche à laquelle sont de plus en plus souvent confrontées non seulement la climatologie, mais aussi d'autres disciplines, à commencer par la médecine et la physiologie. Malheureusement, si le sujet a déjà fait l'objet de nombreux travaux, les publications relatives aux méthodes d'investigation et aux indices utilisables restent très dispersées et d'accès souvent difficile. Le logiciel Bioklima™, dont il existe présentement trois versions (en polonais, en anglais et en français), a été conçu pour remédier à cette situation, en épargnant des recherches documentaires longues et fastidieuses à quiconque envisage de se lancer dans ce

domaine<sup>1</sup>. Complément naturel d'un manuel récent [6], il permet de calculer aisément les valeurs de plus de vingt indices biométéorologiques et thermophysiques, choisis parmi les plus sûrs et/ou parmi les plus couramment utilisés à travers le monde [1, 4, 5, 7]. On se limitera ici à une présentation rapide des principales possibilités offertes [2]. Des informations supplémentaires peuvent être fournies par le système d'Aide du logiciel, accessible grâce à la touche F1 à n'importe quel moment de l'exécution du programme.

## PRINCIPES DU LOGICIEL

Le logiciel Bioklima™ est une réalisation originale qui n'a, à ce jour, aucun équivalent. Il est le fruit de longues années d'expérience de l'un d'entre nous (K.B.) dans le domaine de la bioclimatologie humaine, sous différents types de climats et dans des environ-

---

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. S Leszczyńskiego PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 WARSZAWA/VARSOVIE, Pologne.

1. Bioklima™ peut être obtenu en s'adressant aux auteurs, à l'adresse mentionnée ci-dessus, ou par courrier électronique : blazej@belfer.ifpan.edu.pl. et k. blazetwarda.pan.pl.

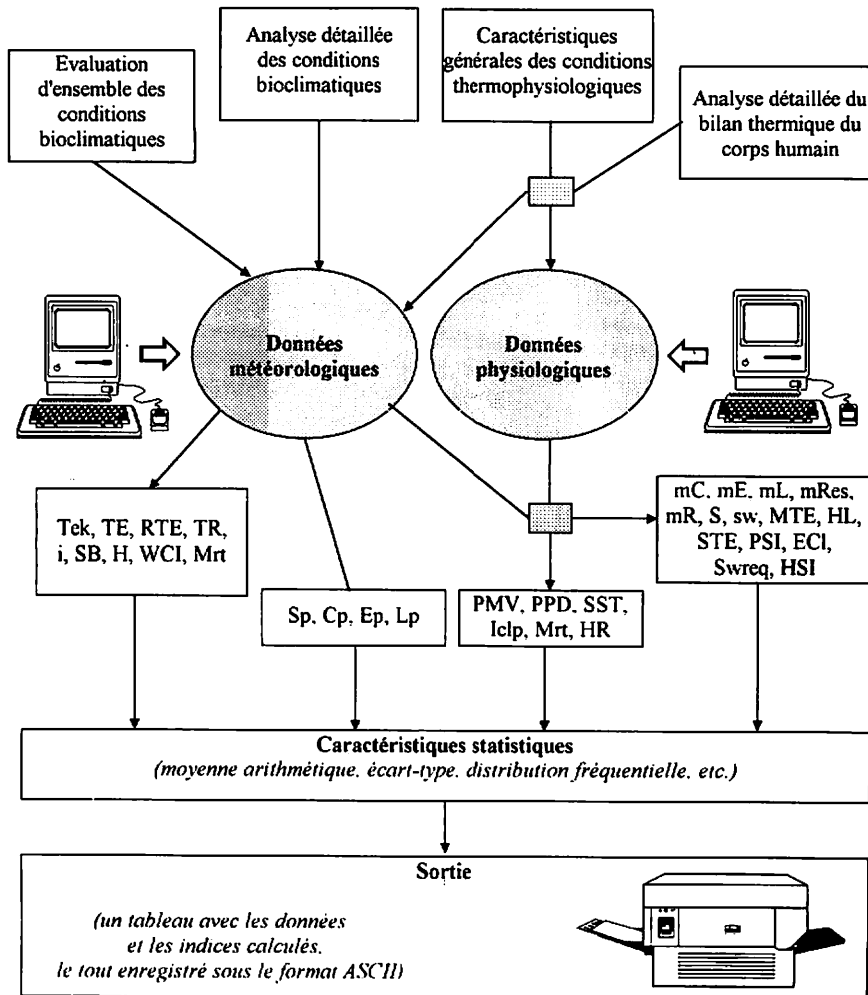


Fig. 1. - L'architecture d'ensemble du logiciel Bioklima™.

nements géographiques très variés. Au cours de ces recherches, la plupart des méthodes et des indices disponibles ont été testés, y compris la construction du bilan thermique du corps humain pour laquelle l'auteur a mis au point un modèle complexe (Menex), dont ont ensuite été tirés plusieurs indices de maniement plus simple [3], qui ont bien entendu été introduits dans le logiciel présenté ici.

Exécutable sous Dos, Bioklima™ poursuit l'ambition de répondre aussi bien aux besoins des chercheurs expérimentés qu'à ceux des débutants, qui font leurs toutes premières armes dans le domaine de la bioclimatologie humaine. Pour ces derniers a notamment été prévue une aide dans le choix des indices les mieux adaptés à la fois aux objectifs poursuivis et aux données disponibles. L'architecture générale du programme est détaillée sur la figure 1.

## DESCRIPTION DU LOGICIEL

La première opération requise par Bioklima™ consiste en la définition du but assigné à la recherche. Quatre options sont proposées, étant entendu que le choix peut ensuite être modifié à tout moment au cours de l'exécution du programme :

- Évaluation d'ensemble des conditions bioclimatiques,
- Analyse détaillée des conditions bioclimatiques,
- Caractéristiques générales des conditions thermophysiologicals,
- Analyse détaillée du bilan thermique du corps humain.

Une fois opéré ce premier choix, un menu s'ouvre où l'on sélectionne l'option « Entreprendre ». Les

TABLEAU I. – Les paramètres acceptés par le logiciel Bioklima™

Paramètre	Abréviation	Unité	Valeur par défaut (le cas échéant)
Albedo de la peau/des vêtements	ac	%	30
Albedo du sol	ag	%	17
Hauteur du soleil	hSI	°	(ou calculé à partir des données astronomiques et géographiques)
Humidité relative de l'air	f	%	–
Isolation thermique des vêtements	Icl	clo	1
Nébulosité	N	%	–
Pression atmosphérique	P	hPa	1 000
Tension de vapeur	e	hPa	–
Rayonnement solaire diffus	Kdif	W/m <sup>2</sup>	–
Rayonnement solaire direct	Kdir	W/m <sup>2</sup>	–
Rayonnement solaire global	Kglob	W/m <sup>2</sup>	–
Rayonnement solaire réfléchi	Kref	W/m <sup>2</sup>	(ou calculé à partir de Kglob et ag)
Sexe	sex		0 = masculin
Température de l'air	t	°C	–
Température de la peau	Ts	°C	(ou calculé à partir des paramètres météorologiques)
Température du sol	Tg	°C	(ou calculé à partir de t)
Type de nuages	c	–	0,6
Vitesse relative de l'air, liée au déplacement du sujet	v'	m/s	0
Vitesse du vent	v	m/s	–

débutants peuvent, là encore, obtenir une aide contextuelle. Le logiciel demande à l'utilisateur quelles sont les données dont il dispose (paramètres météorologiques et/ou paramètres physiologiques). En fonction de quoi il établit automatiquement la liste des indices calculables.

Les utilisateurs avertis (ou les novices, une fois qu'ils ont été informés des possibilités qui leur sont offertes) peuvent passer à l'édition des données et à la sélection de l'indice ou des indices dont ils demandent le calcul. Les données peuvent être soit entrées directement au clavier, soit lues à partir d'une disquette ou d'un disque dur sous forme de fichier ASCII. Le programme travaille avec deux tableaux, chacun comportant un maximum de 35 colonnes et 465 lignes. Dans toute la mesure du possible, les lacunes sont automatiquement comblées par le programme, qui utilise à cette fin des « valeurs par défaut », en principe fixées une fois pour toutes (30 % pour l'albedo de la peau ou des vêtements, 1 000 hPa pour la pression atmosphérique, etc.). Mais il est évident qu'il ne saurait y avoir de telles valeurs prédéfinies pour les dispositions thermiques, hygrométriques, radiatives ou anémométriques. Dans certains cas le logiciel peut aussi, à partir des données disponibles, procéder au calcul approché des variables manquantes (par exemple le rayonnement solaire réfléchi, à partir du rayonnement global et de l'albedo du sol). Enfin, Bioklima™ est capable de déterminer la hauteur du soleil

au-dessus de l'horizon, lorsqu'elle est nécessaire à l'évaluation d'un indice; or elle est, en particulier, indispensable quand on veut estimer le bilan énergétique du corps humain. Pour ce faire, il convient d'insérer dans un des tableaux une colonne vide, que l'on nommera hSI (abréviation de la hauteur du soleil). Lorsqu'aucune donnée n'a été introduite dans cette colonne, une boîte de dialogue s'affiche à l'écran pendant l'exécution du programme, et l'utilisateur doit alors taper la latitude du lieu, l'hémisphère (N ou S) dans lequel il se trouve, ainsi que la date et l'heure de la mesure.

La liste de tous les paramètres acceptés par le logiciel, avec leurs abréviations et les unités correspondantes, est rassemblée sur le tableau I.

Bioklima™ propose ensuite l'évaluation d'un ou de plusieurs indices appropriés, en tenant compte de l'objectif assigné à la recherche et de l'éventail des données disponibles. On trouvera sur le tableau II le catalogue des indices que le logiciel, en son état actuel, est capable de fournir. Ils peuvent être classés de différentes manières :

– Compte tenu de la nature des données nécessaires aux calculs, on distinguera des indices *biométéorologiques* (qui requièrent uniquement des paramètres définissant l'état de l'atmosphère, donc en principe exploitables à partir des mesures réalisées en routine dans toute station météorologique complète) et des indices

TABLEAU II. – Les indices calculables par le logiciel Bioklimat™

Abréviation	Indice	Unités
<b>I. INDICES BIOMÉTÉOROLOGIQUES</b>		
<i>a) spécifiques des milieux froids</i>		
<b>TR</b>	Température réduite (°C)	°C
<b>WCI</b>	Indice de refroidissement éolien ( <i>Wind Chill Index</i> )	W/m <sup>2</sup>
<b>SB</b>	Sévérité du temps de Bodman	-
<i>b) universels</i>		
<b>Tek</b>	Température équivalente	°C
<b>TE</b>	Température effective	°C
<b>RTE</b>	Température effective-radiative	°C
<b>Mrt</b>	Température moy. de rayonnement ( <i>Mean Radiant Temperature</i> )	°C
<b>i</b>	Enthalpie de l'air	kJ/kg
<b>H</b>	Pouvoir réfrigérant de l'air ( <i>Cooling Power</i> )	W/m <sup>2</sup>
<b>Sp</b>	Bilan thermique estimé du corps humain ( <i>Predicted Heat Storage</i> )	W/m <sup>2</sup>
<b>Cp</b>	Perte estimée de chaleur par convection	W/m <sup>2</sup>
<b>Ep</b>	Perte estimée de chaleur par évaporation	W/m <sup>2</sup>
<b>Lp</b>	Perte estimée de chaleur par radiation	W/m <sup>2</sup>
<b>II. INDICES THERMOPHYSIOLOGIQUES</b>		
<i>a) spécifiques des milieux froids</i>		
<b>ECI</b>	Isolation vestimentaire attendue	clo
<b>IcIp</b>	Isolation vestimentaire prévue	clo
<i>b) utilisables dans des milieux thermiquement modérés</i>		
<b>PMV</b>	Appréciation moyenne prévue ( <i>Predicted Mean Vote</i> [4])	-
<b>PPD</b>	Pourcentage prévu d'Insatisfaction ( <i>Predicted Percentage of Dissatisfied</i> )	%
<i>c) utilisables dans des milieux chauds</i>		
<b>SWreq</b>	Indice de la sudation requise ( <i>Sweating required</i> )	W/m <sup>2</sup>
<b>HSI</b>	Indice de contrainte thermique ( <i>Heat Stress Index</i> )	%
<b>HR</b>	Fréquence cardiaque ( <i>Heart Rate</i> )	battements/min
<i>d) utilisables partout</i>		
<b>S</b>	Bilan thermique résultant ( <i>Net Heat Storage</i> )	W/m <sup>2</sup>
<b>PSI</b>	Bilan thermique potentiel ( <i>Potential Storage Index</i> )	W/m <sup>2</sup>
<b>STE</b>	Température cutanée équilibrant le bilan thermique ( <i>Skin Temperature Equilibrating Heat Balance</i> )	°C
<b>R</b>	Rayonnement solaire absorbé	W/m <sup>2</sup>
<b>mC</b>	Perte de chaleur par convection	W/m <sup>2</sup>
<b>mE</b>	Perte de chaleur par évaporation	W/m <sup>2</sup>
<b>mL</b>	Perte de chaleur par radiation	W/m <sup>2</sup>
<b>mRes</b>	Perte de chaleur par respiration	W/m <sup>2</sup>
<b>MTE</b>	Temps maximal d'exposition ( <i>Maximal Time of Exposure</i> )	min
<b>sw</b>	Perte d'eau de l'organisme humain ( <i>Water Loss</i> )	g/h
<b>HL</b>	Surcharge calorique du corps ( <i>Heat Load</i> )	-
<b>SST</b>	Equivalent de la température standardisée ( <i>Still Shade Temperature</i> )	°C

*thermophysiologicals* (qui réclament, en outre, un certain nombre de variables relatives au corps humain et qui, par conséquent, nécessitent des mesures spécifiques).

– En référence à leur domaine d'application, la distinction se fera au contraire entre des indices *universels* (utilisables en toutes circonstances, partout à la surface du globe) et des indices *réservés à certains milieux* (ambiances froides, thermiquement modérées ou chaudes, suivant le cas).

Une fois que l'utilisateur a fait son choix, en utilisant la touche ESPACE, qu'il a sélectionné ceux des indices dont il veut connaître les valeurs et qu'il a le cas échéant fourni, à la demande, quelques autres informations, le programme effectue l'ensemble des calculs et affiche les résultats dans un des tableaux (choisi au préalable).

Une possibilité complémentaire est le calcul des principales caractéristiques statistiques d'un ensemble de données ou d'indices : moyenne arithmétique, écart-type, distribution fréquentielle dans différentes classes dont le nombre, les bornes et les intervalles sont définis automatiquement ou fixés au cas par cas par l'utilisateur...

Au même titre que les données de base, les résultats de l'analyse statistique et les indices calculés peuvent être enregistrés sous la forme d'un fichier texte ASCII, qui donne la possibilité de les importer ensuite dans un tableur ou dans tout autre logiciel, pour effectuer des calculs plus sophistiqués ou pour réaliser une présentation graphique.

Précisons pour terminer que Bioklima™ est un produit « ouvert », ce qui signifie que des modules supplémentaires, permettant d'obtenir de nouveaux indices, peuvent être facilement ajoutés au programme.

## CONCLUSION

La grande diversité des données prises en compte et des indices susceptibles d'être obtenus, tant biométéorologiques que thermophysiologicals, fait de Bioklima™ un outil de portée très générale, capable de répondre aux besoins de l'immense majorité des utilisateurs, tant dans le domaine de la recherche fondamentale que dans celui des applications concrètes et de l'enseignement.

## RÉFÉRENCES

1. Belding H.S., Hatch T.F. – Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strain. *Heat, Pip. and Air Condition*, 1955, 27, 129-136.
2. Blazejczyk K., Blazejczyk M. – Bioklima, un nouvel outil de la recherche bioclimatique. *Publ. Ass. Int. Climatol.*, 1996, 9, 173-177.
3. Blazejczyk K., Krawczyk B. – Bioclimatic research of the human heat balance. *Zeszyty Inst. Geogr. i Przestr. Zagosp.*, 1994, 28, 7-58.
4. Fanger P.O. – *Thermal comfort*. Copenhagen, Danish Technical Press, 1970.
5. Freitas C.R. de . – Recreation climate assessment. *Int. J. Climatol.*, 1990, 10, 89-103.
6. Kozłowska-Szczesna T., Blazejczyk K., Krawczyk B. – *Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski*. Varsovie, Igiż Pan, Monographie 1, 1997.
7. Parsons K.C. – *Human thermal environments*. Londres, Taylor & Francis Publ., 1993.

# Les fronts et leurs possibles effets sur la santé

M. LAAIDI \*

(Dijon)

---

## RÉSUMÉ

Quand deux masses d'air entrent en contact, par exemple l'air polaire et l'air tropical, elles ne se mélangent pas aussitôt, mais restent séparées par une surface de discontinuité que l'on appelle une surface frontale. Le terme de front s'applique à la ligne d'intersection de cette surface avec le sol. Si l'air chaud repousse et surmonte l'air froid, il s'agit d'un front chaud ; si l'air froid s'avance en bousculant et en soulevant l'air chaud, il s'agit d'un front froid. Le contraste de température et, par suite, de densité affecte le champ de pression et de vent. La littérature biométéorologique est riche d'études qui montrent une influence, apparemment significative, des discontinuités atmosphériques sur diverses maladies et sur la mortalité, mais les résultats sont en partie contradictoires. Sans doute les effets biologiques sont-ils principalement dus aux changements brutaux subis après le passage d'un front par différents paramètres physiques (et, éventuellement, chimiques) de l'environnement. Ces effets biologiques sont largement tributaires de ce que l'on appelle l'activité des fronts (vitesse de déplacement, ampleur de la hausse ou de la baisse de la pression barométrique et de la température, degré de perturbation du champ électrique de l'atmosphère). Il faut de toute façon se garder d'une généralisation excessive.

**Mots clés :** Météorologie – Front – Météoropathologie – Santé – Mortalité.

---

## SUMMARY

**Weather fronts and their possible effects on health.** – When two air masses meet, e.g. polar and tropical, they usually do not mix directly but remain separated by a surface of discontinuity known as a frontal surface. The line of intersection of this surface with the earth is called a front. If warm air moves towards and over an area with cold air there is a warm front; if cold air moves towards and beneath an area of warm air there is a cold front. The contrast in temperature and, therefore, in density affects the pressure and wind fields. The biometeorological literature is replete with studies which show influence of atmospheric discontinuities, with apparent statistical significance, on various diseases and on mortality, yet results are partly contradictory. Probably the biological effects are mainly due to the sudden changes of various physical (and perhaps chemical) parameters in the environment after the passage of a front. These biological effects greatly vary with what is termed the activity of the fronts (speed of movement, degree of rise or fall of barometric pressure and temperature, degree of disturbance of the electrical field of the atmosphere). In any case one must be wary of generalizing to excess.

**Key words :** Meteorology – Weather Front – Meteoropathology – Health – Mortality.

---

C'est, semble-t-il, en 1931 que la responsabilité des passages frontaux a été pour la première fois suspectée, et même partiellement démontrée, à l'origine de diverses manifestations pathologiques aiguës ou subaiguës [7]. Depuis lors, la nocivité des fronts est devenue un véritable lieu commun de la recherche météoropathologique internationale [6, 7, 10, 19, 20], sans pour autant que toutes les ambiguïtés du concept aient

pu être définitivement levées. Mais qu'est-ce, au juste, qu'un front ? En existe-t-il de différents types ? Ceux-ci ont-ils tous les mêmes effets ? Et a-t-on une idée des raisons pour lesquelles ces phénomènes météorologiques sont susceptibles d'affecter la santé ? Telles sont quelques-unes des questions que l'on se propose d'aborder ici, à travers un petit nombre d'exemples tirés de la littérature, et en nous limitant au plus typique de tous les fronts : celui que l'on a pris l'habitude, plus ou moins justifiée, d'appeler *polaire* et qui balaie presque en permanence les régions tempérées des latitudes moyennes.

---

\* GDR Climat et Santé, Faculté de Médecine, 7, boulevard Jeanne-d'Arc, 21033 DIJON Cedex.

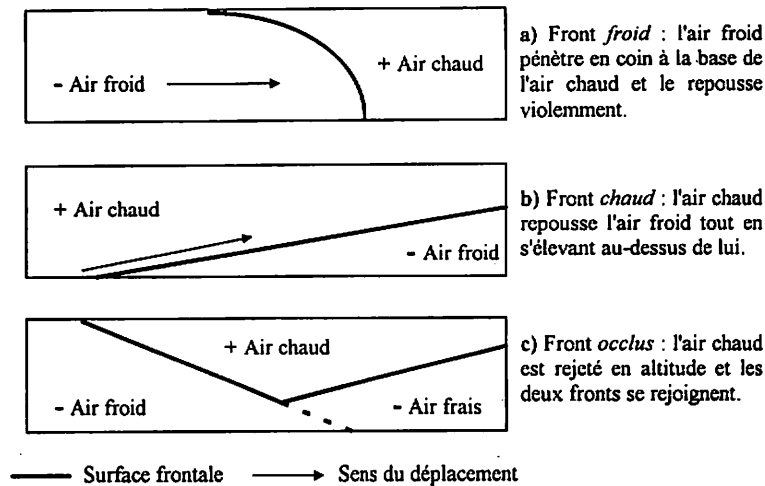


Fig. 1. - Coupes verticales d'un front.

### QU'EST-CE QU'UN FRONT ?

Quand des particules d'air séjournent un certain temps sur une aire géographique déterminée, possédant des propriétés physiques relativement homogènes, elles finissent par acquérir des caractéristiques semblables, en rapport avec celles de l'espace sous-jacent. Ainsi naît une *masse d'air*, véritable entité atmosphérique qui se distingue de ses voisines par sa stabilité, par sa densité, par sa température et par son humidité (relative ou plus encore, absolue). Ses dimensions se chiffrent en centaines ou en milliers de kilomètres dans le plan horizontal, en centaines ou en milliers de mètres dans le plan vertical. Qu'elles soient arctiques, polaires ou tropicales, maritimes ou continentales, les masses d'air sont ensuite entraînées dans la circulation générale de l'atmosphère et ainsi amenées à se transformer, voire à se dénaturer sous l'action des contraintes dynamiques qu'elles subissent et des échanges énergétiques qu'elles entretiennent avec le substratum, tout au long de leur parcours. Mais ces échanges restent suffisamment lents et progressifs pour que les masses d'air conservent longtemps leur individualité : elles sont souvent encore identifiables à plusieurs milliers de kilomètres du lieu où elles se sont élaborées [3].

De fait quand deux fluides de propriétés différentes entrent en contact ils ne se mélangent pour ainsi dire jamais immédiatement mais se juxtaposent et, le cas échéant, se superposent : ils restent un certain temps séparés par une « zone » de transition, relativement peu étendue, que l'on assimile à une *surface de discontinuité* à l'intérieur de laquelle les gradients sont très marqués. Il en va de même pour deux masses d'air. Soit l'exemple de l'Europe occidentale. Sous

l'influence du minimum dépressionnaire d'Islande, l'air froid, formé dans les régions polaires, s'écoule par intermittence vers des latitudes plus méridionales. L'air tropical, originaire des parties chaudes des océans, s'avance en direction des latitudes moyennes dans les courants de SW commandés par l'anticyclone quasi permanent des Açores. Lorsque ces deux masses d'air arrivent en contact l'une de l'autre, leur surface de séparation, inclinée selon une pente moyenne de 0,1 à 10 p. cent, s'appelle *surface frontale*, le *front* proprement dit étant l'intersection de cette surface avec le sol. Bien qu'il soit d'ordinaire grossièrement zonal (c'est-à-dire orienté selon les parallèles, d'ouest en est), le tracé du front présente, d'une part, des ondulations reflétant l'effet alterné des poussées de l'air polaire vers le sud et de l'air tropical en sens inverse, d'autre part des indentations irrégulières liées aux accidents majeurs du relief. Accompagnant le déplacement relatif des masses d'air en présence, le front polaire peut subsister longtemps. Il présente une oscillation saisonnière, qui lui fait suivre plus ou moins le mouvement apparent du soleil : en été, il se situe souvent à la latitude de la Scandinavie, alors que l'hiver le voit descendre sur les régions méditerranéennes. De part et d'autre du front, dont l'épaisseur moyenne ne dépasse pas quelques centaines de mètres, le temps qu'il fait peut changer radicalement, tous les paramètres météorologiques étant concernés.

Pour des raisons évidentes de densité, l'air froid étant plus lourd que l'air chaud, la masse d'air polaire s'enfonce à la façon d'un coin sous l'air tropical, qui se trouve ainsi soulevé avec plus ou moins de vigueur selon la vitesse des vents et selon l'importance du contraste thermique entre les deux masses d'air adjacentes. Trois cas doivent cependant être distingués :



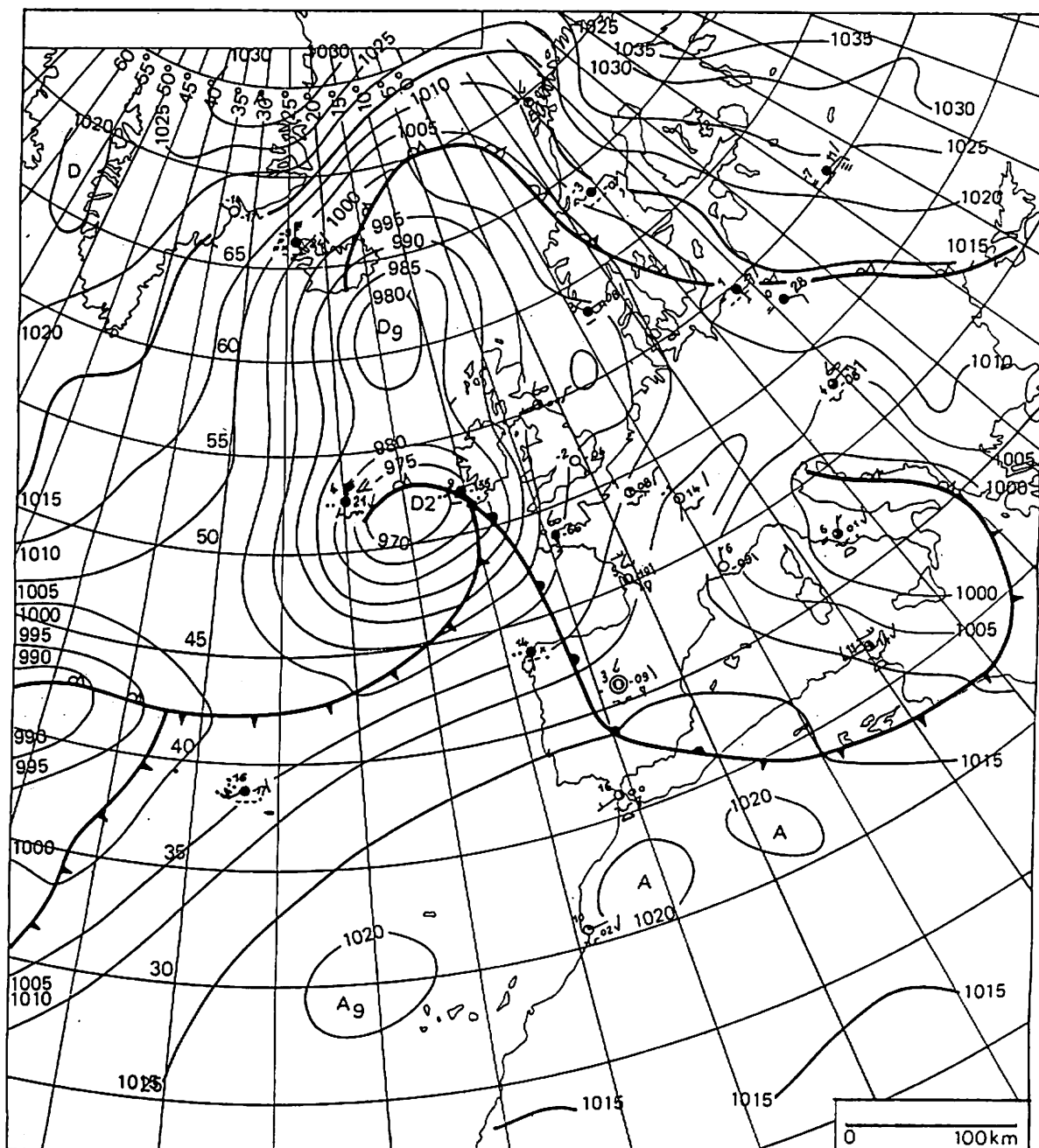


Fig. 2. - Carte du temps du 17 janvier 1969 à 6 heures TU [9]. On reconnaît un front froid sur l'Atlantique, un front chaud au large des côtes françaises et sur l'Espagne, enfin un front occlus de l'Islande à la Scandinavie.

- Quand l'air froid s'avance en bousculant l'air chaud et en le contraignant à s'élever, on a affaire à un *front froid* (fig. 1a) matérialisé sur les cartes du temps (fig. 2) par des barbules dont les piquants pointent du côté vers lequel le front se déplace).

- Au contraire, quand l'air chaud chevauche et repousse l'air froid, plus lourd, il s'agit d'un *front chaud*

(fig. 1b), dont la pente est beaucoup moins raide et qui est représenté par des demi-cercles.

- Enfin, il arrive que de l'air chaud soit coincé entre deux masses d'air froid et rejeté en altitude ; l'axe de la vallée chaude ainsi formée constitue une *occlusion* ou un *front occlus* (fig. 1c), symbolisé par une alternance de pointes et de demi-cercles.

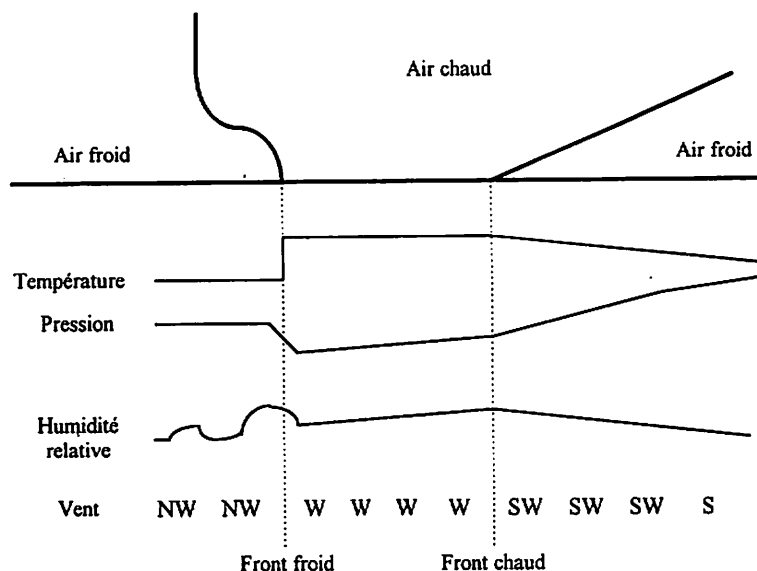


Fig. 3. - Évolution des principaux paramètres météorologiques au passage d'un système frontal.

L'ensemble front chaud-front froid forme une *perturbation*, laquelle n'est rien d'autre qu'une dépression formée le long du front<sup>1</sup>, véritable poche d'air chaud au sein d'une masse d'air froid, le tout en mouvement, escorté de vents tourbillonnaires et d'un système nuageux apportant des précipitations. Chacun des stades de la perturbation détermine un type de temps spécifique [3, 17] (fig. 3) :

- Lorsque l'air chaud, en progressant, s'élève au-dessus de l'air froid, son humidité se condense et l'on voit apparaître dans le ciel clair de légers filaments nuageux (cirrus d'altitude) se soudant progressivement en un voile de nuages moins élevés (cirrostratus). C'est la *tête* du système nuageux.

- Puis la couverture devient plus basse et plus épaisse, les bataillons de gros nuages stratifiés porteurs de précipitations (altostratus et nimbostratus) constituant le *corps* du système perturbé. La pluie accompagne, parfois de longues heures durant, le défilé de ces nuages bas et gris, en avant de la trace au sol du front chaud.

- Le passage de ce dernier amène une élévation de la température, une baisse de la pression et une rotation du vent, qui passe du S au SW ou à l'W.

- A l'arrière du front chaud, des éclaircies donnent des trouées de ciel bleu, alternant avec de la bruine.

1. Il doit néanmoins être bien entendu que si les deux masses d'air en présence ne se déplacent pas à grande vitesse et ne présentent pas de forts contrastes thermo-hygrométriques, le front, peu actif, ne s'accompagne d'aucune perturbation et reste « invisible ». Il en va de même lorsque les deux flux (chaud et froid) sont plus ou moins parallèles : le front est alors dit *stationnaire*, il est fait d'une succession de fronts chauds et de fronts froids.

Mais l'air froid, dense, commence alors à se glisser en coin sous l'air chaud qui s'élève rapidement, rendu particulièrement instable par cette poussée. Cela fait naître une nouvelle zone de condensation et de précipitations continues par nuages compacts de l'étage moyen (nimbostratus, altostratus), puis d'averses sous de gros nuages cotonneux (cumulus) ou bourgeonnants (cumulo-nimbus), parfois avec des grains et de l'orage. Toutefois, la pente abrupte du front froid et l'instabilité atmosphérique expliquent la relative brièveté des averses, en situation de *trainé*.

- Le passage du front froid se traduit par une baisse sensible de la température, une hausse rapide de la pression et une nouvelle giration du vent, qui s'installe cette fois au NW. Ce retour de l'air frais ou froid et le « lavage » du ciel qui l'accompagne annonce une amélioration du temps : la perturbation disparaît par élimination de l'air chaud. En effet, ce dernier, léger, peine pour refouler l'air froid à l'avant de la perturbation. Aussi le front froid, de progression plus rapide, finit-il par rejoindre le front chaud et rejeter l'air chaud en altitude. La dépression s'est alors comblée : il y a *occlusion*.

- Le même scénario reprend avec la perturbation suivante (puisque, en général, les perturbations se groupent en *familles*, ou *trains*, de trois ou plus, qui suivent sensiblement le même trajet à la même vitesse, leur succession le long du front polaire expliquant la variabilité du temps aux latitudes moyennes).

Le dispositif que l'on vient de décrire se reproduit régulièrement dans l'axe principal de la perturbation. Mais il est altéré sur ses marges, où le défilé des nuages perd une partie de ses éléments.

De toute manière, la simplicité du schéma ne doit pas faire illusion, et la quasi-totalité des auteurs considèrent aujourd'hui que la notion même de front polaire mérite d'être sérieusement révisée [13, 14], sinon abandonnée [11, 18]. Pendant longtemps, en effet, l'image qui s'est imposée était celle d'une discontinuité ininterrompue entre deux masses d'air homogènes, l'une polaire et l'autre tropicale. Or, ce scénario idéal ne résiste pas à la critique :

– D'une part, la discontinuité ne forme pas une ceinture franche et continue faisant le tour du globe et elle ne s'installe jamais durablement sur une région : tout, dans l'atmosphère, est mobile. Il ne faut donc pas voir le *front polaire* comme une frontière unique, rigide et précise, mais plutôt comme une zone de conflit, avec plusieurs guirlandes frontales fragmentées, au tracé irrégulier, fluctuant du jour au lendemain, où tantôt l'une, tantôt l'autre des masses d'air qui s'affrontent pousse son avantage.

– D'autre part, dans nos régions, les fronts sont le plus souvent établis au sein même de l'air polaire, le contact se faisant alors entre deux masses d'air de même origine, la première ayant eu une trajectoire assez directe, donc rapide, qui ne lui a pas permis de beaucoup évoluer, tandis que la seconde, au terme d'un long parcours sur l'océan, s'est réchauffée et a peu à peu perdu nombre de ses caractères originels.

Mais si cette remise en cause des explications classiques revêt une importance capitale en physique de l'atmosphère et pour la prévision météorologique, elle n'a qu'une faible incidence lorsque l'on considère les fronts d'un point de vue biomédical.

## PASSAGES FRONTAUX ET SANTÉ

Innombrables sont les études qui font état d'une diminution des facultés de concentration, d'une augmentation de la nervosité, ainsi que d'une recrudescence des maladies les plus variées et/ou de la mortalité lors du passage d'un front. Écoutons par exemple Attali [1] : « A l'approche de masses d'air froid notre organisme se réveille et mobilise tous les moyens de lutte dont il dispose : le glycogène du foie se transforme en sucre, la tension artérielle augmente, la tonicité des tissus musculaires se renforce, le métabolisme général s'accélère. Après le passage du front, l'organisme, cherchant à retrouver son équilibre, est entraîné dans la direction opposée : on assiste alors à une baisse de tension, à un relâchement des muscles, à un afflux du sang vers la surface du corps, etc., et le cycle est révolu. Ce va-et-vient ne sera peut-être pas trop ressenti par un organisme sain, mais il en va tout autrement pour un sujet affaibli ou malade ». L'auteur illustre son propos par le risque accru d'issues fatales, dans l'œdème aigu du poumon, au passage d'un front chaud. Les biométéorologistes de langue germanique (Allemands, Suisses, Autrichiens) se sont tout parti-

culièrement illustrés dans cette branche de la recherche [4, 6, 7, 10, 15, 16, 21]. Très souvent, d'ailleurs, les résultats obtenus sont présentés comme hautement significatifs, spécialement dans le cas des accidents cérébrovasculaires et des crises d'asthme, un peu moins à propos de l'infarctus du myocarde, des hémorragies digestives, des crises d'épilepsie ou des maladies mentales. Mais par-delà cette unanimité de façade, le dépouillement de la littérature fait ressortir de multiples contradictions dès que sont abordés, soit les effets respectifs de différents types de fronts, soit les éléments d'explication des phénomènes constatés.

### Une surmorbidity et une surmortalité sont-elles associées aux passages frontaux ?

La revue de la littérature faite par Tromp [19, 20] à propos de pathologies très variées révèle que, si la majorité des auteurs a incriminé le passage des fronts froids, un petit nombre n'a reconnu de nocivité qu'aux fronts chauds. Mais il en est aussi qui ont attribué une égale responsabilité aux deux types de discontinuités, et d'autres enfin qui ont conclu à la totale innocuité des fronts, quels qu'ils soient<sup>2</sup>. Le désaccord est saisissant entre les conclusions de diverses études qui, pourtant, semblent avoir été conduites avec la même rigueur et qui, de surcroît, utilisent des méthodes très voisines. Ainsi, les fronts froids isolés ont été mis en cause, en Allemagne, dans 87 p. cent des décès par maladies coronariennes et, aux Pays-Bas, dans presque 100 p. cent des crises d'asthme [19, 20]. Mais ces résultats sont contredits par l'analyse de la mortalité survenue aux États-Unis, entre le 16 octobre et le 6 novembre 1963 [8]. La période a été marquée par l'une des plus fortes vagues de chaleur jamais enregistrées en automne puis, du 24 au 29 octobre, par le passage d'un front froid d'une rare vigueur, qui a pris en écharpe la presque totalité du territoire américain du NW au SE et a été suivi d'un changement radical des conditions météorologiques : en 48 heures, bien que les précipitations soient restées modérées, la température a partout baissé d'une valeur comprise entre 8,3 et 11,1°C. Il n'empêche que ni la mortalité générale (toutes causes confondues) ni la mortalité par accidents vasculaires cérébraux (ou par quelque autre cause que ce soit) n'ont présenté de différences significatives entre les jours précédant le passage du front, ceux qui l'ont vu passer et ceux qui l'ont suivi. On en vient à se demander si un front isolé, quand bien même le contraste des masses d'air est exceptionnellement vigoureux, n'a pas des effets moindres que le passage de plusieurs discontinuités successives, si modestes soient-elles.

De fait les travaux de Kveton [12], relatifs à l'infarctus du myocarde mais facilement transposables à

2. A notre connaissance, il n'est cependant pas une seule étude qui ait abouti à la mise en évidence d'une sous-morbidity ou d'une sous-mortalité lors des passages frontaux.

d'autres pathologies, attirent l'attention sur la nécessité de replacer les fronts dans leur contexte météorologique lorsque l'on veut en évaluer les effets sur la santé. Tout autant que la différenciation thermohygro-métrique des masses d'air qui s'affrontent, interviennent l'intervalle de temps séparant deux passages frontaux et leurs caractères respectifs. La succession d'un front chaud et d'un front froid n'aurait ainsi que peu de points communs avec l'alternance inverse. De même, un front chaud accroîtrait la morbidité d'au moins 30 p. cent lorsque les vingt-quatre heures précédentes se sont déroulées dans une masse d'air homogène, mais n'aurait pratiquement aucun effet pathogène lorsqu'il a été précédé, deux ou trois heures plus tôt, d'un front froid.

Les résultats présentés par Primault [15, 16] plaident un peu dans le même sens, en incitant à l'adoption d'un pas de temps particulièrement fin. En effet, chaque pathologie ou presque verrait son taux d'incidence augmenter brutalement à un stade précis du passage d'une perturbation, et uniquement à ce stade. C'est ainsi que les accidents cardiaques liés à l'athérosclérose demeureraient rares, pour ne pas dire inexistant, dans l'intervalle des fronts, à la seule condition que ceux-ci ne soient pas trop rapprochés, mais sans que cela exclue deux courts moments (de quelques dizaines de minutes chacun) où le risque de crises graves, voire d'accidents mortels, est puissamment renforcé : le premier se place *juste avant le passage du front chaud* [4, 21], le second, sans doute encore plus nocif, *juste après le passage du front froid*. Or entre ces deux passages, il ne s'écoule parfois que très peu de temps, notamment au voisinage du point d'occlusion, et l'hypothèse a été avancée que cela pourrait expliquer pourquoi certains malades, après avoir apparemment bien surmonté une première crise, en font une seconde qui, elle, s'avère fatale... Pour d'autres pathologies, les moments critiques se situent différemment :

- les asthmatiques, soulagés ou non au passage du front chaud, avec une forte variabilité inter-individuelle, étouffent quasiment tous lorsqu'arrive le front froid.

- La sensibilité à la douleur est exacerbée un peu avant le front chaud, et demeure vive jusqu'après le front froid, où elle diminue brutalement. Ceci se vérifierait tout spécialement dans les douleurs cicatricielles et les douleurs fantômes des amputés.

- Pour les migraines et les céphalées, mais aussi pour les accidents de la route et du travail, les risques majeurs ont été identifiés à l'avant du front chaud.

- Pour les hémorragies cérébrales, c'est tout l'intervalle séparant les deux fronts qui semble critique.

On pourrait allonger cette liste presque à l'infini. Mais constater la concomitance de certains phénomènes pathologiques avec telle ou telle situation météorologique ne saurait constituer que le point de départ d'une réflexion, dont le terme doit être une tentative d'explication.

## Les hypothèses en présence

Lors du passage d'un système frontal, on l'a vu, tous les éléments météorologiques sont affectés, ce qui rend évidemment difficile l'identification du ou des véritable(s) agent(s) pathogène(s).

- A l'avant du front chaud, la *pression atmosphérique* diminue, à un rythme d'autant plus rapide que la dépression qui accompagne la perturbation est plus creusée et de plus petite taille. Par situation tempétueuse, la baisse peut atteindre 30 hPa, et l'on s'accorderait il y a un demi-siècle à voir en elle la cause de tous les maux. Mais cette idée n'est plus guère acceptée aujourd'hui : comme le remarque Clause [5], à raison d'une décroissance de 1 hPa par 10 mètres de dénivellation, la simple ascension de la Tour Eiffel soumet l'organisme à une dépression d'ampleur comparable, en un temps beaucoup plus court (moins d'un quart d'heure, contre au moins douze heures pour l'arrivée au centre de la perturbation). De même, si la remontée de la pression est parfois assez brutale au passage du front froid (ce qui justifie l'ardeur avec laquelle le profane consulte son baromètre pour prévoir le temps qu'il va faire), le phénomène n'a rien de commun avec ce à quoi chacun de nous peut être exposé, sans risques apparents, en utilisant l'ascenseur pour redescendre de la Tour Eiffel.

- Il n'est pas sûr que les à-coups thermiques et hygro-métriques soient aussi inoffensifs, surtout lorsqu'ils se produisent simultanément. Au passage d'un front chaud, la *température* s'élève couramment de 2 à 4°C, mais le réchauffement s'opère alors de façon assez progressive et il doit laisser à l'organisme le temps de s'adapter. Mais, après le passage du secteur pluvieux de la perturbation, l'arrivée du front froid se traduit par une baisse thermique sans doute beaucoup plus difficile à supporter, du double fait de son amplitude (qui atteint couramment 4 à 8°C) et de sa brutalité (les bandes d'enregistrement des thermographes montrent parfois un tracé vertical, reflétant une chute quasi instantanée de la température, d'autant plus préjudiciable aux cardiaques, aux épileptiques et aux asthmatiques qu'elle va de pair avec un renforcement du vent). C'est peut-être ce qui explique pourquoi, après un front froid, les complications post-opératoires ont été reconnues deux fois plus fréquentes qu'après un front chaud, et quatre à cinq fois plus qu'au sein d'une masse d'air homogène [10]... Pour sa part l'*humidité*, aussi bien relative qu'absolue, augmente de façon assez brusque quelques instants avant le front chaud, pour se stabiliser très près de la saturation à son passage et diminuer le plus souvent de façon marquée à l'arrière du front froid.

- A partir d'un flux général de S à SW, le vent tend à s'orienter à l'W quelques instants avant l'arrivée du front chaud, puis à se renforcer en conservant cette direction dans l'intervalle qui sépare les deux fronts d'une perturbation. Après quoi, avec le front froid, le vent vire franchement au NW, tout en se

mettant à souffler par rafales assez fortes même si sa vitesse moyenne, intégrée sur dix minutes, n'augmente guère : il n'est pas exclu qu'une telle turbulence contribue à engendrer indispositions et malaises chez les sujets prédisposés.

– On sait encore peu de choses sur les perturbations introduites dans l'état électrique de l'atmosphère et dans son ionisation par l'affrontement des masses d'air. Des mesures ponctuelles laissent néanmoins entrevoir une augmentation de la concentration moyenne des gros ions (presque toujours positifs, excitants et irritants) à l'avant des fronts chauds et des petits ions (en principe négatifs, donc plutôt euphorisants et calmants) quand le vent souffle le plus fort et que l'air s'assèche, donc après le passage des fronts froids et en régime de traîne. En particulier, le rapport  $N^+/N^-$  des ions positifs aux ions négatifs présente souvent un pic assez proéminent au cours des deux heures qui précèdent l'arrivée d'un front chaud : ce sont là des dispositions défavorables à la santé, susceptibles d'entraîner une recrudescence de la dyspnée et une diminution de l'expectoration; les bronchitiques chroniques et nombre d'insuffisants respiratoires y sont très sensibles. En cas d'orage, le rapport  $N^+/N^-$  varie considérablement sur des intervalles de temps extrêmement courts.

– En dernier lieu, on n'oubliera pas que les passages frontaux, notamment les fronts chauds, se caractérisent par un considérable accroissement du nombre des décharges électriques, émettant des trains d'ondes électromagnétiques à très grande longueur d'onde, les sphériques, aux répercussions de moins en moins contestées sur l'équilibre neurovégétatif, tant chez l'individu sain que chez le malade. Le phénomène se concentre toutefois sur la période estivale (ou, accessoirement sur le printemps pour les fronts froids et sur l'automne pour les fronts chauds). Une piste de recherche intéressante pourrait donc consister à vérifier si, pour un même contraste de masses d'air, les fronts ont sur la santé des effets inégaux selon la saison.

## CONCLUSION

Les contradictions rencontrées dans les différentes études dépouillées appellent plusieurs remarques. En premier lieu la preuve n'a pas toujours été apportée, surtout dans les travaux les plus anciens, de la validité des traitements statistiques réalisés ; il arrive ainsi que les résultats présentés s'appuient sur un recueil d'anecdotes ou d'impressions subjectives. Dans d'autres cas, le doute reste permis quant à l'identification des différents régimes météorologiques, et l'on doit rester circonspect devant l'attitude qui consiste à éliminer les situations « douteuses », ne réalisant pas le schéma idéal : plus de la moitié des fronts finissent par être exclus de cette façon, ce qui fausse évidemment tous les calculs ultérieurs. Le pas de temps choisi ne semble

pas non plus avoir été toujours le plus satisfaisant : il s'avère tantôt trop court et tantôt trop long pour cerner vraiment l'effet des fronts.

Ces quelques points étant admis, la plus grande prudence reste nécessaire dans les interprétations et elle devrait, en particulier, dissuader tous les chercheurs d'incriminer tels quels les fronts. Nous voyons à cela trois raisons :

– La première tient à la fréquence de ces discontinuités, dans les climats tempérés des latitudes moyennes. Il serait bon que chacun médite la remarque de Berg [2] : « la constatation d'une corrélation de 100 p. cent entre une maladie déterminée et le passage d'un front atmosphérique n'est pas originale mais banale, quand les passages sont quotidiens. Cela semble l'évidence même. Mais dans la pratique, on risque souvent de prendre des résultats déjà connus pour des renseignements inédits ». Quel sens peut-on donner, par exemple, au constat que les fronts froids « expliquent » 85 p. cent des accidents cardiaques lorsqu'on leur assigne une épaisseur de temps telle que les périodes concernées couvrent... 85 p. cent de l'année ?

– La deuxième raison est que tous les fronts, y compris au sein d'une même perturbation, ne présentent pas les mêmes caractéristiques et, par suite, n'ont pas les mêmes répercussions sur les comportements ou sur les symptômes cliniques. Si l'on a reconnu une double nocivité aux fronts chauds et aux fronts froids à l'origine des accidents cardiaques, il semble désormais acquis que les paramètres en jeu ne sont absolument pas les mêmes. Le refroidissement brutal qui accompagne les seconds peut agir en authentique facteur déclenchant, surtout si on tient compte de l'évolution simultanée de l'humidité atmosphérique et de la vitesse du vent. Au contraire, pour les premiers, le rôle essentiel pourrait bien revenir aux conditions électriques, le plus solide argument étant que les accidents cardiaques se produisent majoritairement avant le passage du front chaud, à un moment où les paramètres conventionnels du climat ne trahissent encore aucune modification notable (alors qu'ils suivent immédiatement le front froid et surviennent au moment où le changement de temps est enregistré par les appareils). D'où la nécessité d'éviter toute généralisation abusive : ce n'est pas le phénomène frontal qui est en cause, mais tel ou tel type de front, prenant place dans telle ou telle séquence de types de temps.

– Enfin, une raison supplémentaire de faire preuve d'une grande prudence est que le temps agit toujours *locus minoris resistentiae* [10], en fonction des « faiblesses » et de la sensibilité de chacun : chez différents patients, selon leur constitution physique et leur état mental, la même situation météorologique peut s'avérer bénéfique ou maléfique, voire exercer alternativement ces deux influences [16].

On ajoutera, pour terminer, que tout ce qui vient d'être dit du front polaire doit pouvoir s'appliquer

aussi, *mutatis mutandis*, au front arctique qui, à de plus hautes latitudes, met en contact l'air arctique et l'air polaire. Il faut en revanche éviter toute transposition aux discontinuités existant aux basses latitudes, quel que soit le nom qu'on leur donne : front intertropical, convergence intertropicale, front des alizés, front de mousson, etc. En effet, les masses d'air contiguës ne présentent alors que de très faibles et presque insignifiants contrastes thermo-hygro-barométriques, mais plutôt des différences d'ordre dynamique (cisaillement de vent, différences de vitesse, etc.), et les discontinuités en question se révèlent plus perceptibles

en altitude, où souffle le jet stream subtropical, qu'en surface où le profil quasi vertical de la surface de contact entre les deux masses d'air témoigne de la faiblesse des écarts de densité. Quant au front méditerranéen, sa réalité contestée par certains auteurs n'est en tout état de cause qu'éphémère (en hiver entre l'air polaire continental froid et l'air méditerranéen doux, en été entre l'air atlantique frais et l'air méditerranéen surchauffé). C'est donc bien le front polaire des latitudes moyennes qui, du point de vue biomédical comme sous d'autres angles, est le plus à même de constituer un archétype.

#### RÉFÉRENCES

1. Attali F. – *Le temps qui tue, le temps qui guérit. Santé et météorologie.* Paris, Seuil, 1981.
2. Berg H. – La biométéorologie et l'homme. *La Météo*, 1956, 41, 1-19.
3. Berroir A. – *La météorologie.* Paris, PUF, 1986.
4. Brezowsky H. – Meteorologische und biologische Analysen nach der Tölzer Arbeitsmethode. *Meteorol. Rundschau*, 1965, 18, 132-143.
5. Clause R. – Initiation à la météorologie. *Bioclimat*, 1976, 11, 19-30 ; 1977, 12, 27-35.
6. Curry M. – *Bioklimatik.* Ammersee, Riederau, 1946.
7. De Rudder B. – *Grundriss einer Meteorobiologie des Menschen.* Berlin, Springer, 1952.
8. Driscoll D.M., Landsberg H.E. – Synoptic aspects of mortality. A case study. *Int. J. Biometeorol.*, 1967, 11, 323-328.
9. Escourrou G. – *Climatologie pratique.* Paris, Masson, 1978.
10. Faust V. – *Biometeorologie.* Stuttgart, Hippokrates Verlag, 1976.
11. Joly A. – Le front polaire : un concept dépassé qui a la vie dure. *La Recherche*, 1995, 26, 128-139.
12. Kveton V. – Weather fronts and acute myocardial infarction. *Int. J. Biometeorol.*, 1991, 35, 10-17.
13. Leroux M. – *La dynamique du temps et du climat.* Paris, Masson, 1996.
14. Pagny P. – *La climatologie*, 6<sup>e</sup> éd., Paris, PUF, 1995.
15. Primault B. – Des effets de la dynamique météorologique sur l'homme. *Schweiz. Arztezeitung*, 1979, 60, 769-775.
16. Primault B. – Les accidents cardiaques et le temps. *Arbeitsber. Schweiz. Meteorol. Zentralanst.*, 1981, 98, 1-15.
17. Roth G.D., Gillot-Pétré A. – *Guide de la météorologie.* Lausanne, Delachaux & Niestlé, 1996.
18. Thillet J.J., Joly A. – Débat sur le front polaire. *La Météo*, 1995, 12, 58-67.
19. Tromp S.W. – *Medical biometeorology.* Amsterdam, Elsevier, 1963.
20. Tromp S.W. – *Biometeorology.* Londres, Heyden, 1980.
21. Ungeheuer H. – Das menschliche Befinden bei verschiedenen Wettertypen. *Die Therapiewoche*, 1957, 7, 1-4.



**REVUE DU RHUMATISME ET SUPPLÉMENT PÉDAGOGIQUE**  
**ÉDITEUR : EXPANSION SCIENTIFIQUE PUBLICATIONS**  
**31, Boulevard de Latour Maubourg, 75007 PARIS**

**ADMINISTRATION-ABONNEMENT-PUBLICITÉ : Tél. 01.45.48.42.60**

Les abonnements sont payables au comptant et ne sont mis en service qu'à réception du règlement.  
 Pour toute réclamation ou changement d'adresse, prière de joindre la dernière bande et 5 F en timbres-poste.

		France	Étranger
<b>TARIF 1998</b> <b>(14 numéros)</b>	Abonnement simple	1 590 F	1 900 F
	Étudiants, CES	795 F	950 F
	• Membres de la Société Française de Rhumatologie	850 F	850 F
	• Membres des ligues étrangères	1 090 F	1 090 F

Les membres doivent verser directement leurs abonnements à l'EXPANSION SCIENTIFIQUE PUBLICATIONS, à l'exception des membres de la Société Belge de Rhumatologie qui doivent s'adresser à leur trésorier : Docteur P. GEUSENS, Société Royale de Rhumatologie, UZ Pellenberg, 3041 PELLENBERG.

# Les grands paroxysmes climatiques et leurs répercussions sur la santé

J.P. BESANCENOT \*

(*Dijon*)

---

## RÉSUMÉ

L'homme est normalement adapté au contexte climatique dans lequel il vit. Mais lorsque le temps qu'il fait s'écarte fortement des valeurs habituelles, les défenses naturelles de son organisme risquent de se trouver débordées, et il s'ensuit toutes sortes d'indispositions, voire de maladies. Ce sont ces phénomènes climatiques « hors norme » qui sont étudiés ici. Aux latitudes moyennes, l'accent est mis sur les grandes vagues de chaleur et froid. Aux basses latitudes, en dehors des cyclones tropicaux, il est à nouveau question de températures élevées, mais avec de grandes différences selon qu'il s'agit d'une chaleur sèche ou humide. La démonstration est ainsi faite que les grands paroxysmes climatiques constituent autant de risques majeurs pour la santé et pour la vie des sujets les plus fragiles. Mais les risques ne sont pas tant fonction des valeurs prises par tel ou tel élément du climat que de la vulnérabilité de celui qui doit y faire face. A partir du moment où l'on connaît les groupes de population les plus exposés et où l'on sait identifier les situations météorologiques les plus menaçantes, il devrait être relativement facile de mettre en place un système de prévision adéquat.

**Mots clés :** Météoropathologie – Paroxysme climatique – Vague de chaleur – Vague de froid – Cyclone tropical.

---

## SUMMARY

**Intense climatic paroxysms and health repercussions.** – Man is ordinarily adapted to his climatic environment. However, when weather conditions highly depart from the usual values, his natural means of defence may well be exceeded, and all kinds of indispositions or even of diseases may occur. We studied here these climatic phenomena that are « out of norm ». In the mid-latitude area, emphasis was put on intense heat or cold waves. In the low-latitude area, besides tropical cyclones, we considered high temperatures again, by distinguishing dry and wet heat. It would appear then that all intense climatic paroxysms are so many serious health risks or even life risks for the frailest people. But these hazards depend less on the values of some climatic element or other than on the vulnerability of the one which faces up to it. As soon as one knows which groups of people are the most exposed and which meteorological situations are the gravest threats to health, it should be quite easy to set up a suitable forecast device.

**Key words :** Meteoropathology – Climatic paroxysm – Heat wave – Cold wave – Tropical cyclone.

---

L'homme est normalement adapté au contexte climatique dans lequel il vit. Mais pour peu que le temps qu'il fait à un moment donné s'écarte des valeurs habituelles, les défenses naturelles de son organisme risquent de se trouver débordées, et il s'ensuit toutes sortes d'indispositions, voire de maladies. Si celles-ci restent le plus souvent bénignes, il arrive qu'elles prennent une ampleur redoutable, au point de conduire parfois à la mort... Ce sont ces phénomènes climatiques « hors norme », fortement agressifs à l'encontre

du corps humain, que l'on appelle des *paroxysmes* [1]. Référence faite à leurs répercussions possibles sur la santé, ils peuvent être de différents ordres et il ne saurait être question de les évoquer tous ici [2]. On se limitera donc à quelques exemples. Aux latitudes moyennes, bassin méditerranéen compris, l'accent sera mis sur les grandes vagues de chaleur et froid. Aux basses latitudes, il sera à nouveau question de la chaleur, mais avec de grandes différences selon qu'il s'agit d'une chaleur sèche de type saharien ou d'une chaleur humide de type équatorial. Et nous terminerons par ces météores d'une extrême violence que sont les cyclones tropicaux.

---

\* GDR Climat et Santé, Faculté de Médecine, 7, boulevard Jeanne-d'Arc, 21033 DIJON Cedex.

## LES PAROXYSMES CLIMATIQUES AUX LATITUDES MOYENNES

Dans l'aire d'extension des climats dits « tempérés », les paroxysmes les plus préjudiciables à la santé sont liés aux températures extrêmes : fortes chaleurs ou froids intenses.

### Les grandes vagues de chaleur

La chaleur est souvent considérée comme l'un des principaux attraits de l'été, voire comme un gage de santé : il suffit, pour s'en convaincre, d'observer les touristes qui prennent comme destination privilégiée les endroits les plus ensoleillés, lesquels sont presque toujours aussi les plus chauds. Il n'empêche qu'au-delà d'un certain seuil, d'ailleurs difficile à fixer avec précision [3], la chaleur commence à se transformer en une épreuve redoutable : on la dit pesante, accablante, étouffante, suffocante et, familièrement, « à crever »... Des chiffres affolants sont alors avancés quant au nombre des victimes, chiffres souvent incontrôlables, parfois contradictoires, tantôt minorés par crainte de semer la panique ou pour éviter de compromettre l'activité touristique, tantôt au contraire majorés par des médias en quête de spectaculaire à tout prix. Cela étant, il n'est jamais facile de dire avec certitude si une maladie ou un décès a bien été provoqué par la chaleur – et uniquement par elle. La seule chose dont on soit sûr, c'est qu'elle ne frappe pas n'importe qui, n'importe quand, ni n'importe où [4].

### Des décès en surnombre

Dans les derniers jours de juillet 1987, les journaux du monde entier ont fait leurs titres sur l'hécatombe qui se produisait en Grèce. En cinq jours et demi, alors que le thermomètre égalait un record absolu (43,6°C), les hôpitaux d'Athènes ont admis trois fois plus de malades qu'à l'habitude et recensé au moins 2 000 décès dus à la chaleur [5, 6, 7]. Il a fallu ouvrir des fosses communes dans les cimetières. Avec un peu plus de 3 600 victimes sur l'ensemble de la Grèce, cette vague de chaleur de 1987 ressort comme l'une des plus meurtrières du continent européen dans la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Elle n'est cependant qu'un exemple parmi d'autres. L'été 1976, où la canicule a été durement ressentie sur toute l'Europe occidentale, est encore dans toutes les mémoires. En France, une vingtaine de départements ont vu leur taux de mortalité s'élever à plus de 10 p. cent au-dessus des normes saisonnières [8]. La fin-juillet 1983 n'a pas toujours laissé le même souvenir. Pourtant, le Sud-Est de la France a alors connu la vague de chaleur la plus sévère jamais enregistrée depuis un siècle. On s'en tiendra à l'agglomération marseillaise [9], où les services de secours ont reçu deux fois plus d'appels qu'en temps

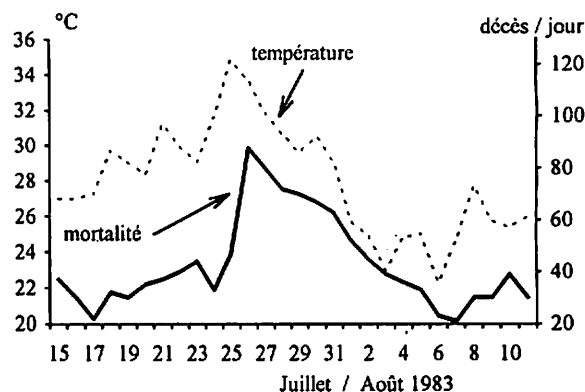


Fig. 1. – Évolution de la température maximale journalière et de la mortalité à Marseille, du 15 juillet au 11 août 1983.

normal, et presque 4 fois plus le jour le plus chaud. Le plus spectaculaire concerne cependant la mortalité. Durant les dix derniers jours de juillet, il meurt en moyenne à Marseille 273 personnes, mais du 21 au 31 juillet 1983, le nombre des décès a atteint 573 – ce qui signifie que la chaleur a tué environ 300 personnes. La courbe de la mortalité (fig. 1) suit rigoureusement, avec un jour de décalage, celle de la température.

On s'est souvent demandé si la chaleur ne faisait que précipiter la fin d'individus très mal en point, qui seraient morts en tout état de cause quelques jours ou quelques semaines plus tard. En fait, il n'est pas rare que les deux, trois ou quatre mois suivant une période caniculaire conservent des taux de décès excédentaires, quoique en diminution progressive. Dès lors, il ne fait guère de doute que la chaleur tue quantité de personnes qui, sans elle, auraient survécu – et survécu longtemps... Mais elle ne frappe pas indifféremment les populations exposées.

### Les principales cibles : des femmes âgées

Les diverses classes d'âge sont inégalement affectées. Les jeunes enfants (spécialement les petits prématurés) paient aux températures élevées un tribut réel, mais en général plus modéré qu'on ne l'imagine, et en recul rapide à mesure que s'étendent la surveillance médicale et l'information des parents sur les risques de déshydratation. Aujourd'hui, l'immense majorité des victimes appartient au troisième ou au quatrième âge. Ainsi à Marseille, fin juillet 1983, la surmortalité n'a pas dépassé 28 p. cent au-dessous de 60 ans, alors qu'elle atteignait 140 p. cent au-delà (et 243 % chez les nonagénaires !). Le constat pourrait être répété à l'occasion de toutes les grandes vagues de chaleur. Ce n'est donc pas un hasard si, en Ile-de-France, les localités qui ont les plus forts contingents de retraités, comme Neuilly-sur-Seine ou Versailles, ont figuré en 1976 parmi les plus touchées [10].



Les victimes se répartissent tout aussi inégalement selon le sexe. On compte 102 hommes et 198 femmes parmi les 300 morts en surnombre de la fin juillet 1983 à Marseille. Un tel déséquilibre tient pour une part à la féminisation croissante de la population âgée ; mais il semble aussi qu'au-delà de la cinquantaine, les femmes présentent plus fréquemment que les hommes des troubles de la sudation. Les États-Unis font apparemment exception, avec une plus grande vulnérabilité masculine qui, à ce jour, n'a encore reçu aucune explication valable [11].

Au Missouri, des différences non négligeables ont été relevées d'une race à l'autre, la surmortalité due à la chaleur demeurant faible dans les quartiers à majorité blanche, alors qu'elle est forte dans les quartiers où dominent les Noirs et moyenne dans les quartiers mixtes [12]. Ce point appelle cependant la prudence. Le surpeuplement, la médiocrité des conditions de logement, le niveau économique plus bas et un état de santé moins satisfaisant des populations dites « de couleur » suffisent à expliquer les contrastes observés.

Cela dit, de quoi souffre-t-on pendant les vagues de chaleur ?

### Une pathologie très diversifiée

L'élévation de la température peut être la cause initiale du décès : le malade meurt alors d'un débordement de ses défenses naturelles, incapables de maintenir la température interne aux alentours de 37°C. C'est le tableau classique du *coup de chaleur* [13], avec atteinte du système nerveux central. Mais les fortes températures peuvent aussi aggraver une maladie déjà installée, ou contribuer à la déclencher. Le système cardiovasculaire serait alors le plus touché, avec une recrudescence des accidents vasculaires cérébraux et de l'infarctus du myocarde. Viennent ensuite les infections respiratoires (pneumonies surtout), les maladies des reins, le diabète et les troubles mentaux. Si l'on assiste à une multiplication des maladies infectieuses (surtout intestinales), elles s'avèrent rarement mortelles.

### Des conditions climatiques bien définies

Comment reconnaître une vague de chaleur dangereuse ? Le thermomètre donne bien évidemment une indication capitale, mais il n'est pas sûr qu'elle soit suffisante et la question se pose de savoir quelle température il faut prendre en compte ? Reprenons en effet le cas de la fin juillet 1983 dans le Midi de la France [9]. Toute la Provence, de la vallée du Rhône à la frontière italienne et d'Orange à la mer, a enregistré l'après-midi des températures exceptionnellement élevées, très souvent supérieures à 40°C, avec des pointes à 42,5°C (à Saint-Raphaël). Mais, quel que soit le critère retenu (nombre d'appels reçus par les géné-

ralistes, admissions à l'hôpital, décès...), aucune répercussion sur la santé ne peut être décelée sur la Côte d'Azur, sur le littoral varois ou dans la moyenne vallée du Rhône. Seul a réellement souffert un secteur bien délimité, englobant Marignane, Marseille, Aubagne et Aix-en-Provence. Pourtant, il n'y faisait pas plus chaud qu'ailleurs, et parfois moins. Ce secteur ne se distingue du reste de la région que par la persistance de températures élevées pendant la nuit. Tandis qu'à Carpentras, par exemple, une relative fraîcheur nocturne (moins de 20°C) permettait de « récupérer » dans de bonnes conditions, rien de tel n'était possible à Marseille où le thermomètre ne descendait à aucun moment au-dessous de 23°C. En d'autres termes, la température maximale (celle de l'après-midi) ne permet pas vraiment de préjuger des risques encourus. C'est pourquoi l'on préfère souvent considérer la moyenne des vingt-quatre heures, qui deviendrait critique lorsqu'elle s'élève à plus de 7°C au-dessus de la normale, surtout si elle s'y maintient plusieurs jours consécutifs [14]. Le danger débiterait donc aux alentours de 24°C à Londres et de 30°C à Marseille...

Il n'empêche que la température n'est pas toujours un indicateur suffisamment fidèle des efforts imposés à l'organisme humain et, par suite, des risques d'accident pathologique. Combien de fois ne sommes-nous pas surpris à la lecture du thermomètre ? C'est que d'autres éléments du climat, la radiation solaire, la vitesse du vent, l'humidité de l'air, interfèrent pour rendre la chaleur plus ou moins supportable, ce qui milite pour le calcul d'indices bioclimatiques plus ou moins sophistiqués prenant en compte une combinaison de paramètres météorologiques [15, 16].

### Un phénomène surtout urbain

La surmortalité due à la chaleur se concentre dans les villes, et notamment dans les plus grandes [17]. Sur les 3 600 décès en surnombre relevés fin juillet 1987 en Grèce, un peu plus de 2 000 se sont produits dans le Grand Athènes et une centaine à Salonique, ce qui en laisse à peine 40 p. cent pour le reste du pays – bien qu'il rassemble plus de 58 p. cent de la population (fig. 2). Il y a plusieurs raisons à cela. On sait, tout d'abord, qu'un apport d'énergie lié aux activités humaines aboutit à la constitution d'îlots de chaleur urbains, avec décroissance des températures du centre-ville vers la périphérie. De plus, la multiplication des constructions accroît la rugosité et entraîne une diminution sensible du vent [18]. Or, les décès en surnombre ne sont pas distribués au hasard sur tout l'espace urbain : ils se concentrent dans les quartiers où la densité du bâti est la plus forte. A New York [19], la surmortalité provoquée par une même vague de chaleur varie de 10 à 140 p. cent. La différence tient en partie à la diversité des microclimats, mais elle fait aussi intervenir la structure par âge (quartiers plus ou moins jeunes) et la composition sociale : la canicule fait la plupart de ses vic-

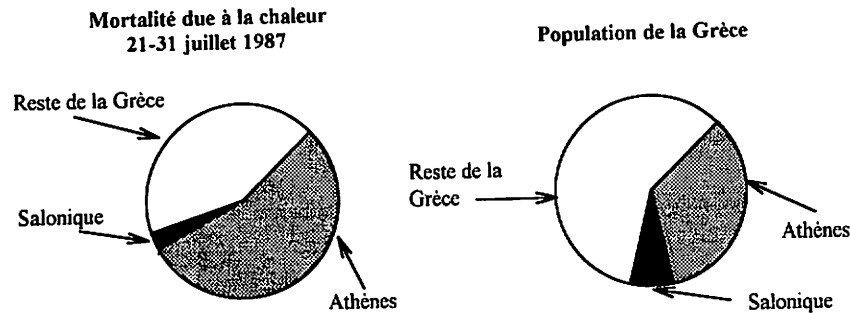


Fig. 2. — Répartition selon la localisation géographique des décès dus à la chaleur, en juillet 1987, en Grèce.

times dans les populations les plus pauvres. La surmortalité frappe lourdement les quartiers où le revenu moyen familial reste inférieur à 17 000 dollars par an, mais elle demeure nulle dans les quartiers aisés (fig. 3).

Il reste un caractère du milieu urbain qui se combine souvent avec la chaleur pour altérer la santé : c'est la forte pollution de l'atmosphère. En juillet 1987, l'extension vers le nord des hautes pressions sahariennes a plongé Athènes dans un brouillard particulièrement dense et mélangé de fumées [6, 7, 20]. Un peu partout, lors des plus fortes chaleurs, on relève des taux inquiétants de polluants et de poussières en suspension, qui amènent une recrudescence des affections broncho-pulmonaires et des accidents cardiaques [21].

#### *Une vulnérabilité croissante... mais une tendance qui n'est pas irréversible*

La situation que l'on vient de décrire, à travers quelques exemples empruntés aux vingt-cinq dernières années, ne représente qu'un moment dans une longue évolution. Au siècle dernier et au début de ce siècle, l'hécatombe était très supérieure à ce que l'on observe aujourd'hui. La surmortalité de l'été 1901 dans les plaines du Middle West américain s'est établie à plus de 9 500 décès, plus du double du chiffre le plus élevé enregistré depuis lors, bien que les années récentes aient connu des vagues de chaleur plus fortes que celle de 1901 [22]. Mais à l'époque, l'immense majorité des décès en surnombre était due aux diarrhées et gastro-entérites provoquées chez les nourrissons et les jeunes enfants par une mauvaise conservation des aliments et par la mauvaise qualité de l'eau de boisson. Les progrès de l'hygiène alimentaire, la généralisation des réfrigérateurs et la mise en place de « chaînes du froid » ininterrompues, puis l'apparition des sulfamides et des antibiotiques ont radicalement modifié le tableau.

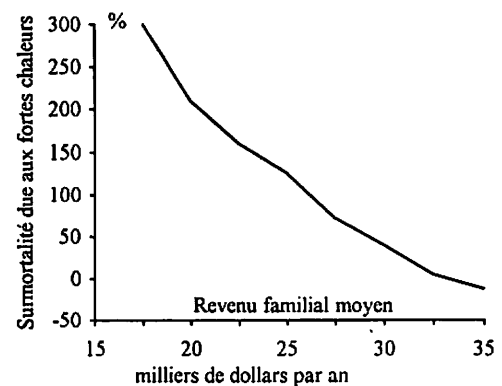


Fig. 3. — Surmortalité lors des fortes vagues de chaleur à Saint-Louis (Missouri) en fonction du revenu moyen familial.

Il ne faudrait pourtant pas croire que l'impact de la chaleur sur la santé va désormais en s'atténuant. Au contraire, à intensité et durée comparables, les périodes caniculaires s'avèrent de plus en plus meurtrières. Ainsi, la chaleur a présenté des dispositions sensiblement identiques, sur le sud des États-Unis, au cours des étés 1954 et 1980 ; mais elle a été la cause directe de 978 décès dans le premier cas, et de plus de 1 300 dans le second. C'est là l'inévitable rançon du vieillissement de la population et de sa concentration dans les villes. Mais il y a autre chose : vivant dans un milieu artificiel, hyperprotégé, l'homme aurait perdu une part de sa capacité à faire face aux paroxysmes climatiques.

Toutefois, cette vulnérabilité croissante n'a rien d'inéluctable. Los Angeles a subi en 1939, en 1955 et en 1963 trois vagues de chaleur d'intensité voisine ; cela n'a pas empêché la surmortalité, lors de la plus récente, de rester inférieure de moitié à celle enregistrée les deux fois précédentes [23]. Cette inversion de tendance semble due à la généralisation de l'air

conditionné. A New York, et à températures identiques, la surmortalité liée à la première vague de chaleur de chaque été a diminué de 30 p. cent entre l'immédiat après-guerre (où l'air conditionné était quasi inconnu) et les années 70 (où près de 40 % des foyers étaient équipés). Au demeurant, d'autres formes de prévention peuvent être envisagées. La Grèce a connu début juillet 1988 une vague de chaleur au moins aussi intense que celle de l'année précédente (45°C à Larissa). Or, cette fois, il n'a pas été dénombré plus de 56 décès dus à la chaleur (contre 3 600, rappelons-le, en 1987). Plusieurs explications à cela. D'une part, nombre des personnes les plus fragiles avaient disparu l'année précédente. D'autre part, les responsables de la protection civile avaient pu tirer la leçon du drame de 1987 : les services médicaux ont été mis en alerte 24 heures sur 24, les hôpitaux ont admis en une semaine près de 4 000 malades ou sujets reconnus « à haut risque », le stade de 15 000 places du Pirée (équipé d'air conditionné) est resté ouvert jour et nuit, des appels ont été lancés à la population pour que les vieillards et les femmes enceintes s'y rendent (ce qu'ils ont fait massivement)... Mais à cela s'ajoutent les mesures destinées à supprimer les effets surajoutés de la pollution atmosphérique. Il a été demandé aux Athéniens de rester chez eux et de n'utiliser leur voiture qu'en cas d'extrême nécessité. Surtout, le Gouvernement a exigé des cent plus grosses usines de la capitale qu'elles réduisent leur production d'au moins 30 p. cent, ce qui a valu à Athènes un ciel clair comme on n'en avait peut-être jamais vu en été...

Tout cela fait que les répercussions sur la santé des fortes chaleurs estivales sont loin d'être inévitables. On y reviendra, mais auparavant il nous faut voir ce qui se passe à l'autre extrémité de l'échelle thermique, c'est-à-dire en présence des grands froids.

### Les grandes vagues de froid

Lorsque des températures exceptionnellement basses règnent sur tout ou partie de la France, quelques authentiques morts de froid sont à déplorer [24]. Elles font la « une » des journaux et mobilisent les bonnes consciences, mais le phénomène ne concerne que des effectifs infimes et des sujets nullement représentatifs de l'ensemble de la population : des clochards, des SDF qui succombent dans la rue, ou des miséreux que l'on retrouve sans vie, au petit matin, dans une chambre non chauffée. Que l'on s'en émeuve, que l'on s'efforce d'y remédier, c'est parfait. Mais l'arbre ne doit pas cacher la forêt : le froid fait bien d'autres victimes... L'année où un quotidien a titré sur toute la largeur de sa première page *57 morts de froid*, l'INSEE a dénombré 15 000 décès supplémentaires au cours des deux mois où la température a été nettement inférieure à la normale : en janvier 1985, où le thermomètre a atteint - 18°C à Paris, la surmortalité [25, 26] a pu être évaluée aux alentours de 12 p. cent pour la France entière, nettement moins dans les campagnes ou les petites

villes (+ 6 % à Dole-du-Jura), un peu plus en Ile-de-France (+ 13 % en moyenne, avec des chiffres proches de + 30 % dans certaines communes « riches » comme Neuilly-sur-Seine, et supérieure à + 30 % dans plusieurs arrondissements de Paris – ce qui laisse à penser que l'adaptation des citoyens aux changements de température est médiocre). En moyenne, les décès [27] ont progressé de 30 p. cent pour les maladies de l'appareil respiratoire (et de plus de 200 % pour les pneumonies), de 28 p. cent pour les états morbides mal définis, de 20 p. cent pour les maladies endocriniennes (notamment le diabète) et de 19 p. cent pour les affections cardiovasculaires. Seuls ont diminué les décès par accidents de la route... parce que le trafic était très réduit. Ce sont surtout les personnes âgées (des deux sexes) et celles qui vivent en institution de moyen ou de long séjour qui ont fait les frais de cette surmortalité. Il s'est agi la plupart du temps de décès prématurés de personnes dont l'état de santé était déjà fortement altéré et dès la fin de la vague de froid, on est revenu à des taux « normaux », voire légèrement déficitaires, ce qui souligne une différence importante par rapport à la situation décrite lors des fortes chaleurs. Une autre différence est que durant une vague de froid, si l'on met à part les SDF, les décès se multiplient surtout dans les quartiers et dans les catégories sociales les plus favorisées, sans que l'âge soit seul en cause.

Mais on ne fait pas que mourir davantage pendant ces hivers anormalement rudes. Les cas de maladie se multiplient également, et on peut le vérifier à travers l'absentéisme, au travail ou à l'école. On a compté deux à trois fois plus d'absents durant la vague de froid de janvier 1985 que durant les mois de janvier précédents [26]. Là encore, les villes ont été plus touchées que les campagnes, et les « beaux » quartiers plus que les banlieues dites « difficiles ». Il s'ensuit que, si les grandes vagues de froid et les grandes vagues de chaleur ont des répercussions sur la santé qui peuvent paraître assez voisines, elles sont loin de toucher les mêmes populations.

## LES PAROXYSMES CLIMATIQUES SOUS LES TROPIQUES

Aux basses latitudes, il paraît nécessaire de s'arrêter sur deux aspects, d'une part les fortes chaleurs, d'autre part les cyclones tropicaux.

### Les méfaits des fortes chaleurs

Comme aux latitudes moyennes, la chaleur peut être sous les tropiques à l'origine de nombreux accidents de santé. Deux exemples vont le montrer, le premier à propos du pèlerinage de La Mecque, le second chez les militaires français à Djibouti.

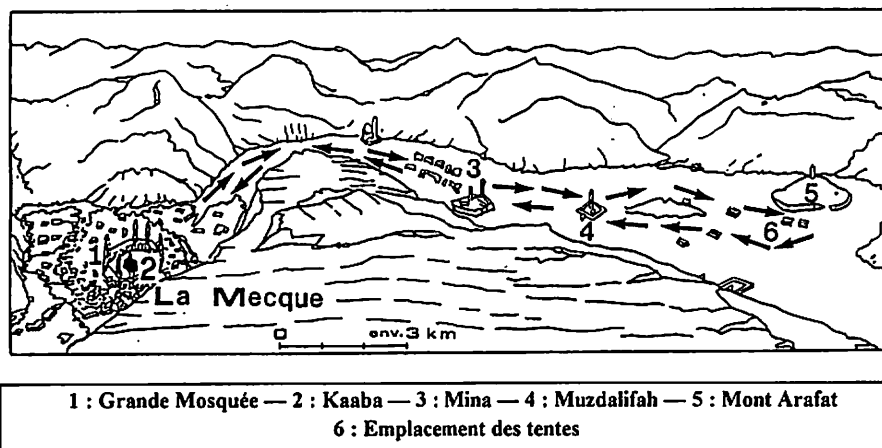


Fig. 4. - Le pèlerinage de La Mecque. Croquis de localisation.

### Le pèlerinage de La Mecque

Le pèlerinage de La Mecque a toujours posé de redoutables problèmes de santé publique. Le rassemblement de foules immenses, dans des conditions d'hygiène déplorables, en a fait pendant longtemps un milieu idéal pour la prolifération des épidémies. Ce risque a beaucoup diminué. Mais d'autres dangers subsistent. Il faut dire que l'altitude de La Mecque, voisine de 500 mètres, n'a guère d'effet sur les températures de juillet-août, qui peuvent dépasser 47°C. Le seul avantage est qu'il s'agit d'une chaleur sèche. Dans les années cinquante, le pèlerinage se plaçait en plein été. Bien que le nombre des fidèles fût encore réduit, le bilan était lourd : plus de 1 000 hospitalisations en trois jours et près de 700 décès, dont 450 par coup de chaleur et une centaine par accident cardiaque [28, 29]. Trois moments apparaissaient particulièrement critiques (fig. 4) :

- d'abord, lors de la circumambulation autour de la Grande Mosquée, qui est le point le plus bas, donc le plus étouffant de La Mecque, la ville occupant elle-même le fond d'une cuvette entourée de collines aux flancs escarpés ;

- ensuite, pendant le trajet vers Arafat, effectué avec bagages et provisions, soit à pied soit dans des autobus bondés, au milieu d'embouteillages indescriptibles; les vingt kilomètres étaient couverts en six heures, sinon plus, sous un soleil ardent, chaque étranglement de la vallée qui relie la Mecque à Arafat étant le théâtre d'une recrudescence des coups de chaleur : on en a compté une centaine sur une distance de cent mètres !

- enfin, au cours de la cérémonie du Djabal-Al-Rhama où les fidèles doivent demeurer immobiles, tête nue, serrés les uns contre les autres, en oraison, de l'aube au coucher du soleil.

Il faut dire que les pèlerins de La Mecque sont handicapés par leur âge (57 ans en moyenne, ce qui dépasse l'espérance de vie des pays qui fournissent les plus gros contingents de fidèles). Handicapés aussi par leur état de santé : nombre d'entre eux souffrent d'affections chroniques, et ce sont souvent elles qui motivent le départ, non pas dans l'espoir d'un miracle (ne nous trompons pas de religion : on ne va pas à La Mecque comme on va à Lourdes !), mais avec le sentiment que l'année suivante il risque d'être trop tard, ou avec le secret espoir de mourir pendant le pèlerinage et d'être inhumé en terre sacrée. De fait, 95 p. cent des coups de chaleur concernent des sujets à la santé chancelante.

Mais cette situation est révolue. De 1960 à 1980, le pèlerinage s'est placé en saison relativement fraîche, ce qui a réduit considérablement le nombre des accidents de santé. Mais les craintes les plus vives étaient permises pour les années quatre-vingt, avec le retour du pèlerinage en été. Heureusement, les années intermédiaires ont été mises à profit pour réaliser des aménagements visant à limiter les risques : on a agrandi le parvis de la Kaaba, on a protégé la foule contre les rayons du soleil à l'aide de toiles formant des sortes de baldaquins, on a surélevé la Grande Mosquée, percé de larges avenues, planté des arbres le long des routes, mis en place des robinets d'eau le long du parcours, ainsi que des fontaines débitant de l'eau glacée aux endroits où se produisaient le plus d'accidents. Ces mesures, destinées à remédier aux excès du climat et à l'entassement, ont stabilisé le nombre des hospitalisations et réduit à une soixantaine le nombre de décès, malgré une multiplication par dix de l'effectif des fidèles... La preuve est ainsi faite qu'en présence d'un paroxysme climatique intense, la maladie et la mort ne constituent pas des fatalités inéluctables. La chaleur humide amène sensiblement au même constat, si l'on en juge d'après l'expérience des militaires français à Djibouti.

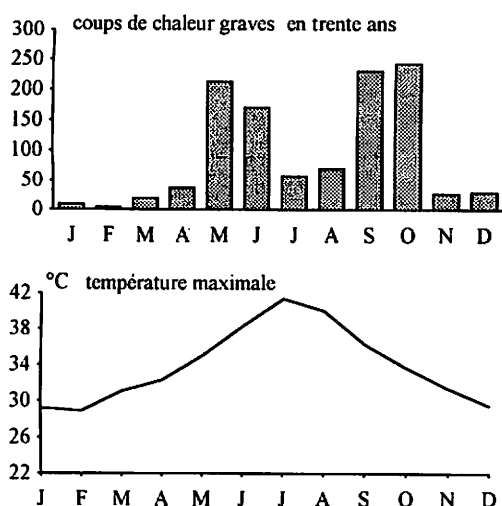


Fig. 5. - Coups de chaleur graves chez les militaires français et température à Djibouti. Evolution intermensuelle.

### Les militaires français à Djibouti

Ce petit territoire situé sur la corne de l'Afrique, en bordure de l'Océan Indien, a la réputation d'être l'un des endroits les plus chauds du monde habité. Lorsque l'on dépouille les archives du Service de Santé des Armées, on est frappé par la fréquence des coups de chaleur [13], y compris sous leur forme majeure où la mort survient avant toute possibilité thérapeutique : en moyenne, 38 cas graves par an, dont 14 à 15 mortels, et 300 à 400 cas plus frustes. Les accidents graves se groupent sur un tout petit nombre de jours, souvent moins de six dans l'année, en mai-juin ou en octobre-novembre. Or, ce ne sont pas là les mois les plus chauds : la température ne dépasse jamais 35°C, alors qu'elle culmine certains jours aux alentours de 47°C en juillet-août (fig. 5). Mais ce sont des périodes où ne souffle pratiquement aucun vent et où l'air est très humide [30, 31].

Encore, dans une compagnie de 100 à 200 hommes, soumis aux mêmes exercices dans le même contexte climatique, n'en a-t-on jamais dénombré plus de vingt qui soient indisposés le même jour. On pressent par là l'existence de coefficients personnels relativement importants. Ce n'est pas seulement la chaleur humide qui détermine l'accident, mais la coïncidence de cette chaleur humide avec un « terrain » réceptif, donc avec l'existence de facteurs de vulnérabilité constitutionnels ou occasionnels propres à chaque individu. La sédentarité, l'âge (au-delà de 40 ans) et l'obésité augmentent les risques. D'autre part, les accidents surviennent préférentiellement après des repas copieux et abondamment arrosés. C'est dire qu'ils pourraient être évités, spécialement en milieu militaire soumis à la discipline et au respect des règlements.

Il est, en revanche, beaucoup plus difficile de se soustraire aux cyclones tropicaux.

### Les cyclones tropicaux et leurs répercussions

Les effets des cyclones tropicaux sur la santé sont *a priori* bien connus. On pense aux terribles hécatombes provoquées par les vents qui soufflent en tempête, par la montée des eaux marines ou par les pluies torrentielles (donc par les inondations, les coulées de boue et les glissements de terrain qui surviennent). A lui seul, le typhon de novembre 1970 au Pakistan oriental a fait « officiellement » 242 000 morts, soit 17 p. cent de la population côtière [32]. En outre, l'abondance des précipitations, l'interruption de la distribution de l'eau potable, la destruction des canalisations et la désorganisation des services sanitaires se conjuguent souvent pour déclencher des épidémies. Le choléra, la typhoïde et les affections respiratoires ou gastro-intestinales, parfois aussi le paludisme et la tuberculose viennent alors alourdir un bilan déjà dramatique, les morts dites naturelles prenant le relais des morts violentes. Cependant, on exagérerait à peine en affirmant que ces méfaits des cyclones sont les plus faciles à prévenir et à combattre, dès lors que le niveau socio-économique et institutionnel s'y prête. Avec de grands aménagements, des systèmes d'alerte efficaces, la mobilisation de moyens performants de secours d'urgence et des précautions en matière de gestion des eaux (potables ou usées), les États-Unis, le Japon, l'Australie et Taïwan ont déjà réussi à alléger sensiblement le bilan. Ce n'est donc pas un hasard si le nombre des morts et des blessés dépend plus aujourd'hui du niveau de développement que de la force des vents...

Mais on commence à prendre conscience que les effets des cyclones ne se bornent pas à ces phénomènes somme toute bien connus. Il est d'autres répercussions sur la santé, en particulier des maladies psychosomatiques qui revêtent une réelle importance. Il faut de surcroît distinguer ce qui se passe avant l'impact du cyclone, pendant cet impact et après lui [33].

#### En phase pré-cyclonique

Avant même que les consignes d'alerte ne soient lancées, et alors que le ciel est à peine terni par un voile de nuages élevés, les ennuis de santé commencent souvent à se manifester. Beaucoup restent sans gravité (fatigue, nervosité, « palpitations », oppression thoracique). Mais d'autres s'avèrent d'emblée préoccupants : crises d'asthme, embolies pulmonaires, infarctus du myocarde... On a affaire à une pathologie de stress, déterminée par l'anxiété que déclenche la perspective d'un cataclysme, avec parfois de véritables réactions de panique. Tout cela s'accroît évidemment à l'arrivée du cyclone.

#### En phase cyclonique

L'effet de surprise joue moins que dans d'autres catastrophes naturelles, comme les éruptions volca-

niques ou les tremblements de terre. Il n'empêche que les répercussions sont souvent considérables, tant sur la santé physique (et éventuellement la vie) que sur l'équilibre psychique et émotionnel. Trois grandes causes de décès peuvent être distinguées :

- un certain nombre de morts sont d'abord victimes du vent (qui souffle à 120-150 km/h, avec des rafales à plus de 200, voire à 300 km/h). Ce sont les sujets écrasés par des arbres ou atteints par toutes sortes de projectiles que la tempête soulève : il n'est rien de plus dangereux qu'une feuille de tôle lancée à 220 km/h ! Ce sont aussi tous ceux que l'on retrouve ensevelis sous les décombres de leur maison.

- Les fortes pluies, moins localisées que les vents violents, s'avèrent plus meurtrières encore. Leurs victimes se répartissent, à peu près à égalité, entre noyés et ensevelis sous des coulées de boue.

- Enfin, la submersion des côtes serait responsable de 75 p. cent des pertes humaines.

L'intensité du stress est trop évidente pour que l'on ait besoin d'insister : le cyclone entraîne une tension extrême, objectivée par de multiples manifestations neurovégétatives (tachycardie, tremblements, crises d'angine de poitrine, nez bouché, lèvres sèches, gorge râpeuse, déglutition difficile). Les chutes vertigineuses de la pression n'y sont probablement pas étrangères. Le cyclone entraîne également de profonds traumatismes psychologiques, que l'écroulement de l'univers familial explique aisément. Celui qui vit un tel cataclysme reste pétrifié, tremblant, sujet aux états de choc, à la détresse. Les accès d'agressivité sont fréquents (bris de matériel, violence envers l'entourage, automutilation). Tous ces effets psycho-pathologiques semblent majorés lorsque le cyclone passe de nuit, ce qui fut le cas de *Hugo* en Guadeloupe (septembre 1989).

### En phase post-cyclonique

C'est une erreur d'imaginer que la mortalité d'origine cyclonique disparaît dès que le météore est passé. Une évolution peut d'ailleurs être discernée en ce domaine au fil des décennies. Jadis, les décès se concentraient sur la phase d'impact. Mais avec la qualité accrue des prévisions et l'adoption de mesures efficaces de protection civile, le risque vital tend à se déporter vers la phase suivante. Sur les 35 décès liés à *Hugo* en Caroline du sud, 13 seulement sont survenus en phase d'impact, les 22 autres s'étant échelonnés dans les onze jours suivants. On relèvera la proportion croissante des électrocutions, qu'il s'agisse d'accidents du travail ou d'accidents domestiques. Pendant deux ou trois semaines après le passage d'un cyclone, malades (victimes des mauvaises conditions d'hygiène) et blessés (atteints au cours des opérations de déblaiement ou de reconstruction) continuent à affluer dans les hôpitaux.

Des séquelles restent visibles longtemps après l'impact, alors même que les répercussions sur le

milieu naturel sont en voie de disparition. Cela concerne en premier lieu la santé mentale, où les stress et désordres émotionnels ne s'estompent que très lentement. C'est alors que s'installent dépressions, névroses et psychoses avec anxiété généralisée, abus d'alcool et phobie des éléments naturels... A Porto Rico, huit mois après le passage d'*Isabelle* (1985), l'ébranlement psychique restait tel que la consommation de tranquillisants avait triplé ou quadruplé par rapport à ce qu'elle était à la veille du cataclysme [34].

Il est encore d'autres répercussions lointaines des cyclones tropicaux qui ne peuvent être dissimulées. Ce sont, d'abord, certaines malformations congénitales du système nerveux (*spina bifida*, méningocèle, encéphalocèle), chez les enfants nés dans l'année qui suit. A la Jamaïque, par exemple, le nombre de cas a été multiplié par quatre six mois après *Gilbert*, baptisé l'ouragan du siècle [35]. On soupçonne une carence en acide folique (vitamine B<sub>9</sub>) en fin de grossesse, du fait d'un moindre apport en fruits et légumes verts qui deviennent rares, donc chers, après que les cultures vivrières aient été dévastées. Ainsi, via la malnutrition, les répercussions d'un cyclone peuvent se faire sentir à très long terme, et handicaper l'existence toute entière d'un sujet qui n'était pas encore né au moment du météore ! Dans le même ordre d'idées, on a relevé une augmentation de l'ordre de 35 p. cent de la fréquence des leucémies et de certains lymphomes deux ans après un cyclone [36]. Pour l'instant, le mécanisme causal n'est pas élucidé, mais un tel constat incite à ne pas relâcher trop tôt la surveillance après le passage d'un cyclone.

Il reste que, là encore, les risques pour la santé liés aux cyclones tropicaux sont largement fonction de la vulnérabilité physique et psychique des populations exposées. Les météorologistes définissent le risque cyclonique par sa magnitude (abondance des précipitations, violence des vents) et par l'étendue de la zone menacée. Mais, en référence à la santé, ce risque se trouve modulé à l'infini par le niveau des ressources disponibles, par la qualité des mesures préventives, par l'importance des dispositifs de soins et des moyens de secours existants. Tout compte fait, on court moins de risques face à un énorme ouragan en Floride ou aux Antilles françaises que face à un modeste typhon au Bangladesh... Et partout, ce sont les populations les plus démunies qui souffrent le plus...

## CONCLUSION

Il paraît acquis que les grands paroxysmes climatiques – avec lesquels il faut bien vivre – constituent autant de risques majeurs pour la santé et pour la vie des sujets les plus fragiles, même si tous les décès ne sont pas directement le fait de l'événement climatique, mais la conséquence de phénomènes secondaires, tels que le déclenchement d'épidémies ou le manque d'eau potable... En définitive, les risques [37] ne sont

pas tant fonction des valeurs prises par tel ou tel élément du climat que de la vulnérabilité de celui qui doit y faire face, vulnérabilité qui intègre son histoire personnelle, mais qui fait aussi intervenir de multiples composantes du milieu dans lequel il vit. Un même paroxysme climatique peut avoir sur la santé des répercussions bien différentes selon le contexte économique, social et culturel.

Mais à partir du moment où l'on connaît les catégories de population les plus exposées et où l'on sait identifier les situations climatiques qui font courir les plus gros risques, il devrait être relativement facile de mettre en place un système de prévision adéquat. C'est déjà chose faite pour la prévision météorologique classique, capitale en particulier dans le cas des cyclones tropicaux où l'on admet qu'une prévision de qualité sauve en phase d'impact sept à huit morts (et épargne cinq à six blessés) sur dix. On peut aussi envisager une prévision plus spécialisée, à finalité médicale, l'objectif de toute prévision étant à la fois une gestion plus rationnelle du risque et la mise en place d'une prévention efficace. Lorsque les météorologistes annoncent que le lendemain, la température va dépasser un certain seuil, il serait bon de vérifier s'il y a lieu de redouter des répercussions graves sur la santé. Cela implique que l'on prenne en compte, parallèlement, d'autres éléments du climat (température nocturne, vent, humidité de l'air, etc.). S'il se confirme qu'existent des risques notables, une alerte peut être lancée. Si l'on sait quelles catégories de populations sont les plus menacées, l'information peut être mieux ciblée. Des modèles de prévision commencent à intégrer ces multiples facteurs de risque, aussi bien en France [38]

qu'à l'étranger [15]. Encore est-il permis d'hésiter à informer directement le grand public, qui risque de s'affoler – ce qui irait à l'encontre du but recherché : mieux vaut peut-être limiter l'information au corps médical et aux services de protection civile... D'autres points restent d'ailleurs en discussion. Ou bien, on lance une alerte, dès qu'il y a une probabilité de risque, auquel cas nombre de ces alertes resteront sans objet, ce qui à la longue se traduira inévitablement par une démobilité de ceux à qui l'on s'adresse. Ou bien, on décide de ne lancer une alerte que lorsqu'on a la quasi-certitude d'une situation grave, mais dans ce cas on s'expose à laisser échapper des situations malgré tout fort dangereuses.

Toute la difficulté consiste à trouver un moyen terme entre ces deux extrêmes. C'est dire qu'il faut poursuivre la recherche des répercussions de ces grands paroxysmes sur la santé – et que cette recherche peut être très bénéfique. D'un point de vue humanitaire, bien sûr, car la vie et la santé n'ont pas de prix. Mais aussi – puisque la vie a un coût –, d'un point de vue strictement économique, en facilitant la gestion des hôpitaux ou des services de protection civile, et en évitant de nombreuses dépenses de santé particulièrement onéreuses. N'a-t-on pas calculé qu'à Athènes, en juillet 1987, les seules hospitalisations pour coups de chaleur avec atteinte neurologique avaient coûté à la collectivité l'équivalent de 200 millions de francs français. Quand on sait que, prises à temps, des mesures préventives simples (telles que faire boire les personnes âgées ou diminuer les doses de certains médicaments) permettent d'éviter au moins les trois quarts de ces coups de chaleur, il vaut la peine d'y réfléchir.

#### RÉFÉRENCES

- Besancenot J.P. – *Risques pathologiques, rythmes et paroxysmes climatiques*. Paris-Londres-Rome, John Libbey Eurotext, 1992.
- Pagny P. – *Les catastrophes climatiques*. Paris, PUF, 1994.
- Besancenot J.P. – L'organisme humain face à la chaleur. *Sécheresse*, 1990, 1, 30-35, 98-104.
- Besancenot J.P. – Les fortes chaleurs sont-elles dangereuses ? *La Recherche*, 1990, 223, 930-933.
- Matzarakis A., Mayer H. – The extreme heat wave in Athens in July 1987 from the point of view of human biometeorology. *Atmos. Environ.*, 1991, 25 B, 203-211.
- Tselepidaki I.G., Asimakopoulos D.N., Katsouyanni K., Moustiris C., Touloumi G., Pantazopoulou A. – The use of a complex thermo-hygrometric index in predicting adverse health effects in Athens. *Int. J. Biometeorol.*, 1995, 38, 194-198.
- Besancenot J.P. – Vague de chaleur, pollution atmosphérique et surmortalité urbaine : l'exemple d'Athènes en juillet 1987. In: *Climat, pollution atmosphérique, santé. Hommage à Gisèle Escourrou*, pp. 47-70. Dijon, GDR Climat et Santé, 1995.
- Bédig G. – *Conséquences de la vague de chaleur de l'été 1976 sur la mortalité des malades hospitalisés*. Thèse Méd., Paris, Univ. Paris VI St-Antoine, 1977.
- Simonet J. – La vague de chaleur de juillet 1983 dans la région provençale. Effets sur la mortalité. *Climat et Santé*, 1990, 4, 31-64.
- Escourrou P. – Chaleur et mortalité. *Bull. Sect. Géogr.*, 1978, 83, 59-73.
- Kilbourne E.M. – Illness due to thermal extremes. In: Last J.M., *Maxcy-Rosenau public health and preventive medicine*, pp. 703-714. Norwalk, Appleton-Century-Crofts, 12<sup>e</sup> éd., 1986.
- Jones T.S., Liang A.P., Kilbourne E.M., Griffin M.R., Oatriarca P.A., Wassilak S.G.F., Mullan R.J., Herrick R.F., Donnell H.D., Choi K.C., Thacker S.B. – Morbidity and mortality associated with the July 1980 heat wave in St Louis and Kansas City, Mo. *JAMA*, 1982, 247, 3327-3331.
- Brinquin L., Buffat J.J. – Coup de chaleur. Aspects épidémiologique, clinique et thérapeutique. *Sem. Hôp. Paris*, 1994, 70, 507-515.
- Tout D.G. – Mortality in the June-July 1976 hot spell. *Weather*, 1978, 33, 221-227.
- Cooter E. – A heat stress climatology for Oklahoma. *Phys. Geogr.*, 1990, 11, 17-35.
- Kalkstein L.S., Valimont K.M. – An evaluation of summer discomfort in the United States using a relative climatological index. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 1986, 67, 842-848.
- Buechley R.W., Van Bruggen J., Truppi L.E. – Heat island equals death island ? *Environ. Res.*, 1972, 5, 85-92.
- Escourrou G. – *Le climat et la ville*. Paris, Nathan, 1991.
- Ellis F.P., Nelson F., Pincus L. – Mortality during heat waves in New York City, July 1972 and Aug.-Sept. 1973. *Environ. Res.*, 1975, 10, 1-13.

20. Katsouyanni K., Pantazopoulou A., Touloumi G., Tselepidaki I., Moustris K., Asimakopoulos D., Pouloupoulou G., Trichopoulos D. – Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. *Arch. Environ. Health*, 1993, 48, 235-242.
21. Lave L.B., Seskin E.P. – *Air pollution and human health*. Londres et Baltimore, Johns Hopkins Univ. Press, 1977.
22. Marmor M. – Heat wave mortality in New York City, 1949 to 1970. *Arch. Environ. Health*, 1975, 30, 130-136.
23. Oechsli F.W., Buechley R.W. – Excess mortality associated with three Los Angeles September hot spells. *Environ. Res.*, 1970, 3, 277-284.
24. Tanaka M., Tokudomé S. – Accidental hypothermia and death from cold in urban areas. *Int. J. Biometeorol.*, 1991, 34, 242-246.
25. Escourrou P. – Les hivers froids en Ile-de-France et leurs conséquences médicales. *Cah. Centre Rech. Climatol. Hydrol. Appl. Paris-Sorbonne*, 1987, 2, 18-24.
26. Escourrou G. – Climat et société : l'exemple du froid de janvier 1985 dans la région parisienne. *Rev. géogr. Lyon*, 1986, 61, 301-308.
27. Garneret I. – La mort qui venait du froid. *Le généraliste*, 1988, 980, 33-34.
28. Khogali M. – Epidemiology of heat illnesses during the Makkah pilgrimages in Saudi Arabia. *Int. J. Epidemiol.*, 1983, 12, 267-273.
29. Besancenot J.P. – Climat et santé en milieu chaud : l'exemple du pèlerinage de La Mecque. In: *Actes des Journées Nationales de Climatologie*, pp. 9-17. Dijon, Centre Rech. Climatol., 1988.
30. Roussilhon J.P. – Météoropathologie en territoire français des Afars et des Issas. *Méd. Armées*, 1974, 2, 923-934.
31. Besancenot J.P. – Réflexions sur le risque de coup de chaleur : l'exemple des militaires français à Djibouti. *Climat et Santé*, 1989, 1, 85-111.
32. Sommer A., Mosley W.H. – East Bengal cyclone of November 1970. *Lancet*, 1972, 1, 1029-1036.
33. Besancenot J.P. – Les cyclones tropicaux et leurs répercussions sur la santé. *Cah. Et. Rech. francoph. Santé*, 1992, 2, 291-299.
34. Logue J.N., Hansen H., Struening E. – Some indications of the long-term health effects of a natural disaster. *Public Health Rep.*, 1981, 96, 67-79.
35. Duff E.M.W., Cooper E.S., Danbury C.M., Johnson B.E., Serjeant G.R. – Neural tube defects in hurricane aftermath. *Lancet*, 1991, 1, 120-121.
36. Janerich D.T., Stark A.D., Greenwald P., Burnett W.S., Jacobson H.I., McCusker J. – Increased leukemia, lymphoma, and spontaneous abortion following a flood disaster. *Public Health Rep.*, 1981, 96, 350-356.
37. Besancenot J.P. – Pour une approche géographique des risques climatopathologiques. *Ann. Géogr.*, 1995, 104, 360-376.
38. Doucouré D.J. – La relation mortalité-météorologie : détermination d'un seuil critique de température et mise au point d'un système de prévision de la surmortalité estivale. *Climat et Santé*, 1993, 10, 129-135.

## REVUE FRANÇAISE D'ALLERGOLOGIE ET D'IMMUNOLOGIE CLINIQUE

ORGANE DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'ALLERGOLOGIE  
ET D'IMMUNOLOGIE CLINIQUE

Rédaction : 31, bd de Latour Maubourg, 75343 PARIS Cedex 07.  
Tél. 01.40.62.64.00. Télécopie : 01.45.55.69.20

Administration - Abonnements - Publicité : 15, rue Saint-Benoît, 75278 PARIS Cedex 06  
Tél. : 01.45.48.42.60 – Télécopie : 01.45.44.81.55

### ABONNEMENTS 1998 (8 numéros par an)

FRANCE : 950 F - Étudiant : 475 F  
ÉTRANGER : 1 210 F - Étudiant : 605 F  
Membres de la SFAIC : 610 F

Règlement par chèque bancaire à l'ordre de l'Expansion Scientifique Publications ou par chèque postal au C.C.P. 370-70 Paris.  
Les abonnements sont payables au comptant et ne sont mis en service qu'après réception du règlement.



# Les caractères originaux de la morbidité estivale

A. LE PAPE \*

(Paris)

## RÉSUMÉ

Le pourcentage de personnes déclarant une maladie ou un trouble de la santé un jour donné est plus faible l'été que le reste de l'année. Cette moindre prévalence provient uniquement de la tranche d'âge de moins de 40 ans. Le nombre de cas nouveaux de maladie s'avère lui aussi fortement diminué en période estivale, toutes pathologies confondues et quel que soit l'âge ou le sexe. Les rares problèmes de santé dont l'incidence est majorée en saison chaude sont les lésions traumatiques et les affections des organes génito-urinaires. Le risque vital et l'invalidité, indicateurs de morbidité synthétisant l'état de santé des individus, ne présentent aucune particularité estivale chez les moins de 40 ans. Mais au-delà de cet âge, l'état de santé moyen semble moins bon chez les personnes interrogées en été. Nous interprétons ce résultat comme un biais d'échantillonnage : les personnes ne pouvant partir en vacances pour raison de santé sont plus facilement disponibles pour participer à l'enquête que celles ayant l'opportunité de partir dès le mois de juin ou pour une longue durée.

**Mots clés :** Morbidité – Prévalence – Incidence – Variation saisonnière – Été – France.

## SUMMARY

**Original features of summer morbidity.** – The percentage of persons who declared an illness or a health disorder on a given day was lower in summer than during the rest of the year. This difference was solely attributable to the age-bracket under 40. The number of new cases of disease, without any distinction of pathology, was also a lot reduced in the summer months, whatever the age and sex. The few health problems with higher incidence in hot season were traumatic injuries and genitourinary tract ailments. Vital risk and disability, two morbidity indicators that synthesize the state of health of individuals, did not show any summer distinctive feature among people under 40. But after this age the averaged state of health seemed to be deteriorated for persons interrogated during the summer. We interpreted this result as a sampling bias: person who could not go on holiday for health reasons were more easily free to take part in the survey as those who had the opportunity to go off as early as June or for a long stay.

**Key words:** Morbidity – Prevalence – Incidence – Seasonal variation – Summer – France.

Depuis 1980, les enquêtes sur la santé et les soins médicaux excluent les mois de juillet et août pour des raisons de difficultés de collecte, les ménages étant alors souvent absents et les enquêteurs moins disponibles. Par ailleurs, certaines hypothèses ont été émises quant à des modifications du comportement des individus en matière de santé durant l'été. Ces modifications seraient dues à la nature spécifique des affections estivales, à la saisonnalité des manifestations des maladies chroniques, ainsi qu'aux conditions particulières d'offre et de demande de soins durant cette période. Afin de vérifier ces hypothèses, une vague d'été a été

mise en place, à titre expérimental, lors de l'enquête décennale sur la santé et les soins médicaux de 1991-1992<sup>1</sup>. Cette vague a porté sur un échantillon de 1 000 ménages habitant dans les unités urbaines de plus de 20 000 habitants de sept régions (Ile-de-France, Nord-Pas-de-Calais, Pays-de-Loire, Aquitaine, Midi-Pyrénées, Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur). Sur 651 ménages interrogés, 586 ont terminé l'enquête, ce qui correspond à 1 478 individus. La durée de collecte était de 12 semaines mais les calendriers de visite ont été assouplis afin d'éviter de trop nombreux abandons pour cause d'absence du ménage. La structure socio-

\* Centre de Recherche, d'Étude et de Documentation en Économie de la Santé (CREDES), 1, rue Paul-Cézanne, 75008 PARIS.

1. Cette enquête a été réalisée par l'INSEE sous la responsabilité de Pierre Mormiche et Cécile Bonbaud, avec la collaboration du CREDES pour la partie médicale, sous la responsabilité de Catherine Sermet.

démographique de l'échantillon a été analysée ailleurs [1].

Ce sont les résultats relatifs à la morbidité qui vont être présentés ici, en comparant la saison estivale au reste de l'année. Mais auparavant doit être rappelée la méthodologie des enquêtes réalisées.

### LE RELEVÉ DE LA MORBIDITÉ DANS L'ENQUÊTE INSEE-CREDES SUR LA SANTÉ ET LES SOINS MÉDICAUX

La description de la morbidité [2, 3] repose sur les informations collectées à différents moments auprès des individus ayant répondu à l'enquête dans sa totalité.

Lors de la première visite, l'enquêteur tend à son interlocuteur une liste de maladies, de handicaps et d'infirmités. Il lui demande si un des membres du ménage est actuellement atteint de l'un de ces troubles de santé. Cette question permet d'identifier la *morbidity prévalente* un jour donné, en l'occurrence le premier jour de l'enquête. Mais en pratique, du fait d'assez fréquentes omissions de déclaration, susceptibles d'être rectifiées par la suite grâce aux motifs de consommation de soins et au contrôle de l'équipe médicale, la morbidité prévalente n'est définitivement évaluée que le *dernier* jour de l'enquête. Au cours de cette même visite, l'enquêteur s'enquiert de l'existence d'une éventuelle consommation de soins durant les huit jours précédents et de la nature des traitements en cours, de façon à susciter la déclaration ou à aider le repérage par l'équipe médicale de maladies récentes, non terminées au jour de l'enquête, ou d'affections chroniques qui auraient pu être oubliées lors de l'énoncé de la liste. D'autres informations concourent également à la mesure de la morbidité : le poids et la taille, les interruptions d'activité professionnelle ou d'études pour raisons de santé, l'exonération du ticket modérateur, le port d'un appareil ou d'une prothèse (lunettes, prothèse dentaire...) les hospitalisations au cours des six mois précédents, la nature des interventions chirurgicales subies depuis la naissance, le mode de vie et les comportements à risque comme le fait de fumer, etc.

Lors des quatre visites suivantes et à l'occasion de chaque recours aux soins, l'enquêteur pose une série de questions sur le motif précis de cette consommation (maladie, symptôme, prévention, autre...). Il en va de même pour chaque alitement et chaque interruption d'activité. L'ensemble des maladies ou symptômes non présents le premier jour et survenus pendant l'enquête constitue la *morbidity incidente*.

Lors de la visite finale, on cherche à faire préciser s'il y a dans le ménage des personnes handicapées, ou éprouvant simplement quelques gênes ou difficultés dans la vie quotidienne. Cette question permet encore de repérer certaines affections qui n'avaient pas été mentionnées jusque-là.

Pendant toute la durée de l'enquête sur le terrain, l'équipe médicale constituée d'une dizaine de médecins encadrés par le CREDES a pour rôle de clarifier et, au besoin, de compléter la morbidité déclarée par les enquêtes. La vérification, réalisée au moins une fois pour chaque ménage, porte sur plusieurs points :

- la compatibilité des pathologies déclarées avec les prescriptions de pharmacie, d'analyses, de soins paramédicaux, etc., ou avec tout autre élément présent dans le dossier, si une déclaration est jugée incohérente, imprécise, douteuse ou inexacte, le médecin essaye, dans la mesure du possible, de corriger l'information en faisant poser par les enquêteurs des questions complémentaires ;

- l'existence ou la persistance de certaines maladies déclarées (affections aiguës par exemple) ;

- l'affinement de certains diagnostics déclarés, dont le libellé était trop vague.

La nomenclature utilisée pour la codification des maladies et des motifs de recours aux soins est la Classification Internationale des Maladies (CIM) de l'Organisation Mondiale de la Santé (9<sup>e</sup> révision, 1975). Le regroupement adopté diffère toutefois sur trois points de celui de la CIM :

- les affections du système nerveux et des organes des sens, dont nous avons extrait les pathologies de l'oreille et des yeux ;

- les maladies de l'appareil digestif, dont ont été séparées les affections de la bouche, des dents et des voies aériennes supérieures ;

- enfin les symptômes et états morbides mal définis qui, dans toute la mesure du possible, ont fait l'objet d'une reclassification dans les chapitres correspondants.

A la fin de l'enquête un indicateur à deux dimensions, *risque vital et invalidité*, a été déterminé par les médecins chiffreurs pour évaluer de façon synthétique l'état de santé de chaque individu. L'évaluation tient compte de la nature des maladies rencontrées, de l'existence de polyopathologies, des traitements médicaux, de l'exonération du ticket modérateur, des antécédents médicaux et chirurgicaux, du port de lunettes ou de prothèses, de la consommation de tabac et de l'existence de gênes ou de difficultés dans la vie quotidienne. Des pondérations permettent d'étudier ces indicateurs de manière quantitative [4] (tableaux I et II).

### LA MORBIDITÉ PRÉVALENTE

Rappelons qu'il s'agit du nombre de cas d'une maladie donnée ou du nombre de personnes atteintes de cette maladie ou de tout autre événement morbide (accident, suicide...), existant dans une population déterminée à un moment donné, sans distinction entre les cas nouveaux et les anciens. Comme on l'a déjà dit, la morbidité prévalente est estimée au dernier jour de l'enquête, ce qui permet de réparer en partie les oublis de déclaration lors de la visite initiale.

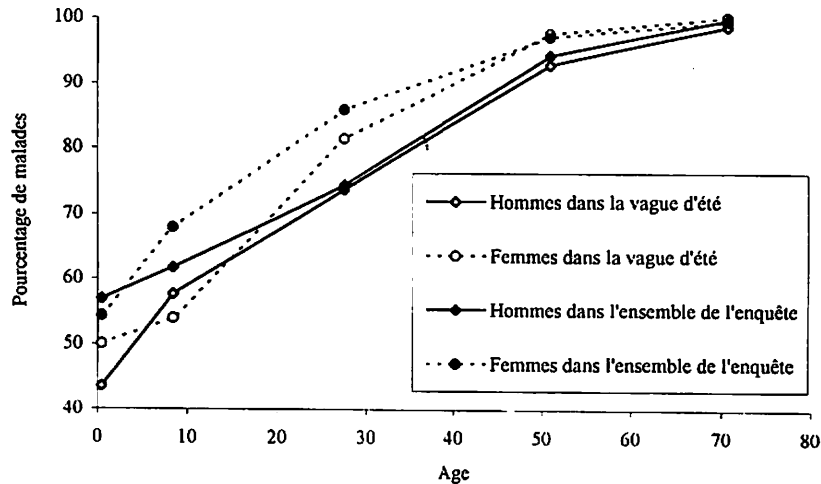


Fig. 1. - « Taux de malades » selon l'âge et le sexe : morbidité prévalente.  
 Source : CREDES.  
 Données : enquête INSEE-CREDES sur la santé et les soins médicaux, 1991-1992.

TABLEAU I. - Pondération de l'indicateur de degré d'invalidité (d'après Bocognano et coll., 1993) [4]

Degré d'invalidité	Gravité	Pondération
0	Pas de gêne	0
1	Géné de façon infime	2
2	Peu gêné	5
3	Géné mais mène une vie normale	10
4	Doit restreindre ses activités professionnelles ou domestiques	30
5	Activité réduite et/ou ralentie	50
6	N'a pas ou très peu d'autonomie domestique	90
7	Grabataire, alitement permanent	95

TABLEAU II. - Pondération de l'indicateur de risque vital (d'après Bocognano et coll., 1993) [4]

Risque vital	Gravité	Pondération
0	Aucun indice de risque vital	0
1	Pronostic péjoratif très, très faible	5
2	Pronostic péjoratif faible	10
3	Risque possible sur le plan vital	30
4	Pronostic probablement mauvais	50
5	Pronostic sûrement mauvais	90

**Le « taux de malades »**

Toutes pathologies confondues, le pourcentage de personnes déclarant une maladie ou un trouble de la santé un jour donné est significativement plus faible l'été que le reste de l'année. Nous appelons ce pourcentage « taux de malades », bien que tous les phénomènes pris en compte ne soient pas assimilables à des maladies.

centage « taux de malades », bien que tous les phénomènes pris en compte ne soient pas assimilables à des maladies.

Dans la population masculine, les écarts les plus importants concernent les enfants de moins de 2 ans avec 43,6 p. cent de malades en été, contre 57,0 p. cent en moyenne le reste de l'année. L'avantage de la saison chaude s'estompe ensuite peu à peu avec l'âge, pour devenir quasiment nul au-delà de 65 ans (et même dès la tranche 16-39 ans lorsque l'on inclut les maladies de la bouche et des dents).

Le schéma ne se révèle pas fondamentalement différent pour la population féminine. Chez les filles de 2 à 15 ans, le « taux de malades » est, en été, inférieur de 13,9 points à ce qu'il est le reste de l'année. Ensuite, la différence se réduit à 4,6 points dans la tranche d'âge 16-39 ans et, après 40 ans, la période estivale ne se distingue plus. La baisse globale du « taux de malades » constatée l'été est donc due, pour l'essentiel, à la meilleure santé des filles et des femmes de 2 à 39 ans durant cette saison (fig. 1).

**Le nombre de maladies**

Tout comme le pourcentage de malades, le nombre de maladies (rapporté à 100 personnes) diminue en été, spécialement chez les jeunes. Ainsi, entre 2 et 15 ans, le taux estival de prévalence est inférieur à la moyenne des autres saisons de 28,2 p. cent chez les filles (ce qui représente un « déficit » de 37 maladies pour 100 individus) et de 17,6 p. cent chez les garçons. Pour les autres classes d'âge, l'avantage de l'été reste très faible, voire inexistant entre 40 et 64 ans (fig. 2).

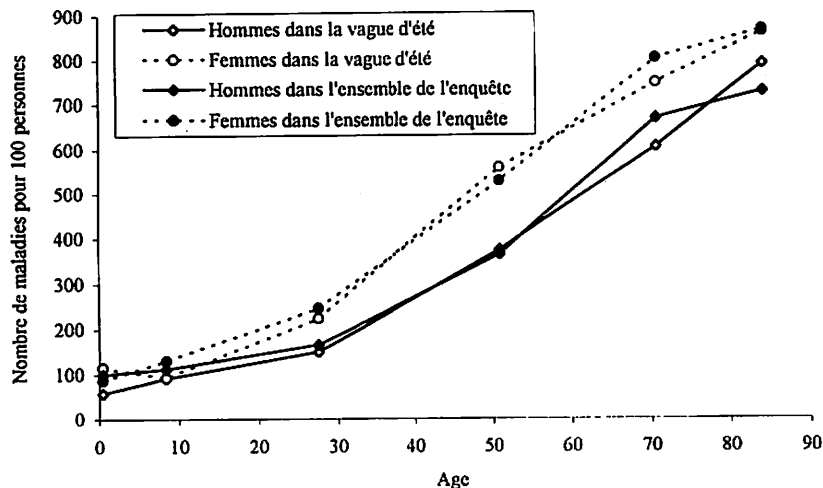


Fig. 2. — Prévalence des maladies selon l'âge et le sexe. Taux pour 100 personnes.  
Source : CREDES.  
Données : enquête INSEE-CREDES sur la santé et les soins médicaux, 1991-1992.

### Les pathologies concernées

Le nombre de maladies pour 100 personnes et le taux de malades par sous-chapitre de la CIM sont très proches étant donné les méthodes utilisées pour la codification et la classification. Nous ne retiendrons donc ici que le nombre de maladies pour 100 personnes. Mais deux remarques préalables s'imposent. D'une part des différences, assurément factices, sont apparues suivant les saisons en ce qui concerne la prévalence de pathologies invalidantes toute l'année, comme la cécité ou la paralysie : elles traduisent probablement des biais dans le déroulement de l'enquête, du fait que certaines personnes pouvaient être plus difficilement joignables à telle ou telle période. D'autre part, la méthode de relevé de la morbidité n'est pas non plus exempte de reproches : on a vu qu'un certain nombre de maladies, non déclarées d'emblée, étaient « récupérées » à l'occasion de consultations médicales ultérieures ; mais comme celles-ci sont moins nombreuses en période de vacances, la probabilité de « récupérer » des maladies s'en trouve automatiquement diminuée, ce que confirme un « taux de récupération » inférieur pendant l'été (35,3 % au lieu de 37,5 %). Quoiqu'il en soit, les seuls diagnostics surreprésentés entre la mi-juin et le début septembre sont les lésions traumatiques (brûlures surtout), les affections des organes génito-urinaires et les maladies de l'appareil digestif. A l'opposé, l'été semble procurer une franche amélioration pour les pathologies de la sphère ORL, pour les symptômes et états morbides mal définis (asthénie notamment), ainsi que pour les maladies infectieuses et parasitaires. Les affections de l'appareil respiratoire, les troubles mentaux et les insomnies voient eux aussi leur prévalence diminuer l'été, mais dans une moindre proportion (fig. 3).

Les différences observées s'expliquent, en ce qui concerne les maladies infectieuses et parasitaires, par la saisonnalité de certaines d'entre elles, à commencer par la grippe.

Les seules pathologies ORL dont la plus forte prévalence se place en été sont les rhinites allergiques (2,1 contre 1,6 maladies pour 100 personnes), ce qui ne peut surprendre en raison du caractère saisonnier du rhume des foins et des pollens qui lui donnent naissance. Mais, contrairement à ce que l'on pourrait croire, des affections telles que les sinusites et les angines ne montrent aucun recul en période estivale. La baisse générale du nombre de maladies ORL (14,5 pour 100 personnes, contre une moyenne de 18,3 le reste du temps) ne peut donc être due qu'à une raréfaction des rhinites aiguës et des autres affections des voies aériennes supérieures (fig. 4).

Alors que les taux sont stables chez la femme, l'été est chez l'homme une période de recrudescence des maladies de l'appareil digestif, avec une prévalence de 21,1 maladies pour 100 personnes contre 17,1 au cours des autres saisons. Cette augmentation est due principalement aux antécédents d'affections vésiculaires (3,3 pour 100 personnes, au lieu de 1,9). On observe aussi un plus grand nombre de maladies de l'estomac (à l'exception des ulcères gastro-duodénaux) et de pathologies intestinales (fig. 5). A noter que les pathologies multiples sont assez fréquentes au sein de ce chapitre, puisque le nombre moyen de maladies par malade, de l'ordre de 1,20 de l'automne au printemps, grimpe à 1,38 en été.

On remarque également une surreprésentation estivale des allergies cutanées et des eczémas (6,4 pour 100 personnes contre 4,1). Il est permis d'incriminer une plus grande exposition au soleil ou à la mer. A

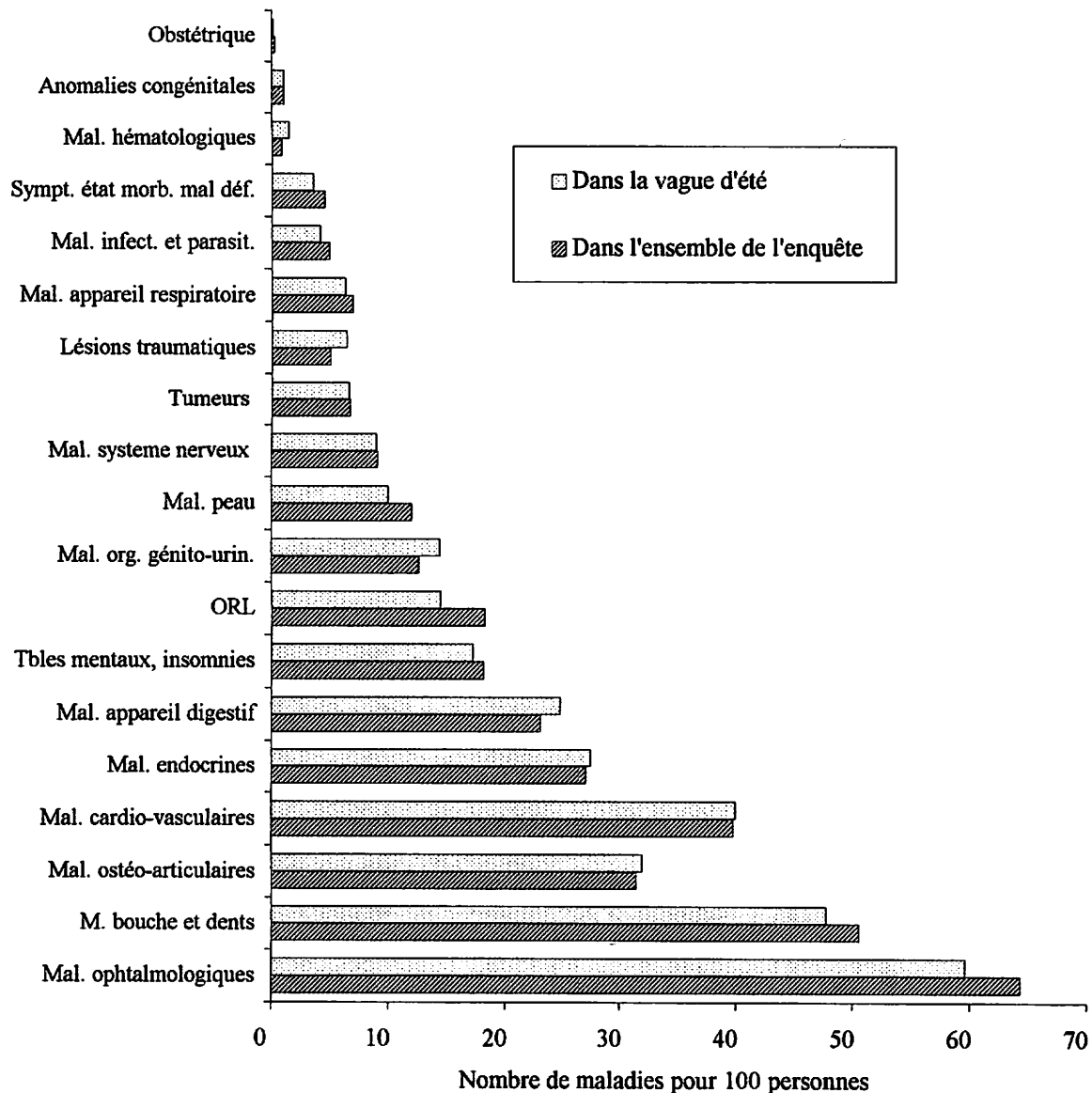


Fig. 3. – Prévalence des maladies selon le type de pathologie. Taux pour 100 personnes.  
Source : CREDES.  
Données : enquête INSEE-CREDES sur la santé et les soins médicaux, 1991-1992.

l'inverse, l'acné semble moins fréquente en saison chaude.

Pour les autres domaines pathologiques, les différences observées restent faibles ou d'interprétation impossible, étant donné la faiblesse des effectifs concernés.

### LA MORBIDITÉ INCIDENTE AIGUË

Il s'agit cette fois du nombre de *nouveaux cas* d'une maladie donnée ou des personnes qui sont atteintes de cette maladie, *pendant une période déterminée* – alors que la morbidité prévalente concernait la présence de

la maladie un jour donné et faisait donc une large place aux pathologies chroniques. Pour son évaluation, nous avons retenu seulement les affections aiguës apparues durant les douze semaines de l'enquête. Pour les maladies chroniques, il a été souvent impossible de préciser si elles avaient effectivement débuté en cours d'enquête ou s'il y avait eu oubli de déclaration lors de la visite initiale. C'est donc la morbidité incidente aiguë, et elle seule, qui est analysée ici.

On remarquera qu'en raison de la méthode d'enquête, les maladies incidentes aiguës ne peuvent guère être relevées qu'à l'occasion d'une consommation de soins. Lorsqu'elles ne sont pas traitées, elles échappent à tout recensement et cela peut être à l'ori-

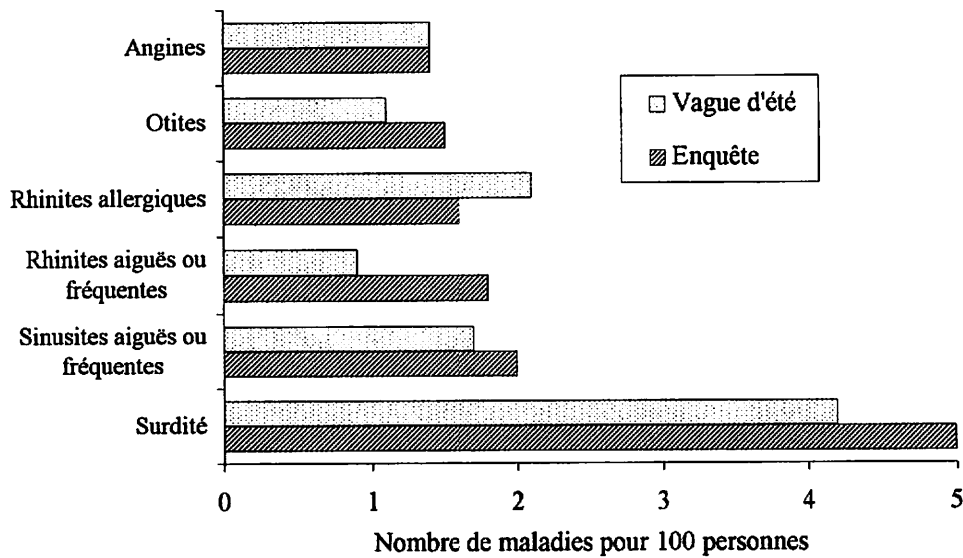


Fig. 4. - Prévalence des maladies ORL. Taux pour 100 personnes.

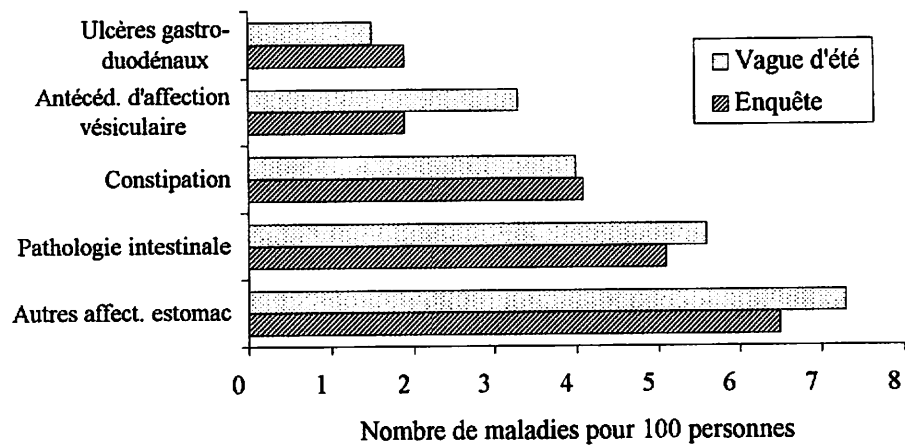


Fig. 5. - Prévalence des maladies de l'appareil digestif. Taux pour 100 personnes.

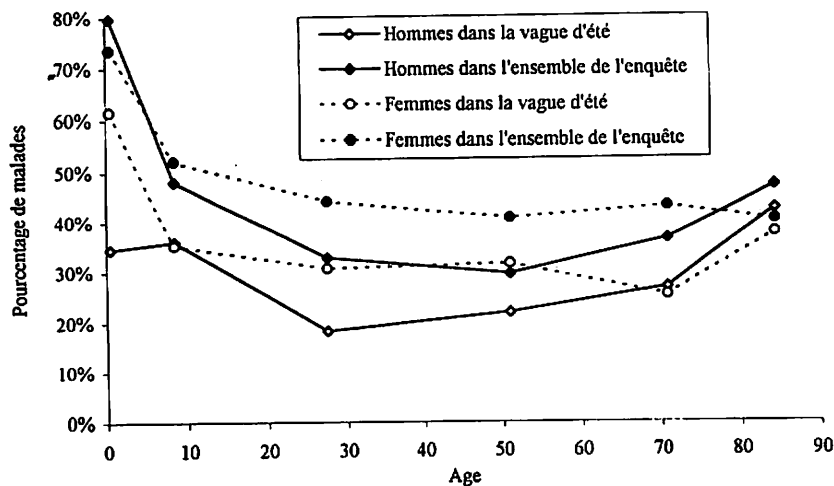


Fig. 6. - « Taux de malades » selon l'âge et le sexe : morbidité incidente aiguë. Source : CREDES. Données : enquête INSEE-CREDES sur la santé et les soins médicaux, 1991-1992.

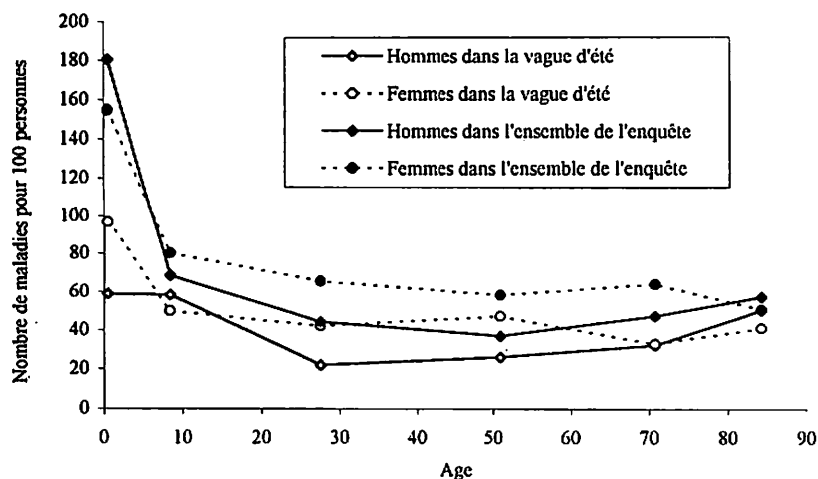


Fig. 7. - Incidence des maladies aiguës selon l'âge et le sexe.  
Taux pour 100 personnes en douze semaines. Source : CREDES.  
Données : enquête INSEE-CREDES sur la santé et les soins médicaux, 1991-1992.

gine de certaines distorsions, par exemple dans le cas de l'incidence des verrues, dont le traitement peut être différé.

#### Le « taux de malades »

Quels que soient l'âge et le sexe, le pourcentage de personnes se déclarant atteintes d'au moins une maladie nouvelle en douze semaines, que nous appelons là encore « taux de malades », s'avère nettement diminué entre la mi-juin et le début septembre. Ce taux s'établit en effet à 28,2 p. cent en été contre 40,9 p. cent le reste de l'année, soit un écart de 12,7 points. Les différences les plus remarquables s'observent chez les garçons de moins de 2 ans (avec des taux respectifs de 34,5 et 79,8 %, soit un recul de plus de moitié) et chez les femmes âgées de 65 à 79 ans (25,2 % contre 43,2 %). Pour la tranche d'âge 2-39 ans, la différence est encore supérieure à 10 points pour les deux sexes. Elle s'estompe avec l'âge, pour devenir presque imperceptible au-delà de 80 ans (fig. 6).

#### Le nombre de maladies

Tout comme le « taux de malades », pour une même tranche d'âge et un même sexe, l'incidence est toujours plus faible l'été. Toutes populations confondues, on dénombre 39 nouveaux cas de maladie pour 100 personnes en période estivale et 60 durant le reste de l'année. L'écart maximal est toujours fourni par les garçons de moins de 2 ans, chez qui l'incidence des maladies aiguës est divisée par trois en été (57 maladies pour 100 personnes, contre 169). Mais la fréquence d'apparition de maladies aiguës diminue encore de moitié, au cours des douze semaines considérées, chez les hommes de 16 à 39 ans et chez les femmes de 65 à 79 ans.

Finalement, il n'y a guère que les garçons âgés de 2 à 15 ans, les femmes de 40 à 64 ans et les personnes des deux sexes de plus de 80 ans qui voient l'incidence estivale s'approcher de celle des autres saisons. Pour tous les autres sous-groupes de la population, le taux reste entre 1,4 et 1,6 fois plus bas durant l'été (fig. 7).

#### Les pathologies concernées

Les rares pathologies survenant davantage en saison chaude qu'au cours du reste de l'année sont les lésions traumatiques (6,3 contre 5,0 %) et, chez les femmes, les maladies des organes génito-urinaires (3,4 contre 2,8 %), plus précisément, les affections des voies génitales féminines et les cystites. A l'opposé, les maladies infectieuses et parasitaires (4,3 contre 8,3 %), les affections ORL (8,1 contre 18,1 %), les maladies de l'appareil respiratoire (en particulier les bronchites aiguës), les dermatoses (1,8 contre 2,9 %) et les symptômes ou états morbides mal définis (asthénie...) se font significativement plus rares en été (fig. 8).

S'agissant des maladies infectieuses et parasitaires, la franche diminution du taux estival d'incidence (4,3 maladies pour 100 personnes, au lieu de 8,9 le reste de l'année) s'explique dans une très large mesure par la quasi-absence de grippe en saison chaude (0,2 contre 4,4).

C'est pour la pathologie ORL (fig. 9) que les chiffres présentent les plus forts contrastes. Ainsi, l'incidence des rhinites aiguës ou à répétition est 3,8 fois plus élevée hors de l'été (9,8 pour 100 personnes contre 2,6). Celle des pharyngites, laryngites et trachéites passe de 3,9 le reste du temps à 1,8 en été. Toutefois l'incidence des angines (1,9) reste relativement élevée et sans gros écarts avec les autres saisons.

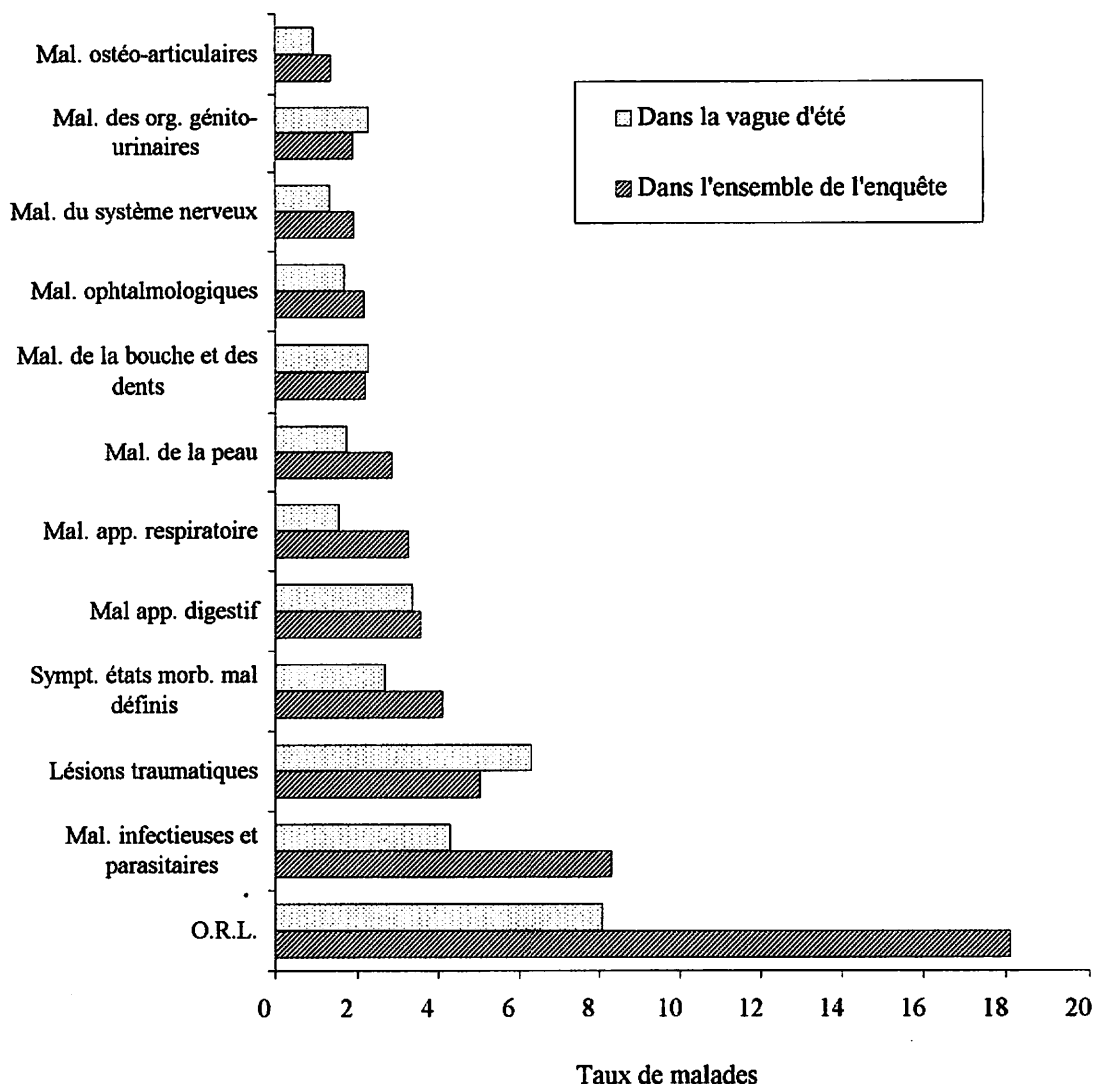


Fig. 8. - Incidence des maladies aiguës par type de pathologie. Taux pour 100 personnes en douze semaines.  
Source : CREDES. Données : enquête INSEE-CREDES sur la santé et les soins médicaux, 1991-1992.

En dernier lieu, on pourra noter que l'incidence des plaies, des intoxications, des autres lésions traumatiques et, dans une moindre mesure, des égratignures est renforcée en été (fig. 10), à l'opposé de ce qui se passe pour les traumatismes (0,4 pour 100 personnes, contre 0,7) et pour les luxations, au moins chez l'homme (0,6 en été, 1,3 le reste de l'année).

### LES INDICATEURS DE MORBIDITÉ

On a déjà dit que ces deux indicateurs se présentaient sous la forme d'échelles qualitatives strictement ordonnées, dont l'objet est de résumer dans une synthèse la gravité cumulée des maladies dont souffre chaque personne.

*Presse thermique et climatique, 1997, 134, n° 4*

### L'invalidité

A la différence de ce que l'on aurait volontiers déduit des taux de prévalence et d'incidence de la morbidité, la proportion d'individus dont le niveau d'invalidité est élevé apparaît majorée dans la période estivale, spécialement parmi la population féminine (fig. 11). Ainsi, le pourcentage de femmes gênées de façon infime ou peu gênées n'est que de 57,9 p. cent en été, contre 66,4 p. cent le reste de l'année. Chez les hommes, l'ampleur du phénomène est moindre, puisque le taux de personnes capables de mener une vie normale (degré d'invalidité  $\leq 2$ ) reste quasiment identique tout au long de l'année, ce qui n'empêche pas le pourcentage d'hommes dont l'activité professionnelle ou domestique est restreinte de grimper en été de 7,5 à 12,9 p. cent.



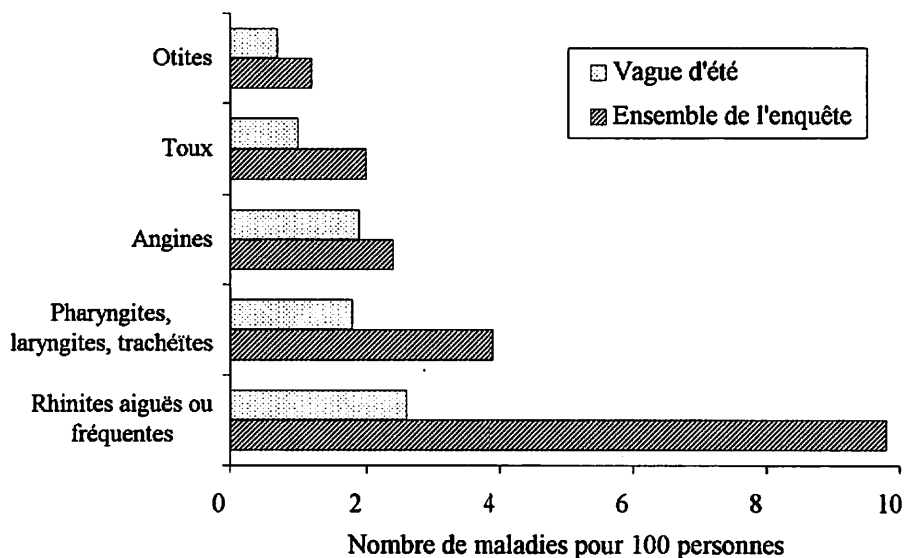


Fig. 9. – Incidence des maladies ORL. Taux pour 100 personnes en douze semaines.

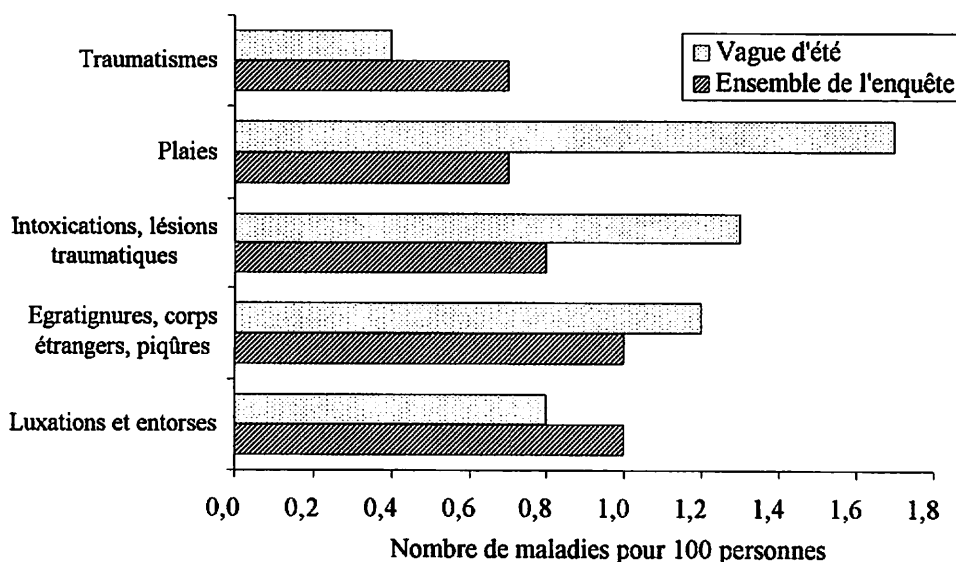


Fig. 10. – Incidence des lésions traumatiques. Taux pour 100 personnes en douze semaines. Source : CREDES. Données : enquête INSEE-CREDES sur la santé et les soins médicaux, 1991-1992.

De tels écarts proviennent essentiellement des personnes âgées de plus de 65 ans. En effet, en été, seulement 29,5 p. cent des femmes de plus de 80 ans mènent une vie normale (invalidité  $\leq 3$ ), alors qu'elles sont 54,5 p. cent le reste du temps. Entre 65 et 79 ans, les chiffres s'établissent respectivement à 61,1 p. cent et 73,3 p. cent. Chez les hommes, c'est également au troisième âge que les différences sont les plus significatives : en été, près de la moitié de la tranche d'âge 65-79 ans a une activité professionnelle ou domestique réduite, contre seulement 32,8 p. cent au cours des autres saisons.

La figure 12 présente l'invalidité moyenne selon l'âge et le sexe. Elle permet de visualiser la similitude des taux jusqu'à 39 ans, quelle que soit la période de

l'année, puis l'originalité croissante de l'été à mesure que l'on considère des âges plus avancés.

Dès lors que le degré d'invalidité mesure un état permanent d'un individu, la différence observée ne peut s'interpréter comme étant liée à la saison, mais plutôt comme un biais d'échantillonnage. Les personnes (et nous pensons ici plus particulièrement aux personnes âgées) ne pouvant partir en vacances en raison de leur état de santé sont plus facilement disponibles pour participer à l'enquête que celles ayant l'opportunité de partir dès le mois de juin ou pour une longue durée. Il y aurait donc, dans l'échantillon de l'enquête estivale, une surreprésentation des sujets dont le degré d'invalidité est important.

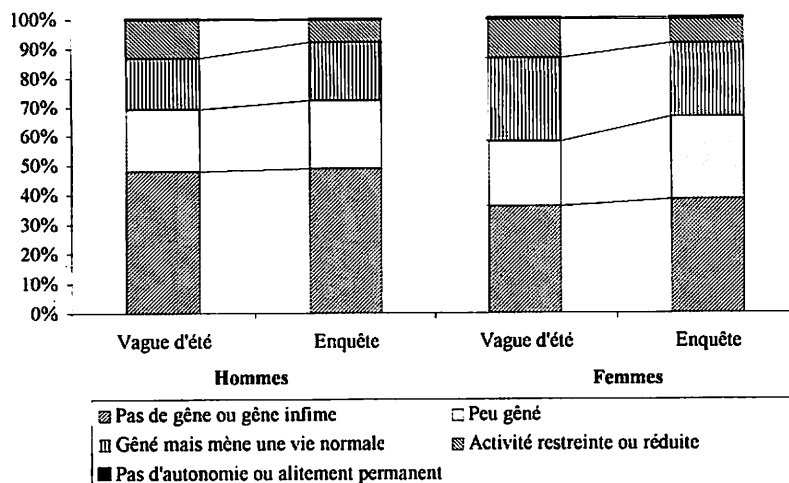


Fig. 11. - Distribution de la population selon le sexe et le degré d'invalidité.

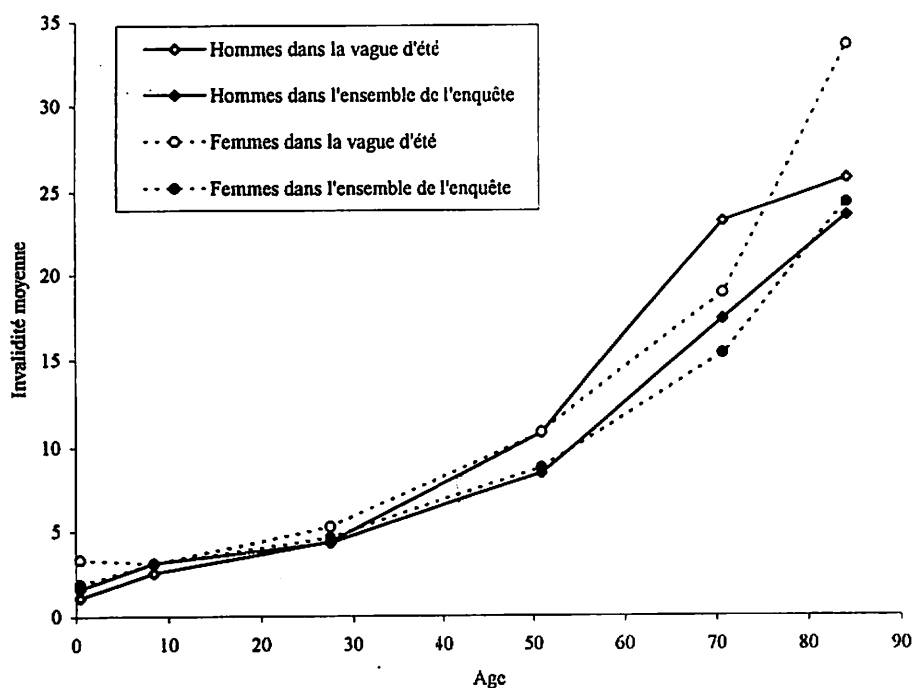


Fig. 12. - Invalidité moyenne selon l'âge et le sexe. Source : CREDES.  
Données : enquête INSEE-CREDES sur la santé et les soins médicaux, 1991-1992.

### Le risque vital

Dans la population masculine, la distribution du risque vital ne montre aucune particularité estivale (fig. 13). A l'inverse, chez les femmes, la proportion de personnes à très faible risque vital ( $\leq 2$ ) se révèle nettement plus basse entre juin et septembre qu'à d'autres périodes (78,6 % contre 82,5 %). Ces variations sont liées à la proportion élevée, parmi les

enquêtes de l'été, des femmes dont le pronostic est « probablement mauvais » (4,3 % contre seulement 1,7 % pour l'ensemble de l'enquête).

Cette fois encore, aucune différence saisonnière n'est perceptible au-dessous de quarante ans (fig. 14), mais c'est dans la tranche d'âge 40-64 ans, quel que soit le sexe, que l'on assiste à la plus forte péjoration pendant l'été. En effet, de la mi-juin au début septembre, les hommes de cet âge ne sont plus que 15,9 p.

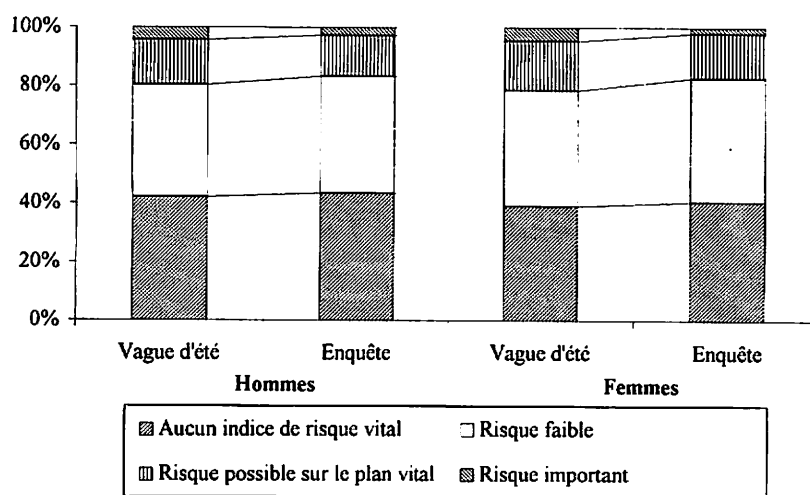


Fig. 13. - Distribution de la population selon le sexe et le risque vital.

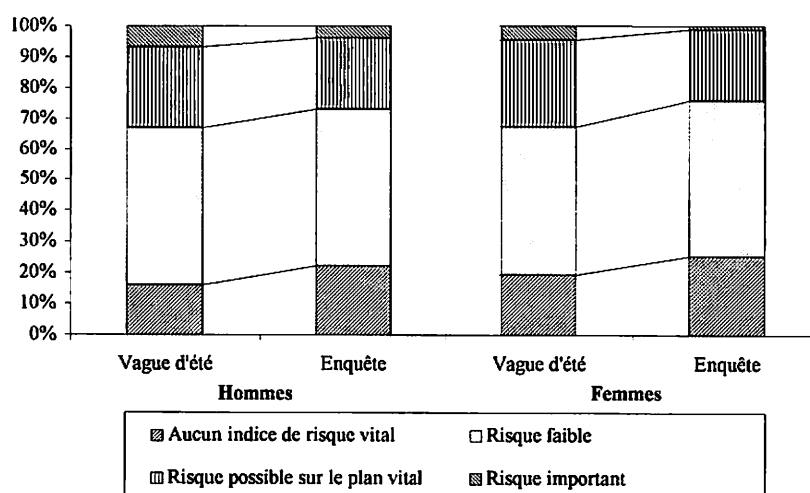


Fig. 14. - Distribution de la population âgée de 40 à 64 ans selon le sexe et le risque vital.  
Source : CREDES.  
Données : enquête INSEE-CREDES sur la santé et les soins médicaux, 1991-1992.

cent, et les femmes 19,3 p. cent, à pouvoir se targuer d'un risque vital nul (contre respectivement 22 et 25,3 % le reste du temps). Ces écarts sont d'autant plus saisissants que le « report » se fait sur les niveaux de risque les plus élevés, et non sur les degrés immédiatement supérieurs : 6,8 p. cent des hommes et 4,2 p. cent des femmes ont un pronostic « probablement mauvais » en été, alors qu'ils ne sont que 3,1 et 1,0 p. cent pendant les autres saisons.

Ces résultats appellent vraisemblablement la même explication que pour l'indice d'invalidité.

## CONCLUSION

Des biais d'échantillonnage ont été détectés. En effet, certaines franges de la population apparaissent surreprésentées parmi les sujets ayant répondu à l'enquête durant l'été. La raison essentielle tient aux difficultés qu'elles éprouvent pour partir en vacances. Il s'agit notamment des personnes âgées, dont l'état de santé est invalidant, des personnes appartenant à des ménages ouvriers, et des personnes dont le niveau

de revenu est particulièrement faible. Cela a indiscutablement influencé les résultats relatifs à la morbidité, d'autant que l'état de santé est ressorti d'une autre étude [5] comme étant, au-delà de 40 ans, l'un des plus puissants déterminants de la décision de partir ou non en vacances. Il n'en reste pas moins que, si l'échantillon utilisé n'est pas en tous points représentatif de l'ensemble de la population résidant en France, les résultats présentés sont une première évaluation des écarts de morbidité entre la période estivale et le reste de l'année.

## RÉFÉRENCES

1. Le Pape A. - *Morbidité et consommation médicale en été*. Paris, CREDES, 1996.
2. Sermet C. - *Enquête sur la santé et les soins médicaux 1991-1992. Méthodologie*. Paris, CREDES, 1993.
3. Sermet C. - De quoi souffre-t-on ? Description et évolution de la morbidité déclarée 1980-91. *Solidarité-Santé*, 1994, 94, 37-56.
4. Bocognano A., Grandfils N., Le Fur Ph., Mizrahi An., Mizrahi Ar. - *Santé, soins et protection sociale en 1993*. Paris, CREDES, 1993.
5. Le Pape A. - *Santé et départ en vacances. Enquête sur la santé et les soins médicaux 1991-1992*. Paris, CREDES, 1997.

# REVUE FRANÇAISE DE GYNÉCOLOGIE ET D'OBSTÉTRIQUE

Rédaction : 31, bd de Latour-Maubourg, 75343 PARIS Cedex 07  
Tél. : 01 40 62 64 00 – Télécopie : 01 45 55 69 20

Administration – Abonnements – Publicité : 15, rue Saint-Benoît, 75278 PARIS Cedex 06  
Tél. : 01 45 48 42 60 – Télécopie : 01 45 44 81 55

## ABONNEMENTS (6 numéros par an)

FRANCE : 1 100 F – Étudiant : 550 F  
ÉTRANGER : 1 390 FF – Étudiant : 695 FF

Les abonnements sont payables au comptant et ne sont mis en service qu'après réception du règlement.

Les chèques bancaires en provenance de l'étranger devront être adressés au compte :  
Crédit du Nord, place Catalogne, Paris – Code banque : 30076 – Code guichet : 02147 – Numéro de compte : 11077700200 – Clé rib : 92.  
Checks drawn on banks in countries other than France should be made payable to account :  
Crédit du Nord, place Catalogne, Paris – Code banque : 30076 – Code guichet : 02147 – Numéro de compte : 11077700200 – Clé rib : 92.

# Ventes de médicaments, saisons et conditions météorologiques L'exemple de la Côte-d'Or

S. BRENIAUX-FRANÇOIS \*

(Dijon)

---

## RÉSUMÉ

Les ventes en pharmacie, cernées ici à travers l'approvisionnement des officines, fournissent un reflet assez fidèle de la consommation des médicaments par les malades et, par suite, des variations chronologiques de la pathologie. Sur une période de 59 semaines, du 1<sup>er</sup> novembre 1993 au 16 décembre 1994, nous avons regroupé les principaux médicaments vendus en treize classes thérapeutiques. Cette démarche nous a conduite à mettre en évidence des rythmes saisonniers bien marqués et des corrélations significatives avec différents paramètres météorologiques. Les résultats les plus nets concernent, d'une part, la recrudescence hivernale de la majorité des pathologies, d'autre part le rôle prépondérant des fortes variations thermiques, tantôt à la hausse, tantôt à la baisse, et tantôt quel que soit leur sens.

**Mots clés :** Météoropathologie - Rythme saisonnier - Médicament - Vente - Officine - Côte-d'Or (Bourgogne, France).  
**Sale of medicines, seasons and weather. The Côte d'Or**

jusqu'à présent concentrées sur un petit nombre de maladies aiguës (infarctus du myocarde, accidents vasculaires cérébraux, hémorragies digestives...) ou de comportements connexes (suicides et tentatives de suicide) et sur un nombre encore plus restreint d'affections chroniques réputées particulièrement sensibles au temps qu'il fait (comme les rhumatismes). Or il serait du plus grand intérêt, tant du point de vue scientifique que sur un plan pratique, de pouvoir élargir l'éventail des pathologies prises en compte, notamment en direction des plus banales qui ne justifient pas toujours le recours à un médecin. Malheureusement, leur recensement rencontre des difficultés presque insurmontables. Toutefois une approche indirecte, certes assez grossière mais quasiment irrempla-

---

\* GDR Climat et Santé, Faculté de Médecine, 7, boulevard Jeanne-d'Arc, 21033 DIJON Cedex.

---

## SUMMARY

as an example. - The sales of medicines, that have been identified here through the supplying of the dispensaries, provide a rather accurate image of the drug consumption, and consequently a rather accurate image of the short-range variations of the pathology. Over a 59-weeks period, from November 1st, 1993 to December 16th, 1994, we arranged the main sold medicines into thirteen therapeutic classes. This process enabled us to establish very pronounced seasonal rhythms, and significant correlations with various meteorological parameters. The most definite results concerned on the one hand the wintertime upsurge of the majority of diseases, on the other hand the dominating part played by strong temperature variations, sometimes upward, sometimes downward, sometimes upward and downward equally well, in triggering diseases.

**Key words :** Meteoropathology - Seasonal rhythm - Medicine - Sale - Dispensary - Côte d'Or (Burgundy, France).

Les recherches météo-pathologiques se sont

çable et curieusement sous-utilisée, peut être fournie par les ventes de médicaments dans les officines. C'est ce que nous nous proposons de démontrer ici, sur l'exemple du département de la Côte-d'Or [1].

## LES VENTES DE MÉDICAMENTS, UN INDICATEUR DES VARIATIONS SUR LA COURTE PÉRIODE DE L'ÉTAT DE SANTÉ D'UNE POPULATION

Chaque fois que l'on souhaite établir un lien entre la morbidité et les variations de l'environnement, on se heurte à la médiocrité des données disponibles sur l'évolution de la pathologie à un pas de temps suffisamment fin, journalier si possible, au pire pentadaire ou hebdomadaire. Les sources utilisables [2, 3] sont

très peu nombreuses :

– il y a d'abord les *registres de morbidité* [4], qui collectent dans un enregistrement continu des informations de multiples provenances sur une pathologie donnée, dans une population bien définie, à l'intérieur d'une zone géographique ou d'une circonscription administrative rigoureusement délimitée. L'avantage est celui d'une quasi-exhaustivité, mais les registres sont des structures lourdes, coûteuses, qui se limitent en pratique à des maladies graves ou invalidantes (cancers, malformations congénitales, cardiopathies ischémiques...) et dont il serait illusoire d'imaginer l'extension à toute les altérations de l'état de santé.

– En deuxième lieu, on peut utiliser les fichiers d'*admission dans les hôpitaux*, dont le programme de médicalisation des systèmes d'information ou PMSI [5] a largement amélioré la précision, sans toutefois leur conférer une portée beaucoup plus large : chacun sait, en effet, que la morbidité hospitalière n'est jamais représentative de la morbidité générale.

– Des informations utiles sont également fournies par les *réseaux de médecins sentinelles* [6], mais leur densité reste faible en France (à la différence, par exemple, de la Belgique) et la surveillance porte presque exclusivement sur la pathologie transmissible (de la grippe à l'hépatite virale), même si y figurent depuis quelque temps des symptômes comme les diarrhées aiguës.

– Restent les enquêtes spécifiques, qui s'avèrent d'une grande complexité et souvent d'un coût prohibitif. De rares tentatives ont été effectuées aux États-Unis, au Canada, aux Pays-Bas ou à Francfort [7], mais les objectifs initiaux ont presque toujours été rapidement abandonnés, soit que l'on se limite à une population très réduite, soit que l'on restreigne l'éventail des pathologies prises en compte, soit encore que l'on renonce à un suivi dans le temps.

Autrement dit, aucune de ces sources ne réussit à donner une idée, fût-elle approximative, de l'incidence ou de la prévalence des principales maladies, à un moment donné, dans un espace géographique bien défini. D'où l'idée d'accéder de façon indirecte à la pathologie traitée en ambulatoire, par le biais des ventes de médicaments – ou plus exactement, car ce paramètre est plus facile à obtenir, à travers l'approvisionnement des pharmacies par les grossistes-répartiteurs. Les officines étant désormais livrées plusieurs fois par jour et fonctionnant « à flux tendus », c'est-à-dire avec des stocks extrêmement réduits pour ne pas dire nuls, il paraît plausible d'admettre que les commandes effectuées un jour donné servent à remplacer les médicaments délivrés ce même jour. On dispose donc là d'un indicateur séduisant, qui a été presque négligé jusqu'à présent en dehors de rares études sur les allergènes de l'environnement [8], mais dont il paraissait utile d'évaluer plus précisément la pertinence.

TABLEAU I. – Les classes thérapeutiques retenues.

1	Anti-histaminiques
2	Anti-asthmatiques
3	Anti-diarrhéiques
4	Anti-ulcéreux
5	Anticoagulants
6	Anti-épileptiques
7	Antidépresseurs
8	Anxiolytiques
9	Neuroleptiques
10	Anti-inflammatoires non stéroïdiens
11	Myorelaxants
12	Corticoïdes
13	Anti-herpétiques
14	Classes 1 à 13

### Les données

Nous avons donc exploité de façon rétrospective, pour les 59 semaines allant du 1er novembre 1993 au 16 décembre 1994, les fichiers de l'OCP, grossiste-répartiteur installé dans l'agglomération dijonnaise, qui avait à l'époque (et qui a encore) une position largement dominante sur la Côte-d'Or, sans que son aire de distribution déborde beaucoup les limites de ce département (ce qui n'est plus le cas aujourd'hui, après fusion avec d'autres succursales). Les données ont été traitées à l'échelle hebdomadaire, les livraisons s'effectuant du lundi au vendredi. Seules les spécialités vendues à plus de mille unités par an ont été prises en compte, et l'on a éliminé les médicaments mis sur le marché ou dont la commercialisation a cessé durant notre période de référence. De même, compte tenu de l'objectif fixé (mise en évidence de variations à l'intérieur de l'année et de corrélations avec le contexte météorologique), nous avons écarté les remèdes prescrits pour des traitements au très long cours et régulièrement renouvelés (antihypertenseurs, par exemple). Les produits retenus ont été regroupés en treize classes thérapeutiques (tableau I), qui font référence à différentes pathologies réputées particulièrement météorosensibles, telles que les allergies, l'asthme, la diarrhée, l'épilepsie, l'ulcère, les affections cardiovasculaires, les maladies de la sphère psychiatrique, les rhumatismes et l'herpès.

Tel quelle, la représentativité des ventes de l'OCP en tant qu'indicateur inter-hebdomadaire de la consommation pharmaceutique et, implicitement, en tant qu'indicateur des variations de la pathologie au même pas de temps, peut susciter des réserves sur au moins trois points :

– d'une part, il arrive pour des raisons variées que les officines passent directement leurs commandes aux laboratoires, spécialement pour des produits de

grande consommation. Il n'en subsiste pas moins que la majorité des pharmaciens s'approvisionnent très régulièrement auprès d'un grossiste, et d'un seul, si bien que la démarche tentée doit tout de même fournir une approche assez réaliste des médicaments délivrés, que ce soit sur prescription médicale ou en automédication.

— D'autre part, pour des raisons de confidentialité, seules étaient accessibles des données agrégées à l'échelle du département, ce qui pose inévitablement problème au moment de les confronter à des données météorologiques par essence ponctuelles. On rappellera néanmoins que l'agglomération dijonnaise regroupe 46 à 47 p. cent de la population départementale, de sorte qu'environ la moitié des médicaments vendus en Côte-d'Or le sont à Dijon ou dans les communes limitrophes. Or c'est là que la position de l'OCP est la plus prédominante, ce qui renforce en définitive la confiance que l'on peut avoir dans l'approche retenue.

— Le plus gênant reste sans conteste le fait qu'un même médicament peut avoir des indications multiples et être prescrit pour des affections très variées — ce qui oblige à s'en tenir à une classification nosologique assez élémentaire.

Quoi qu'il en soit, les ventes de l'OCP ont été mises en relation avec les données de la station météorologique de Dijon-Longvic, la seule du département qui fournisse pour la période considérée des séries complètes. Pour les différents éléments de l'atmosphère, nous avons calculé des moyennes sur sept jours. Les variables météorologiques du samedi de la semaine  $S_{-1}$  au vendredi de la semaine  $S$  ont donc été mises en corrélation avec les ventes de médicaments du lundi au vendredi de la semaine  $S$ , sachant que les commandes effectuées le samedi sont normalement reportées sur le lundi. Le décalage de 48 heures ainsi introduit entre les deux séries de données ne nous paraît pas gênant, d'autant que les répercussions d'un phénomène météorologique sur la santé sont rarement instantanées. En fin de compte, vingt-quatre paramètres météorologiques classiques (tableau II) ont été retenus. Comme un grand nombre d'études antérieures a montré que les phénomènes pathologiques étaient moins sensibles aux valeurs absolues de la température qu'à leur variabilité sur la courte période, nous avons, à partir des relevés tri-horaires, compté le nombre de fois, à l'intérieur de la semaine, où la température avait augmenté ou diminué d'au moins 3°C en trois heures, ce qui permet d'évaluer la fréquence des fortes hausses et des fortes baisses.

### Les méthodes

L'étude a été conduite en deux temps :

— Nous avons d'abord construit, au pas de temps hebdomadaire, les courbes de variation des ventes de médicaments, et les avons complétées par le tracé

TABLEAU II. — Les paramètres météorologiques retenus au pas de temps hebdomadaire.

1	Température moyenne	13	Nombre de jours de brouillard
2	Température minimale moyenne (Tx)	14	Nombre de jours d'orage
3	Température maximale moyenne (Tn)	15	Pression atmosphérique moyenne
4	Température minimale absolue (Txabs)	16	Pression atmosphérique maximale
5	Température maximale absolue (Tnabs)	17	Pression atmosphérique minimale
6	Amplitude thermique moyenne (Tx - Tn)	18	Tension de vapeur moyenne
7	Amplitude thermique absolue (Txabs - Tnabs)	19	Humidité relative moyenne
8	Nombre de fortes hausses de température	20	Humidité relative minimale absolue
9	Nombre de fortes baisses de température	21	Durée cumulée d'insolation
10	Précipitations cumulées	22	Nombre de jours d'insolation < 1 h
11	Durée cumulée des précipitations	23	Vitesse moyenne du vent
12	Nombre de jours de chutes de neige	24	Vitesse maximale absolue du vent

d'une courbe de tendance polynomiale d'ordre 6, qui permet d'identifier plus facilement un éventuel rythme saisonnier.

— La partie proprement météoro-pathologique a reposé ensuite sur le calcul de coefficients de corrélation (simple et multiple) entre la vente d'une classe de médicaments (variable dépendante) et un ou plusieurs paramètres météorologiques (variables explicatives). Ce sont des données synchrones ou quasiment synchrones<sup>1</sup> qui ont été ainsi mises en relation. Pour chaque classe thérapeutique, nous avons successivement procédé à une analyse de corrélation multiple faisant intervenir un grand nombre de paramètres météorologiques, puis à une analyse de corrélation simple avec chacun de ces paramètres pris individuellement. Les résultats ont été obtenus sous la forme d'un coefficient de corrélation ( $R$  ou  $r$ ) compris entre  $-1$  et  $+1$ . Le coefficient de détermination  $R^2$  ou  $r^2$  (carré du coefficient de corrélation) évalue le pourcentage de variance des ventes expliqué par le modèle de régression choisi. Seuls les résultats significatifs au seuil  $p < 0,05$  ont été retenus.

1. Une recherche de *lag correlation* a été tentée. Elle consistait à essayer de découvrir un lien statistique entre l'état de l'atmosphère du samedi de la semaine  $S_{-2}$  au vendredi de la semaine  $S_{-1}$  avec les ventes de médicaments de la semaine  $S$ . Mais les très rares fois où les résultats se sont avérés significatifs, c'était à un taux bien inférieur à celui obtenu en traitant des données quasiment synchrones. Ceci laisse à penser que, si des facteurs météorologiques agissent bien sur la pathologie, leur influence doit s'exercer plus ou moins instantanément, en tout cas sans grand délai.

## Tous médicaments

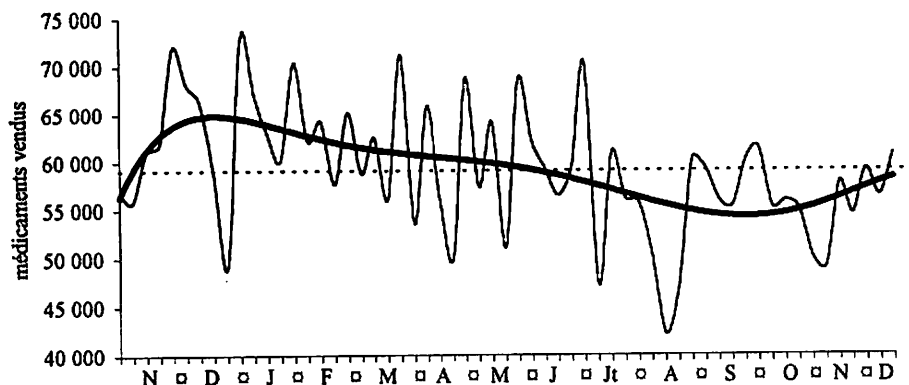


Fig. 1. - Les ventes hebdomadaires de médicaments (13 classes thérapeutiques) par l'OCP-Côte-d'Or, du 1<sup>er</sup> novembre 1993 au 16 décembre 1994. En pointillés, la moyenne annuelle. En trait gras, courbe de tendance polynomiale d'ordre 6.

## Antihistaminiques

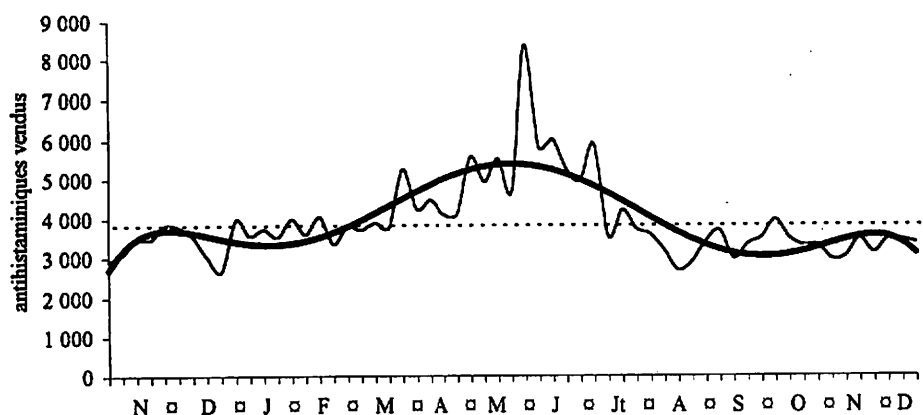


Fig. 2. - Les ventes hebdomadaires d'anti-histaminiques par l'OCP-Côte-d'Or, du 1<sup>er</sup> novembre 1993 au 16 décembre 1994. En pointillés, la moyenne annuelle. En trait gras, courbe de tendance polynomiale d'ordre 6.

## L'ÉVOLUTION CHRONOLOGIQUE DES VENTES DE MÉDICAMENTS

Établir des variations de la pathologie sur la courte période n'est pas une fin en soi. Ce qui importe, ce sont les enseignements que l'on peut en tirer. Nous retiendrons trois points essentiels :

- le premier est que, pour chacune des treize classes thérapeutiques étudiées, *les ventes évoluent fortement dans le cours de l'année*. Les chiffres varient en moyenne du simple au double entre la semaine de plus faible et la semaine de plus forte vente (fig. 1). Pour les anti-diarrhéiques et les corticoïdes, le rapport est de l'ordre de 1 à 3, et presque de 1 à 4 pour les anti-histaminiques (fig. 2). Seuls les anxiolytiques (fig. 3) font exception,

avec un maximum dépassant d'à peine 66 p. cent le minimum, mais il convient d'observer que cet écart inter-hebdomadaire porte tout de même sur quelques 6 000 boîtes de médicaments, ce qui n'est pas négligeable en valeur absolue.

- En deuxième lieu, l'accent doit être mis sur le fait que, si toutes les classes thérapeutiques n'évoluent jamais exactement en phase, il y en a toujours plusieurs qui le font. Si l'on note un pic, une semaine, sur une catégorie de produits, on a la quasi-certitude de le retrouver sur deux, trois ou quatre autres. Ces *corrélations* fortes entre différentes classes de médicaments étaient prévisibles lorsque les co-prescriptions sont fréquentes, comme entre anti-épileptiques et neuroleptiques ( $r = 0,86$  ;  $p < 0,0001$ ) ou entre anti-inflammatoires et anti-ulcéreux ( $r = 0,87$  ;  $p < 0,0001$ ) ; elles sont



## Anxiolytiques

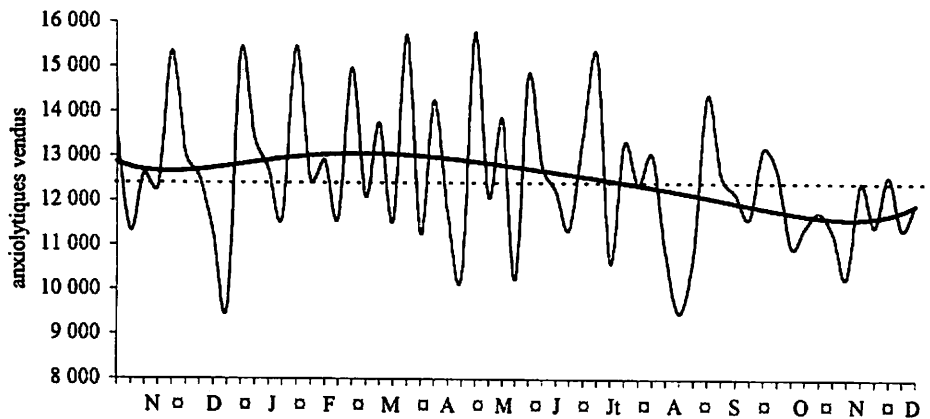


Fig. 3. – Les ventes hebdomadaires d'anxiolytiques par l'OCP-Côte-d'Or, du 1<sup>er</sup> novembre 1993 au 16 décembre 1994. En pointillés, la moyenne annuelle. En trait gras, courbe de tendance polynomiale d'ordre 6.

## Antiulcéreux

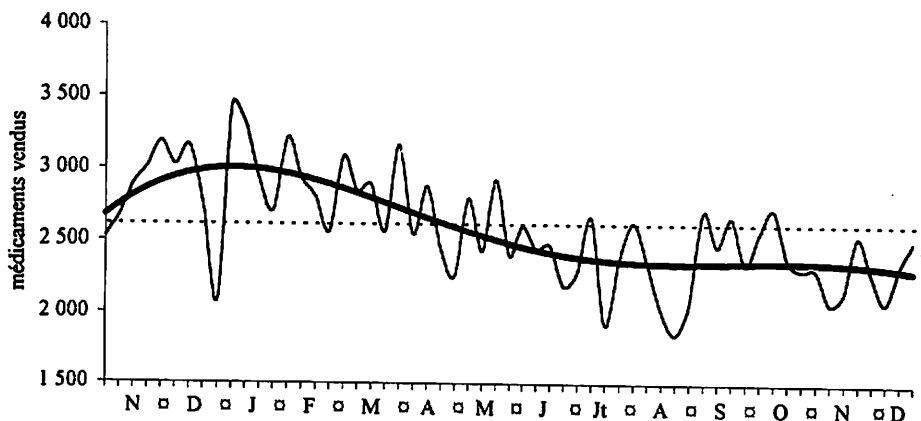


Fig. 4. – Les ventes hebdomadaires d'anti-ulcéreux par l'OCP-Côte-d'Or, du 1<sup>er</sup> novembre 1993 au 16 décembre 1994. En pointillés, la moyenne annuelle. En trait gras, courbe de tendance polynomiale d'ordre 6.

parfois inattendues, comme entre anticoagulants et antiherpétiques ( $r = 0,58$  ;  $p < 0,0001$ ).

– Enfin et surtout, à la seule exception des myorelaxants et des anti-épileptiques, qui ne montrent qu'une succession ininterrompue de creux et de pics, les fluctuations tendent à s'organiser selon un schéma saisonnier, même si celui-ci s'écarte parfois du découpage classique en saisons astronomiques. Le plus souvent, comme on peut le vérifier sur la courbe relative à l'ensemble des treize groupes de médicaments retenus (fig. 1), les ventes culminent en saison froide et atteignent leur minimum au cœur de l'été, ce qui corrobore la moindre pathogénicité reconnue par d'autres méthodes à la période estivale [9]. On retrouve ce

rythme monomodal à culmination d'hiver dans bien des classes thérapeutiques, notamment les anti-asthmatiques, les anti-diarrhéiques, les anti-ulcéreux (fig. 4), les anti-herpétiques, les anti-inflammatoires et les corticoïdes, tandis que pour les anti-dépresseurs le maximum s'étale largement sur l'hiver et le printemps. Les anticoagulants rompent quelque peu avec cet ordonnancement simple, tout en conservant le pic hivernal. Mais d'autres classes thérapeutiques présentent des schémas radicalement différents, jusqu'au maximum très saillant de fin juin-début juillet qui caractérise les anti-histaminiques (fig. 2). Dans tous les cas, la question se pose de savoir comment expliquer les rythmes observés.

## CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET VENTES DE MÉDICAMENTS

En ce domaine, la prudence s'impose : ce n'est pas parce qu'un rythme est décelable dans les ventes de tel ou tel médicament que ce rythme a nécessairement un rapport avec l'état de l'atmosphère. Ainsi, pour les tranquillisants (fig. 3) et dans une moindre mesure pour les neuroleptiques, on constate une recrudescence régulière en début et en fin de mois, alternant avec un creux prononcé du 10 au 25. La raison doit être sociale ou culturelle, même s'il paraît prématuré d'en dire plus. Mieux vaut commencer par l'analyse des deux semaines extrêmes :

– Pour nombre de classes thérapeutiques, les ventes de médicaments se sont effondrées entre Noël et le Jour de l'An, et il vaut la peine de souligner que le phénomène se reproduit sensiblement chaque fin d'année. On ne peut guère incriminer des raisons comptables, ni la fermeture de certaines pharmacies (les ventes devant alors se reporter sur les officines voisines). Il n'est toutefois pas superflu de rappeler les résultats d'une enquête téléphonique réalisée à Dijon, pendant un an, auprès d'un échantillon de rhumatisants [10]. Trois séries de questions étaient posées aux malades, relatives à l'intensité de leurs douleurs, à l'importance de la gêne fonctionnelle et à leurs prises de médicaments. Les trois questions pouvaient paraître redondantes. De fait, elles ont donné des résultats très voisins, mais avec une énorme distorsion fin décembre, où les personnes interrogées déclaraient souffrir beaucoup et être très gênées pour accomplir les gestes de la vie courante, mais où elles diminuaient fortement leurs prises (et non seulement leur achat) d'antalgiques et d'anti-inflammatoires – ce qui va exactement dans le sens de nos propres conclusions. Nous pouvons maintenant affirmer qu'un tel comportement n'est pas particulier aux rhumatisants. Faut-il admettre que les malades s'abstiennent alors de prendre des médicaments pour éviter des interférences fâcheuses avec une surconsommation d'alcool ?

– A l'autre extrémité, on relève un pic très proéminent à une date inattendue, en l'occurrence dans la semaine de 4 au 10 juillet. Ce maximum concerne entre autres les anti-diarrhéiques et les anti-coagulants, mais c'est pour les psychotropes qu'il est le plus saillant. L'hypothèse d'un renouvellement massif d'ordonnances à la veille des vacances peut être écartée, puisqu'un tel pic est absent les autres années. Il se serait donc passé, début juillet 1994, *quelque chose* qui a entraîné une augmentation de l'incidence de maladies très variées. Or la situation météorologique était alors tout à fait inhabituelle. Le lundi 4 et le mardi 5 ont été marqués, dans un flux de S à SW, par des températures très élevées (avec des pointes à 33,2°C et une moyenne des 24 heures supérieure à 26°C). Après une journée de transition, le jeudi 7 et le vendredi 8 ont enregistré, avec l'établissement d'un flux de NW, un recul de 8°C pour la moyenne journalière et de 10°C

pour le maximum. Il faudrait disposer d'autres séquences comparables pour identifier le véritable agent pathogène (forte chaleur du début de semaine ? relative fraîcheur de la fin de semaine ? ou encore brusque passage de l'une à l'autre ?).

A défaut de pouvoir détailler ici tous les résultats obtenus [1], nous nous bornerons à évoquer quatre classes de médicaments.

### Les anti-asthmatiques

Fortes en hiver, les ventes d'anti-asthmatiques (fig. 5) chutent de moitié en été. A l'aide d'une *régression linéaire multiple*, nous avons d'abord cherché à déterminer l'influence combinée des principaux paramètres météorologiques. Mais il nous a fallu d'emblée éliminer nombre de variables explicatives potentielles, car elles sont trop fortement corrélées entre elles. Seuls huit régresseurs ont pu être retenus, car *a priori* relativement indépendants les uns des autres. Le coefficient de corrélation multiple  $R$ , qui exprime l'intensité de la liaison entre les ventes d'anti-asthmatiques et l'ensemble de ces huit régresseurs, s'établit à 0,805, ce qui laisse une probabilité inférieure à 1 p. 10 000 que cette liaison soit due au hasard ( $p < 0,0001$ ). Le coefficient de détermination multiple ( $R^2 = 0,64$ ) évalue à près des deux tiers la part de variance des ventes qui peut être « expliquée » par ce modèle de régression. Les résidus sont distribués correctement (normalité et homoscedasticité).

Mais ce résultat doit lui-même être pris avec prudence, en raison de la trop fréquente co-linéarité des paramètres pris en compte. Mieux vaut donc procéder à une série de *régressions linéaires simples*, liant successivement la vente hebdomadaire des anti-asthmatiques à chacune des variables isolées définissant l'état de l'atmosphère. Les résultats sont éloquentes (tableau III). Plus il fait chaud, spécialement lorsque les températures restent uniformes ou n'évoluent que lentement, moins ces médicaments sont consommés. A l'inverse, les ventes se multiplient par vent fort, surtout si le temps est froid avec des sautes thermiques brutales, notamment dans le sens de la baisse. Tout ceci est en bon accord avec les données de la littérature concernant la météoro-pathologie des crises d'asthme [11, 12, 13]. Le seul point qui s'en écarte porte sur l'action du brouillard : dans notre série, la part de variance « expliquée » par la température moyenne, considérée seule, s'établit à 26 p. cent ; elle monte à peine à 27 p. cent lorsqu'on lui adjoint, comme variable explicative, la fréquence des brouillards.

### Les anti-diarrhéiques

Conduite selon le même principe que pour la classe thérapeutique précédente, la régression multiple faisant intervenir les principaux paramètres météorologiques prend apparemment en compte près des trois quarts (73,7 %) de l'information contenue, mais elle se heurte aux mêmes objections, liées à la présence de

## Antiasthmatiques

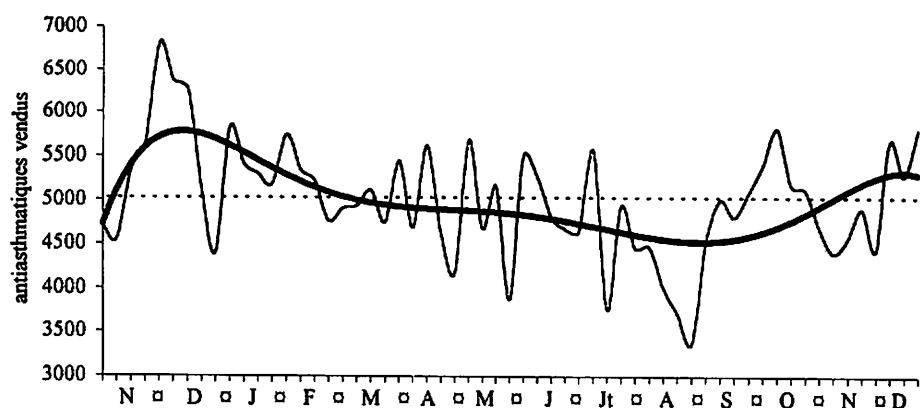


Fig. 5. – Les ventes hebdomadaires d'anti-asthmatiques par l'OCP-Côte-d'Or, du 1<sup>er</sup> novembre 1993 au 16 décembre 1994. En pointillés, la moyenne annuelle. En trait gras, courbe de tendance polynomiale d'ordre 6.

régresseurs inutiles et à la non-indépendance de ces régresseurs, ce qui rend toute interprétation périlleuse. La corrélation linéaire simple n'expose pas à ces difficultés, même si elle ne permet que d'observer des co-variations, dont il serait bien hasardeux de tirer la moindre relation de causalité. Il est en tout cas frappant de relever le nombre de variables météorologiques associées, positivement ou négativement, mais de façon toujours très hautement significative, aux ventes de médicaments anti-diarrhéiques (tableau IV). Tel est en particulier le cas de la plupart des paramètres thermiques. L'ensoleillement et la vitesse du vent mesurée lors des plus fortes rafales ont également un fort pouvoir explicatif. Le signe des coefficients de corrélation  $r$  nous indique que, plus la température et l'insolation sont élevées, moins les anti-diarrhéiques sont demandés, ce qui permet de comprendre que les ventes restent assez faibles du printemps à l'automne. A l'inverse, ce sont non seulement le froid et la grisaille, mais aussi les coups de vent violents et la répétition des fortes baisses de température (fig. 6) qui justifient le très fort pic hivernal. Sans doute la consommation des anti-diarrhéiques est-elle prépondérante l'hiver du double fait des pathologies ORL traitées par antibiothérapie, avec risque élevé de diarrhées iatrogènes, et des rotavirus responsables des gastro-entérites – alors qu'en été prédominent les diarrhées bactériennes [14]. A un pas de temps plus fin, le petit pic du début juillet (semaine du 4 au 10) doit pouvoir s'expliquer, lui aussi, par une variabilité exceptionnelle de la température (13 baisses égales ou supérieures à 3°C en trois heures, ce qui représente un record absolu hors du plein hiver).

TABLEAU III. – Coefficients de corrélation linéaire simple entre les ventes d'anti-asthmatiques et différents paramètres météorologiques.

Paramètre	$r$	$p$	$r^2$
Température moyenne	-0,514	0,0001	0,26
Amplitude thermique moyenne	-0,470	0,0002	0,22
Nombre de fortes hausses de température	0,498	0,0001	0,25
Nombre de fortes baisses de température	0,539	0,0001	0,29
Nombre de jours de brouillard	0,261	0,05	0,07

TABLEAU IV – Coefficients de corrélation linéaire simple entre les ventes d'anti-diarrhéiques et différents paramètres météorologiques.

Paramètre	$r$	$p$	$r^2$
Température moyenne	-0,475	0,0001	0,23
Température minimale absolue	-0,443	0,0004	0,20
Température maximale absolue	-0,520	< 0,0001	0,27
Amplitude thermique moyenne	-0,540	< 0,0001	0,29
Amplitude thermique absolue	-0,456	0,0003	0,21
Nombre de fortes baisses de température	0,769	< 0,0001	0,59
Durée cumulée d'insolation	-0,425	0,0008	0,18
Vitesse maximale absolue du vent	0,560	< 0,0001	0,31

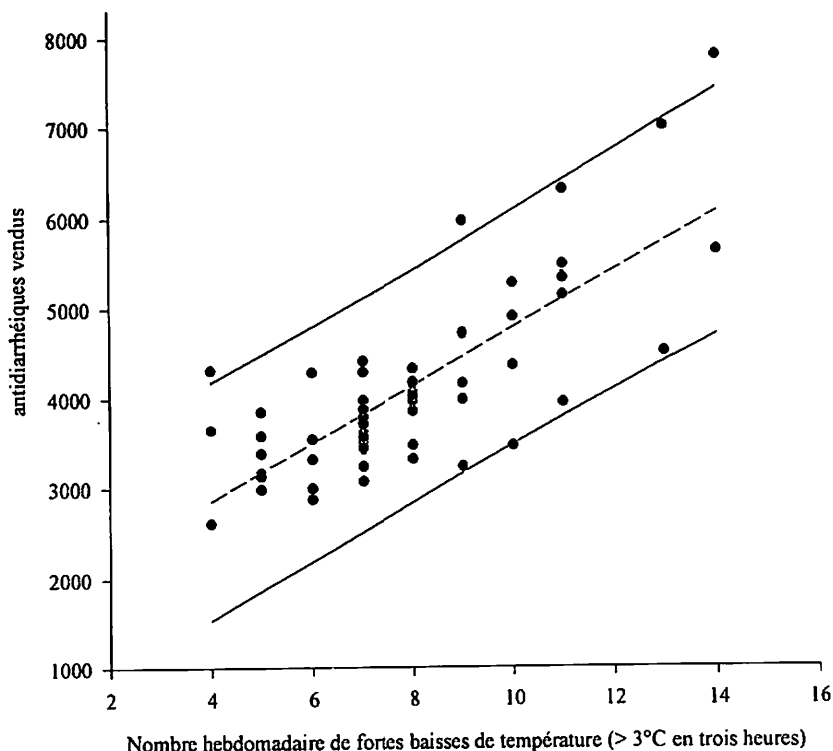


Fig. 6. – Corrélation entre les ventes d'anti-diarrhéiques par l'OCP-Côte-d'Or et le nombre de fortes baisses de la température, du 1<sup>er</sup> novembre 1993 au 16 décembre 1994. En tiretés la droite de régression. En trait plein, son intervalle de prédiction à 95 p. cent.

### Les anti-ulcéreux

On se limitera à détailler ici les résultats fournis par la corrélation linéaire simple. Le point le plus notable est que les ventes d'anti-ulcéreux (fig. 4) sont en corrélation très étroite avec au moins une douzaine de paramètres météorologiques, relatifs aux dispositions thermiques, à l'ensoleillement et à la pression barométrique (tableau V). Ces médicaments sont d'autant plus consommés que les températures sont plus basses et le ciel plus couvert. La forte variabilité thermique, à la hausse comme à la baisse, agit dans le même sens. Enfin, la corrélation négative avec la pression atmosphérique la plus basse de la semaine traduit une augmentation de la demande par situation dépressionnaire.

Le rythme saisonnier, dans notre analyse, est ressorti avec clarté : c'est l'hiver qui suscite les plus fortes ventes d'anti-ulcéreux. Nos résultats sont, de ce point de vue, plus concluants que ceux de la littérature, où l'on ne constate pas toujours de variation saisonnière

TABLEAU V – Coefficients de corrélation linéaire simple entre les ventes d'anti-ulcéreux et différents paramètres météorologiques.

Paramètre	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i> <sup>2</sup>
Température moyenne	-0,512	< 0,0001	0,26
Température minimale moyenne	-0,518	< 0,0001	0,27
Température maximale moyenne	-0,520	< 0,0001	0,27
Température minimale absolue	-0,466	0,0002	0,22
Température maximale absolue	-0,512	< 0,0001	0,26
Amplitude thermique moyenne	-0,403	0,0015	0,16
Amplitude thermique absolue	-0,396	0,0019	0,16
Nombre de fortes hausses de température	0,404	0,0015	0,16
Nombre de fortes baisses de température	0,425	0,0008	0,18
Nombre de fortes variations de température	0,548	< 0,0001	0,30
Durée cumulée d'insolation	-0,392	0,0022	0,15
Nombre de jours d'insolation < 1 h	0,369	0,0041	0,14
Pression atmosphérique minimale	-0,371	0,0038	0,14

significative pour l'ulcère gastroduodénal, même si une certaine tendance à une diminution de la prévalence au plus fort de l'été est souvent notée [15]. A Dijon même, une étude des hémorragies digestives [16] a fait état de risques majorés par temps très humide, ainsi qu'en présence de forts à-coups barométriques, essentiellement en phase de remontée après le passage d'une dépression creusée. De ce point de vue, nos constatations se trouvent corroborées. Par contre, l'étude citée a réfuté toute influence du contexte thermique. Mais on n'oubliera pas que les deux démarches diffèrent à la fois par leur pas de temps (journalier dans un cas, hebdomadaire dans l'autre) et par les phénomènes cliniques pris en compte (hématémèses d'un côté, maladie ulcéreuse de l'autre). Les hémorragies digestives peuvent réagir à d'autres facteurs que l'ulcère gastroduodénal dont elles sont une complication. En tout cas, force est de constater que, si certains auteurs ont observé une relation avec la température, celle-ci n'avait pratiquement jamais jusqu'ici été suffisamment forte pour atteindre un seuil convenable de significativité statistique. Nos résultats ne doivent cependant pas surprendre, tant il est admis aujourd'hui que l'acidité du suc gastrique augmente par temps froid (pH oscillant entre 2 et 2,4). Cela dit, la surreprésentation de la consommation des anti-ulcéreux en saison hivernale et, à l'intérieur de cette période, pendant les semaines les plus froides peut aussi s'expliquer indirectement par des conditions de vie défavorables, par l'importance des stress physiques et psychiques ou par la prise de médicaments gastrotoxiques, notamment les anti-inflammatoires.

### Les anti-histaminiques

En ce qui concerne les anti-histaminiques, on a déjà noté que l'originalité majeure tenait à la culmination des ventes en fin de printemps et en début d'été (fig. 2). Par affinements successifs, l'objectif étant d'obtenir une régression optimale (le plus fort  $R^2$  pour un minimum de variables explicatives), nous avons abouti à une régression ne faisant intervenir que deux paramètres météorologiques : l'humidité relative minimale et la durée d'insolation. Le coefficient de corrélation multiple  $R$  s'établit alors à 0,519 ( $p = 0,008$ ), ce qui fixe à 26,9 p. cent la part de variance « expliquée ».

Les régressions linéaires simples, quant à elles, ont donné des résultats particulièrement significatifs pour l'humidité relative (aussi bien moyenne que minimale absolue), pour la durée d'insolation et pour le nombre de fortes hausses thermiques de trois heures en trois heures. Pris isolément, chacun de ces paramètres rend compte de 19 à 27 p. cent de l'information totale. Les autres variables météorologiques ( $\gamma$  compris les fortes baisses de température) n'ont qu'un pouvoir explicatif très faible ou nul.

TABLEAU VI. - Coefficients de corrélation linéaire simple entre les ventes d'anti-histaminiques et différents paramètres météorologiques.

Paramètre	$r$	$p$	$r^2$
Humidité relative moyenne	- 0,456	0,0003	0,21
Humidité relative minimale absolue	- 0,515	< 0,0001	0,27
Nombre de fortes hausses de température	0,483	0,0001	0,23
Durée cumulée d'insolation	0,438	0,0005	0,19

On voit par là qu'il se vend d'autant plus d'anti-histaminiques que l'insolation est plus généreuse, que l'air est plus éloigné de son point de saturation, ou encore que la température présente davantage de fortes variations tri-horaires dans le sens de la hausse. C'est donc par *beau temps sec, ensoleillé et allant en se réchauffant* que la demande de ces médicaments se fait le plus sentir : ces conditions sont exactement celles qui entraînent les plus fortes libérations de pollen, ce qui permet d'affirmer que les ventes d'anti-histaminiques sont largement déterminées par les pollinoses et, tout spécialement, compte tenu de la date du pic annuel, par les pollinoses aux graminées [17, 18].

### CONCLUSION

En résumé, avec les livraisons de médicaments effectuées par l'OCP dans les officines de la Côte-d'Or, nous avons un reflet assez fidèle de la vente et, par suite, de la consommation des médicaments, dont nous pouvons déduire avec précaution les variations sur la courte période de la pathologie traitée en ambulatoire. Cette source d'information souffre assurément de multiples défauts, mais on ne peut se permettre de la négliger parce qu'il n'en existe la plupart du temps aucune autre susceptible de la remplacer. Les résultats obtenus sur un peu plus d'une année à l'échelle d'un département français corroborent la plupart du temps les conclusions des recherches ponctuelles et isolées qui ont pu être réalisées par ailleurs à partir d'autres données et avec des méthodes différentes [19]. Par rapport à l'immense majorité de ces travaux antérieurs, on est même surpris du nombre des résultats hautement significatifs auxquels on a abouti. De ce point de vue, deux points nous paraissent spécialement dignes d'intérêt. Le premier, intuitivement senti mais rarement vérifié objectivement, concerne la recrudescence hivernale de la plupart des pathologies. Le second se rapporte au rôle prépondérant des fortes variations thermiques, tantôt à la hausse, tantôt à la baisse, et tantôt quel que soit leur sens.

## RÉFÉRENCES

1. François S. – *L'incidence des saisons et des conditions météorologiques sur la vente des médicaments : l'exemple de la Côte-d'Or*. Dijon, Univ. Bourgogne, Thèse Pharm., 1996.
2. Jenicek M., Cléroux R. – *Épidémiologie. Principes, techniques, applications*. St. Hyacinthe, Qué, Edisem, et Paris, Maloine, 1987.
3. Rumeau-Rouquette C., Blondel B., Kaminski M., Bréart G. – *Épidémiologie. Méthodes et pratiques*. Paris, Flammarion, 1993.
4. Borlée I., Ducimetière P., Lévi F., Paccaud F., Raymond L. – Les registres de morbidité. *Rev. Épidémiol. Santé Pub.*, 1988, 36, 267-382.
5. Dusserre L., Quantin C., Lalie A. – Le PMSI au CHR de Dijon : contrôles d'exhaustivité et gestion des malades. *Gestions hospitalières*, 1991, 308, 598-603.
6. Katlama C., Bouvet E. – Maladies transmissibles. In : Brücker G., Fassin D., *Santé publique*, pp. 407-477. Paris, Ellipses, 1989.
7. Emmel M. – *Medizinmeteorologische Untersuchung zur Frage der Gesundheitsvorsorge von wetterabhängigen Beschwerden. Auswertung eines Pilotprojektes mit Telefonansage im Rhein-Main-Gebiet mit ergänzenden Untersuchungen in Bezug auf Vorerkrankungen*. Berlin, Institut für Hygiene der Freien Universität, 1988.
8. Dexarcis V. – *Le contenu aéropollinique du Centre de la France. Ses corrélations avec les paramètres météorologiques à Nevers et Montluçon (1989, 1990 et 1991). Ses corrélations avec la consommation médicamenteuse anti-allergique à Clermont-Ferrand (1991)*. Thèse Pharm., Clermont-Ferrand, Univ. Clermont I, 1992.
9. Le Pape A. – *Morbidité et consommation médicale en été*. Paris, CREDES, 1996.
10. Tannoury M. – *Facteurs météorologiques et douleurs rhumatismales. Une enquête dijonnaise*. Thèse, Dijon, Fac. Méd., 1995.
11. Assor-Amar J. – *Asthme et climatologie*. Thèse Pharm., Montpellier, Univ. Montpellier, 1986.
12. Greeburg L., Field J.I., Erhardt C.L. – Asthma and temperature change. *Arch. Environ. Health*, 1964, 8, 642-647.
13. Strauss R.H., McFadden E.R., Ingram R.H., Jaegger J.J. – Enhancement of exercise induced asthma by cold air. *N. Engl. J. Med.*, 1977, 297, 743-747.
14. Rambaud J.C., Rampal P. – *Diarrhées aiguës infectieuses*. Paris, Doin, 1993.
15. Billard J.L. – *Périodicité saisonnière de la maladie ulcéreuse gastro-duodénale : mythe ou réalité ?* Thèse Méd., Nancy, Univ. Nancy I, 1988.
16. Bonniaud P., Milan C., Besancenot J.P. – Hémorragies digestives et facteurs climatiques à Dijon (octobre 1980-septembre 1981). *Climat et Santé*, 1990, 4, 95-123.
17. Laaidi M. – Influence des facteurs météorologiques sur la concentration du pollen dans l'air. *Climat et Santé*, 1997, 17, 7-25.
18. Laaidi K. – Les pollinoses en Haute-Bourgogne? *Climat et Santé*, 1997, 17, 27-40.
19. Tromp S.W. – *Biometeorology. The impact of the weather and climate on humans and their environment (animals and plants)*. London-Philadelphia-Rheine, Heyden, 1980.

## ANNALES D'UROLOGIE

Rédaction : 31, bd de Latour-Maubourg, 75343 PARIS Cedex 07

Tél. : 01 40 62 64 00 – Télécopie : 01 45 55 69 20

Administration – Abonnements – Publicité : 15, rue Saint-Benoît, 75278 PARIS Cedex 06

Tél. : 01 45 48 42 60 – Télécopie : 01 45 44 81 55

### ABONNEMENTS 1998

(6 numéros par an)

FRANCE : 1 570 F – Étudiant, CES : 785 F - ÉTRANGER : 2 090 FF – Étudiant : 1 045 FF

Les abonnements sont payables au comptant et ne sont mis en service qu'après réception du règlement.

Les chèques bancaires en provenance de l'étranger devront être adressés au compte :  
Crédit du Nord, place Catalogne, Paris – Code banque : 30076 – Code guichet : 02147 – Numéro de compte : 10028300200 – Clé rib : 05.

Checks drawn on banks in countries other than France should be made payable to account :  
Crédit du Nord, place Catalogne, Paris – Code banque : 30076 – Code guichet : 02147 – Numéro de compte : 10028300200 – Clé rib : 05.

# Météorologie et sécurité routière

K. LAAIDI, M. LAAIDI \*

(Dijon)

---

## RÉSUMÉ

Contrairement à ce que l'on pourrait imaginer, les intempéries ne sont pas spécialement génératrices d'accidents de la circulation. Pourtant, ceux-ci ne se produisent pas n'importe où ni n'importe quand, mais montrent d'étonnantes concentrations dans l'espace et dans le temps, ce qui laisse à penser que les conditions météorologiques influent sur la physiologie des conducteurs. Les principales situations à risque coïncident avec les variations du vent, les fortes vagues de chaleur, les orages frontaux et les brusques contrastes de luminosité. On s'interroge sur les formes de prévention les plus efficaces.

**Mots clés :** Accident de la circulation – Sécurité routière – Conditions météorologiques – Temps de réaction des conducteurs – France.

---

## SUMMARY

**Weather conditions and road safety.** – Contrary to what we can well imagine, bad weather is not particularly to blame for triggering traffic accidents. Yet these do not occur anywhere or anytime, but are often gathered in space and time in a surprising way. Such a result suggests meteorological conditions have a direct influence on the car drivers' physiology. Major high-risk situations coincide with wind variations, heat waves, frontal thunderstorms and sudden luminosity contrasts. One still wonders about the most efficient prevention measures.

**Key words :** Traffic accident – Road safety – Weather conditions – Drivers' speed of reaction – France.

---

Il n'est guère besoin d'insister sur l'ampleur du problème de santé publique que posent les accidents de la route, et notamment les accidents avec lésions corporelles [1, 2] : on en dénombre actuellement, en France, une moyenne de 480 par jour (soit un toutes les trois minutes). Et si le nombre de tués a diminué de près de moitié depuis « l'année noire » 1972 (16 000 décès), alors que dans le même temps le trafic faisait plus que doubler, l'optimisme doit être relativisé par l'augmentation régulière de la gravité des accidents depuis 1979-80, et surtout depuis 1985. Le facteur humain est souvent mis en cause en ce qui concerne la responsabilité des accidents [3], qu'il s'agisse d'une faute de comportement (vitesse excessive, conduite

dangereuse, etc.), d'une inaptitude physique ou occasionnelle (malaise, prise de médicaments, alcool, fatigue, etc.). Mais quel est le rôle du temps qu'il fait et du climat à l'origine de ces hécatombes ?

## LES INTEMPÉRIES

Lorsque l'on évoque l'influence des conditions météorologiques sur la sécurité routière, ce sont les méfaits des intempéries qui viennent immédiatement à l'esprit : chaussées glissantes (pluie, neige, verglas), mauvaise visibilité (brouillard), éventuellement vent fort.

---

\* GDR Climat et Santé, Faculté de Médecine, 7, boulevard Jeanne-d'Arc, 21033 DIJON Cedex.

1. On n'oubliera pas que les statistiques comptabilisent uniquement les décès survenus dans les 6 jours qui suivent l'accident, ce qui conduit à une sous-estimation de l'ordre de 12 p. cent.

2. Cette étude s'appuie essentiellement sur des documents inédits fournis par le Centre National d'information Routière (CNIR, Rosny-sous-Bois) et par le Centre Régional (CRIR) de Lyon, notamment par M. Chéron.

Pourtant les conséquences du beau et du mauvais temps, au sens le plus banal de l'expression, ne sont pas exactement celles que l'on attendait. Le jour le moins meurtrier des vingt dernières années (avec, si l'on ose dire, *seulement*, trois morts sur les routes françaises) n'a-t-il pas été le vendredi 16 janvier 1987, alors que le sol était enneigé sur la presque totalité du pays, même si les chutes de neige avaient cessé ? Avec 5 tués, le mardi 18 février 1992 arrive en second ; or il faisait en bien des régions un temps épouvantable : giboulées, pluie verglaçante, neige, grésil, le tout accompagné de violentes rafales de vent... Au total, et quand bien même un tel calcul prête à contestation en raison des incertitudes qui règnent sur l'identification du « mauvais » temps, on compte à l'intérieur d'une région comme la Bourgogne une moyenne de 4,8 tués pour 100 000 kilomètres carrés par jour d'intempérie, et 5,8 par jour exempt de telles intempéries !... Même le brouillard n'est pas impliqué dans plus de 1,5 à 2,5 p. cent des accidents mortels, ce qui paraît fort peu si l'on se rappelle que Dijon, par exemple, totalise 60 à 70 jours de brouillard dans l'année, et surtout si l'on tient compte du fait que la visibilité est souvent la plus mauvaise aux heures de pointe du trafic.

Du reste, ce qui est vrai à l'échelle journalière se vérifie également sur de plus longues périodes : pour la France entière, un mois de février doux et humide (1984, 1988, 1989, 1990...) « fait » une moyenne de 730 tués, contre un peu moins de 600 pour un mois de février froid et neigeux (1983, 1985, 1986, 1987, 1991...). Même chose en été, où juin 1986, très ensoleillé et très chaud, a coûté la vie à 985 automobilistes, motocyclistes ou cyclistes, alors que juin 1987, exceptionnellement humide et gris, en un mot « pourri », a ramené le bilan à 847 tués.

Dès lors, deux explications complémentaires peuvent être invoquées : d'une part, les intempéries amènent une baisse sensible du trafic ; d'autre part, consciemment prises en compte, elles incitent les conducteurs à une plus grande prudence.

Notons simplement que la situation ainsi décrite concerne avant tout le réseau routier. En effet, les choses se présentent un peu différemment sur les autoroutes qui, si elles sont les plus sûres par beau temps (5 % des victimes pour près de 20 % du kilométrage parcouru, par exemple, en 1996), deviennent les plus dangereuses en présence de pluie, de brouillard, de neige ou de vent. La raison doit vraisemblablement être cherchée dans le fait que les autoroutes donnent une trop grande impression de sécurité, pour ne pas dire d'invulnérabilité, au point que le conducteur y néglige les plus élémentaires mesures de prudence ou les prend trop tard. Les contrôles de vitesse effectués par les services de gendarmerie sont à cet égard éloquentes (100, voire 120 km/h, alors que la visibilité ne dépasse pas 20 à 30 mètres – d'où de terribles carambolages, pouvant impliquer plusieurs centaines de véhicules). Et peut-être faut-il ajouter que le très mauvais temps reporte régulièrement une partie du trafic

des routes vers les autoroutes, réputées plus sûres et mieux dégagées.

Quoi qu'il en soit, le cas particulier du réseau autoroutier ne remet pas en cause la constatation fondamentale que *les intempéries, dont nul ne saurait bien évidemment sous-estimer le danger [4, 5], sont incapables d'expliquer la majorité des accidents dans nos climats « tempérés »*.

Est-ce à dire que ces accidents restent des phénomènes purement aléatoires, qui se produisent n'importe où et n'importe quand ? Sûrement pas. Le meilleur moyen pour s'en convaincre est de pointer sur une carte, jour après jour, les endroits où ils se produisent.

## OÙ ET QUAND SE PRODUISENT LES ACCIDENTS ?

Les cartes obtenues montrent d'étonnantes concentrations dans l'espace, avec des zones étendues restant pratiquement indemnes. Ainsi, le 7 juillet 1991 (fig. 1), il a été dénombré 50 tués, ce qui est un chiffre assez élevé mais, hélas, nullement exceptionnel pour un dimanche de vacances. Or, sur ces 50 victimes, on en recense 45 sur une petite moitié Nord de la France, et seulement 5 sur une grande moitié Sud où la circulation était pourtant, à cette date, la plus dense. Il serait facile de multiplier à l'infini de tels exemples. Les endroits critiques changent bien évidemment d'un jour à l'autre, mais ils sont en général délimités par une ligne si précise qu'il suffit de la traverser pour n'être presque plus en danger (fig. 2 et 3). De surcroît, la zone à plus haut risque se déplace souvent, à l'intérieur de la journée ou du jour au lendemain, dans la direction du vent dominant. Ainsi, indépendamment de la visibilité ou de l'état des chaussées, il n'est pas rare de relever à l'aube une forte concentration d'accidents mortels en façade atlantique, de la retrouver l'après-midi sur l'Ile-de-France et le Massif Central, puis la nuit suivante ou le lendemain matin sur les frontières de l'Est...

Cette constatation nous amène à poser comme hypothèse de travail que, si la situation météorologique n'est pas fondamentalement accidentogène par les mauvaises conditions de circulation qu'elle entraîne, elle peut le devenir *en influençant défavorablement le comportement des conducteurs*. Or il est superflu de rappeler que, selon les chiffres les plus récents du Comité interministériel de la sécurité routière, une défaillance humaine est en cause dans 65 p. cent des accidents.

Pour le vérifier, on détaillera l'exemple du 25 avril 1992. Les « Vingt-quatre heures du Mans motocyclistes » ont été marquées par 9 accidents mortels, non pas sur le circuit mais à ses abords, et l'on a en outre hospitalisé 55 blessés grièvement atteints. L'alcoolisme a été aussitôt incriminé, ce qui est peu contestable,



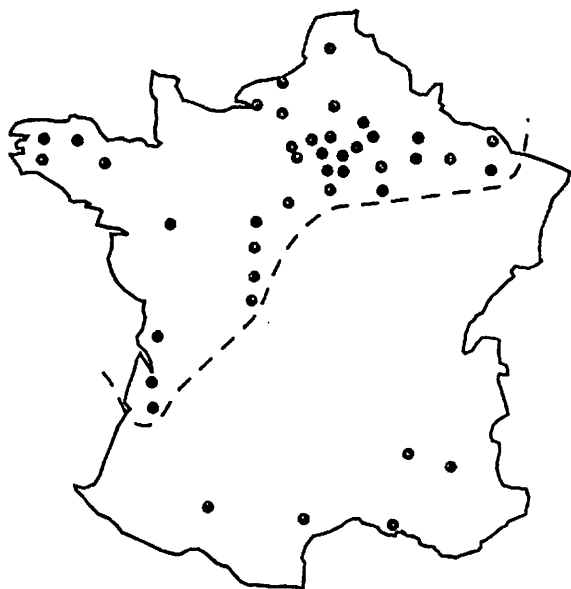


Fig. 1. - Localisation des accidents mortels sur le territoire français (Corse exclue) le dimanche 7 juillet 1991 (Source : données du CNIR).

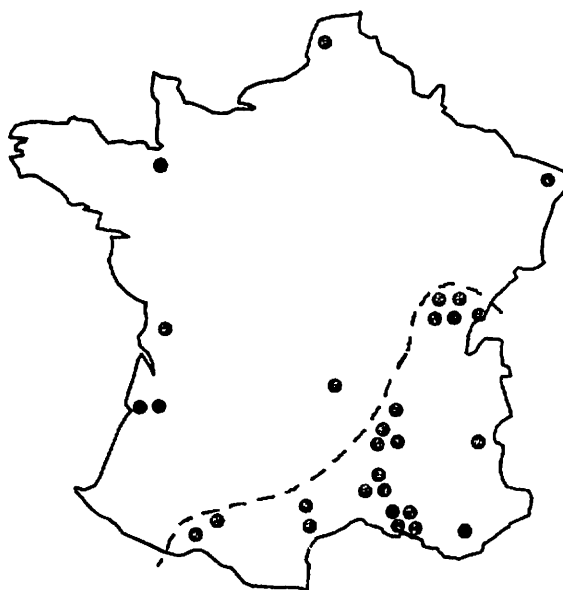


Fig. 2. - Localisation des accidents mortels sur le territoire français (Corse exclue) le lundi 9 juillet 1990 (Source : données du CNIR).

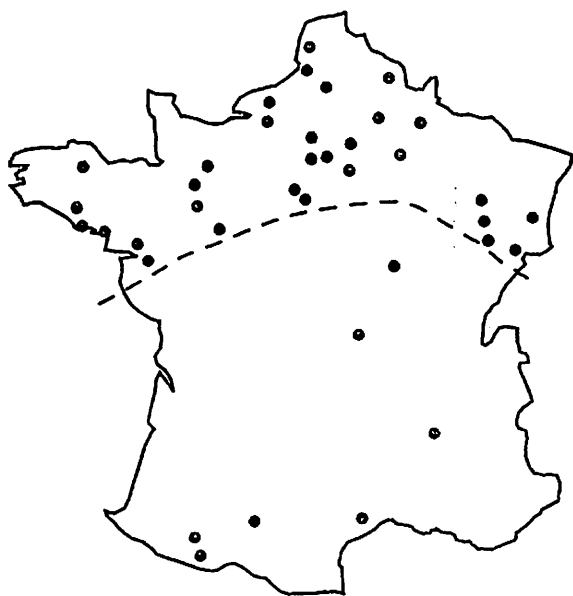


Fig. 3. - Localisation des accidents mortels sur le territoire français (Corse exclue) le dimanche 10 janvier 1988 (Source : données du CNIR).

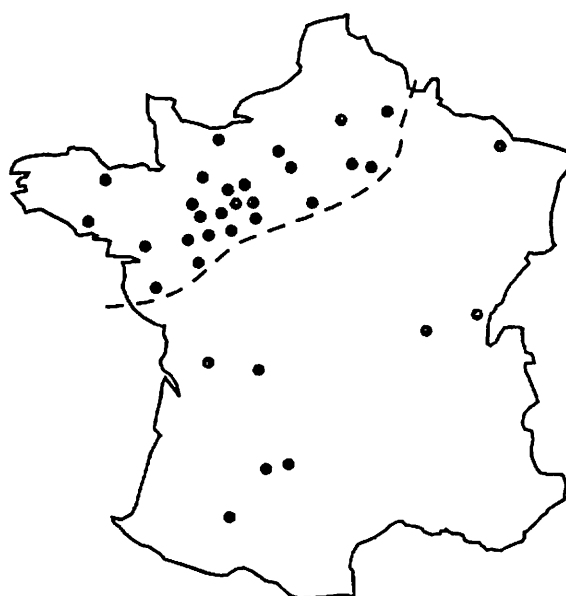


Fig. 4. - Localisation des accidents mortels sur le territoire français (Corse exclue) du samedi 25 avril 1992 à 20 heures au dimanche 26 à 06 heures (Source : données du CNIR. On prendra garde au fait que cette carte concerne une période de douze heures, alors que les précédentes couvraient 24 heures).

mais deux remarques s'imposent. Tout d'abord, rien ne permet d'affirmer que les motards avaient bu en 1992 plus que les années précédentes. En second lieu, et surtout, si l'attention des médias s'est focalisée sur ce qui se passait au Mans, il faut savoir qu'il y a eu au cours de cette nuit (du samedi 20 heures au dimanche

matin 6 heures) une densité exceptionnelle d'accidents - et souvent d'accidents très graves - sur une vaste portion de l'Ouest-Nord-Ouest de la France, en gros de la Normandie aux pays de Loire et aux confins de l'Ile-de-France (fig. 4), l'épicentre se situant sans doute dans les parages du Mans. Pourtant, les conditions de

circulation étaient apparemment bonnes : la nuit était claire (pas de brouillard), les températures douces (pas de gelées) et si de petites averses sont effectivement tombées par endroits, presque tous les accidents se sont produits sur route sèche. Mais l'air était, pour l'heure et la saison, très chargé de vapeur d'eau, tandis qu'arrivait par le sud une dorsale anticyclonique faisant grimper la pression barométrique. De plus, des amplificateurs radio-électriques ont décelé le samedi soir des ondes électromagnétiques d'une fréquence de 3 à 5 kHz, qui ont brouillé certaines télécommunications et dont il est connu qu'elles allongent les temps de réaction dans une proportion pouvant atteindre 20 p. cent [6, 7]. Le phénomène s'est accompagné de perturbations de l'état électrique de l'atmosphère, matérialisées notamment par une charge accrue en gros ions chargés positivement. De fait, il est classique d'observer une sur-ionisation positive, non seulement à l'avant d'un orage ou d'un front chaud, mais aussi lors d'une poussée de hautes pressions, et les concentrations peuvent alors devenir très élevées dans l'atmosphère confinée d'un véhicule, tout spécialement lorsque ses occupants fument et que le « chauffage » est en marche<sup>3</sup>. Or de multiples tests en laboratoire ont montré, sous l'effet des ions positifs, une excitation nerveuse doublée d'une altération de la vigilance [8]. Certes, les répercussions observées restent discrètes, mais elles peuvent s'avérer suffisantes pour provoquer un accident. Et surtout, s'il est vrai que les perturbations notées dans les tests demeurent effectivement minimes, presque imperceptibles, chez un sujet « normal », elles prennent une intensité spectaculaire chez des individus en état d'imprégnation éthylique [9]. Ainsi la boucle se trouve bouclée : même s'ils n'ont pas bu plus que les années précédentes, les motards du Mans ont vu les méfaits de l'alcool considérablement amplifiés par les conditions météorologiques et par l'état électrique de l'atmosphère.

Est-il nécessaire, ceci dit, de rappeler que selon les plus récentes statistiques, la conduite sous l'emprise d'un état alcoolique serait en cause dans 43 p. cent des accidents dits corporels [10] ?

## LES TEMPS À RISQUES

D'une façon plus générale, il est permis d'identifier au moins quatre circonstances météorologiques à risque, encore qu'il paraisse prématuré de tenter à chaque fois une explication :

– La première est liée aux *variations du vent*. Même de faibles écarts, dus à un changement de masse d'air, peuvent avoir des conséquences très graves, souvent supérieures à celles d'une violente tempête. Enten-

ons-nous bien : ce n'est pas la force du vent qui joue, mais plutôt son renforcement, ce qui suggère que ce sont des éléments associés qui interviennent, peut-être l'état électrique de l'air comme l'a suggéré plus haut l'exemple du Mans. L'ionisation positive serait à l'origine d'une modification de l'électrogénèse cérébrale et d'une élévation du taux de sérotonine dans la plupart des tissus de l'organisme [11]. Or cette substance, parfois baptisée « hormone de l'humeur », agit comme médiateur chimique transportant les informations au niveau des voies nerveuses et du cerveau.

– La seconde circonstance « à haut risque » est représentée par les *fortes canicules estivales*, qui amènent une recrudescence impressionnante des accidents corporels. L'été 1976 en a fourni un exemple désormais classique, mais on pourrait en citer d'autres plus récents (1 302 tués en juillet 1983, avec un pic à 67 le 30, en bien des endroits le jour le plus accablant). Le phénomène n'est probablement pas indifférent au fait que, par temps très chaud, les automobilistes roulent plus volontiers de nuit ou partent très tôt le matin, ce qui leur permet de profiter de la fraîcheur mais a aussi pour conséquence de désorganiser les rythmes de vie habituels, en particulier le rythme du sommeil : ce peut être source de danger. Un autre point notable est que, durant ces périodes caniculaires, un nombre tout à fait inhabituel d'accidents met en cause des personnes âgées. Or, d'une façon générale, on sait que le troisième âge paie un lourd tribut aux vagues de chaleur, que ce soit par déshydratation, par hyperthermie, par accidents cardiaques ou par accidents vasculaires cérébraux [12] : il n'y a rien d'étonnant à ce que la vulnérabilité constatée au domicile se retrouve, fortement majorée, dans les conditions difficiles d'un trajet routier, et souvent d'un long trajet. Du reste, lors de reportages sur les circuits de Formule 1, on voit parfois l'affichage digital du rythme cardiaque des pilotes : des chiffres de 120, 150, voire 180 battements à la minute n'ont rien d'exceptionnel. Le téléspectateur assis dans son fauteuil imagine que cela concerne exclusivement des sportifs de haut niveau conduisant à des vitesses extrêmes. Mais il n'en est rien. Des expériences d'enregistrement continu par Holter ont montré que, toutes choses égales, une pareille tachycardie pouvait survenir chez tout conducteur, spécialement lorsque s'ajoutent d'autres facteurs d'accélération du rythme cardiaque, à commencer par la chaleur ambiante. Il s'ensuit un risque certain de malaise chez un sujet dont l'état général est précaire. Et les tracés électroencéphalographiques réalisés au-delà de 30°C montrent l'apparition régulière d'ondes  $\alpha$  (de 8 à 12 Hz), caractéristiques d'une baisse de vigilance [13].

– L'*orage*, et tout spécialement l'orage de fin d'après-midi, constitue un troisième type de temps à risque. On pourrait, à première vue, mettre en cause tout à la fois la chaleur lourde, les perturbations de l'état électrique, les pluies violentes et les coups de vent. Cependant, il faut aussitôt noter qu'en règle générale, les accidents ne se produisent pas sous l'orage, mais dans

3. Ceci ne s'applique évidemment pas aux véhicules à deux roues !

l'heure ou l'heure et demie qui le précède. Or, durant cette période, les contrôles mettent en évidence, sur route comme sur autoroute, une élévation presque systématique des vitesses moyennes, sans que l'on puisse décider s'il faut voir là une action directe du temps pré-orageux sur le comportement du conducteur ou, plus prosaïquement, le fait que l'automobiliste accélère pour échapper à l'orage et arriver à destination avant que celui-ci n'éclate... En revanche, ce qui est sûr, c'est que l'on n'observe pas n'importe quel accident dans ces circonstances. Il ne s'agit généralement ni de dépassements hasardeux, ni de refus de priorité, et pas non plus de dérapages en sortie de virage : sur une portion de route bien droite, sans raison apparente, l'automobiliste se déporte sur sa gauche, traverse la chaussée ou le terre-plein central s'il y en a un, et la voiture va s'encastrer dans un arbre ou sous un véhicule arrivant en face. Parfois aussi c'est un poids lourd qui se renverse. Le constat de gendarmerie ne décèle alors aucune trace de freinage, et pas la moindre tentative pour redresser la situation : tout se passe comme si le conducteur (souvent jeune, en l'occurrence) avait été endormi, « absent », « ailleurs »... Certes, ces accidents d'avant l'orage restent assez rares, mais ils se révèlent terriblement meurtriers : 49 morts dans 548 accidents corporels le lundi 23 juin 1986, contre 17 à 26 pour un nombre d'accidents peu différents les lundis de fin juin des années encadrantes [14, 15]. De plus, il importe de souligner qu'ils ne surviennent pas en présence de n'importe quelle situation orageuse. Un orage convectif (qui se développe au sein d'une masse d'air riche en vapeur d'eau et fortement réchauffée à la base : on dit parfois « orage de chaleur ») n'a pas de conséquences particulières. Les hécatombes se produisent uniquement à l'avant d'un orage frontal (autrement dit, au contact de deux masses d'air présentant des caractéristiques thermiques et hygrométriques fortement contrastées ; c'est dans cette situation que l'on enregistre l'afflux le plus massif d'ions positifs). Mais dès que l'orage éclate (éclairs, tonnerre) et que la pluie commence à tomber, les risques diminuent...

– Un dernier point notable, qui suscite bien des interrogations, se rapporte à la *luminosité*. Qu'il soit ou non accompagné de précipitations, un temps gris n'est pas forcément accidentogène. En revanche, on remarque une recrudescence d'accidents lors du passage brutal et quelque peu prolongé d'un temps clair à un temps bouché, et *vice versa*. Ce sont donc les variations de la luminosité qui semblent en cause. Il est permis, dans certains cas, d'invoquer des troubles de l'accommodation visuelle. On pense, par exemple, au danger représenté en hiver par la neige au sol, dans les champs, sous grand soleil, quand les routes ont été soigneusement remises au noir. On pense aussi à la lumière blanche et dure (« aveuglante ») de fin d'après-midi, après le passage d'un front froid, lorsque le soleil déclinant sur l'horizon accentue les contrastes... Mais il est des faits plus troublants. Ainsi, quand le brouillard se lève en fin de matinée ou en

début d'après-midi, ou encore quand la mi-journée est marquée par un fort assombrissement passager, suivi du retour d'un soleil éclatant, on observe une recrudescence systématique des accidents en soirée (17-18 heures en hiver, 18-20 heures en été). On en est pour l'instant réduit aux hypothèses : la plus sérieuse semble incriminer la sécrétion de mélatonine [16]. Cette hormone produite la nuit, en l'absence de lumière vive, par la glande pinéale (épiphyse) située à l'arrière du cerveau, joue un rôle décisif dans la rythmicité de nombreuses fonctions organiques et a pour principal effet d'émousser la vigilance. Est-ce à dire que l'organisme, « trompé » par le temps sombre, s'est mis plus ou moins en phase nocturne ? En d'autres termes, l'assombrissement de la mi-journée a-t-il entraîné une sorte de décalage horaire artificiel ? Seuls des dosages hormonaux précis et répétés permettront de trancher. Toutefois, on peut dès à présent souligner le danger inhérent aux brusques assombrissements, danger non pas immédiat mais décalé dans le temps de quelques heures. Voilà en tout cas qui attire l'attention sur les relations, encore insuffisamment explorées, entre la lumière et la vigilance [17].

## CONCLUSION

Le rôle des conditions météorologiques sur le comportement des conducteurs paraît difficilement contestable [18]. En outre, il n'est pas indifférent de noter que les journées à haut risque sur les routes sont souvent marquées également par une recrudescence des urgences médicales. Les personnels des SAMU, des SMUR et des services de réanimation connaissent bien ces « séries noires » où ils sont surabondamment sollicités, tant par la pathologie traumatique (accidents de toutes sortes, et notamment de la route) que par la pathologie non traumatique (infarctus du myocarde, hémorragies digestives, suicides et tentatives de suicide<sup>4</sup>, dans une un peu moindre mesure accidents vasculaires cérébraux).

Un tel constat doit naturellement déboucher sur l'énoncé de perspectives de prévention. Il sera sans doute un jour possible, lorsque les recherches auront été suffisamment poussées, de mettre en place un système de prévision dans le domaine de la météorologie routière, l'annonce de tel type de temps faisant redouter pour le lendemain une recrudescence plus ou moins forte des accidents de la route dans telle ou telle région. Une pratique similaire commence à se généraliser, dans plusieurs pays, pour d'autres types de pathologies, et cela peut aider à optimiser la gestion des services d'urgence [19]. Mais on voit mal la diffusion auprès du grand public de messages du type :

4. On ne tiendra pas compte ici du fait, pourtant non négligeable, que certains accidents de la route sont en fait des suicides ou des tentatives de suicide.

« Risques d'accidents graves demain après-midi au Nord-Ouest d'une ligne Nantes-Valenciennes » ou « Risques insignifiants sur l'ensemble du territoire ». Dans les deux cas, le résultat irait sans doute à l'encontre du but escompté. Toutefois, il vaut la peine de réfléchir dès maintenant à l'opportunité de diffuser de telles prévisions (lorsqu'elles seront suffisamment fiables) auprès des professionnels du secours routier et des services de gendarmerie (qui pourraient, par exemple, mettre en place des limitations de vitesse momentanées, en des circonstances particulièrement critiques).

Il serait sans doute plus facile, sinon aussi sûr, d'améliorer l'aménagement des véhicules. On sait que les dispositifs actuels de climatisation, bien qu'ils soient proposés à des tarifs particulièrement élevés, se contentent pour la plupart de maintenir le taux d'humidité relative à un niveau constant, supposé optimal. Mais ils présentent l'énorme inconvénient de générer des

ions positifs en grande quantité, ce qui peut non seulement provoquer diverses indispositions (excitation nerveuse, maux de tête, élévation de la tension artérielle, chute des concentrations sanguines en albumine et cholestérol...), mais aussi altérer la conduite, comme on l'a vu plus haut. Les constructeurs automobiles sont conscients du problème et nombre d'entre eux travaillent, dans le plus grand secret, à la mise au point de dispositifs mieux adaptés, qui garantiraient à la fois le confort et la sécurité. Malheureusement, en s'engageant dans cette voie, ils se heurtent vite, soit à des difficultés techniques que les ingénieurs ne savent pas encore résoudre, soit à des coûts prohibitifs.

De toute manière, c'est seulement lorsque l'on aura pu cerner au plus près les situations accidentogènes, et comprendre les mécanismes biologiques impliqués, que l'on pourra proposer des mesures efficaces pour tenter de réduire l'hécatombe.

#### RÉFÉRENCES

1. Lévy A., Cazaban M., Duffour J., Jourdan R. – Accidents de la circulation. In : *Manuel de santé publique*, pp. 97-101. Paris, Masson, 1989.
2. Turet L., Nicaud V. – Accidents. In : Brücker G., Fassin D., *Santé publique*, pp. 577-584. Paris, Ellipses, 1989.
3. Tourreau A., Catilina P., Montagne D., Auzeau J.L., Martin O., Thévenot B., Mouilhaud J.P. – La « fatigue » au volant. Un problème de sécurité routière. *Concours méd.*, 1997, 33, 119-133.
4. Kari G. – *Weather and slipperiness*. Helsinki, Finnish Meteorological Institute, 1976.
5. Sherretz L.A., Farhar B.C. – An analysis of the relationship between rainfall and the occurrence of traffic accidents. *J. Appl. Meteorol.*, 1978, 17, 711-715.
6. Reiter R. – Verkehrsunfallziffer und Reaktionszeit unter dem Einfluss verschiedener meteorologischer, kosmischer und luftelektrischer Faktoren. *Meteorol. Rundschau*, 1952, 5, 14-17.
7. O'Connor M.E., Lovely R.H. – *Electromagnetic fields and neurobehavioral function*. New York, Alan R. Liss, 1988.
8. Charry J.M., Kavet R. – *Air ions: physical and biological aspects*. Boca Raton, CRC Press, 1987.
9. Got C. – Alcool et accidents. *Concours méd.*, 1985, 107, 2891-2897.
10. Barjonet P.E., Lagarde D., Servelle J. – *La sécurité routière*. Paris, Presses de l'ENPC, 1992.
11. Sulman F.G. – *The effect of air ionization, electric fields, atmospheric and other electric phenomena on man and animal*. Springfield, C.C. Thomas, 1980.
12. Besancenot J.P. – Les fortes chaleurs sont-elles dangereuses ? *La Recherche*, 1990, 21, 930-933.
13. Sommier-Péraudeau C. – *Les troubles de la vigilance du conducteur sur autoroute : causes, prévention*. Thèse n° 88, Dijon, Faculté de Médecine, 1984.
14. Escourrou G. – *Transports, contraintes climatiques et pollutions*. Paris, SEDES, 1996.
15. Cheron P. – *Météorologie et climatologie routières*. *Cah. Centre Rech. Climatol. Hydrol. Appl. Paris-Sorbonne*, 1987, 2, 25-41.
16. Lewy A.J. – Effects of light on human melatonin production and the human circadian system. *Progr. neuro-psychopharmacol. biol. psychol.*, 1983, 7, 551-556.
17. Serres A., Tiberge M., Calvet C., Rouge D., Arbus L. – Conduite automobile et vigilance diurne. *J. Méd. lég. Droit méd.*, 1992, 35, 493-499.
18. Lemaire J.F. – *Les accidents de la route*. Paris, PUF, 1975.
19. Cohen J.C., Fournier A. – *Expérimentation de prévisions biométéorologiques de cardiopathies ischémiques en collaboration avec le Samu de Paris*. Paris, Météo-France, 1995.

# Réchauffement planétaire et santé : la France au XXI<sup>e</sup> siècle

M.A. CASTEL-TALLET \*, J.P. BESANCENOT

(Dijon)

---

## RÉSUMÉ

Les effets de l'accumulation dans la basse atmosphère de gaz à effet de serre ont, ces derniers temps, suscité une littérature surabondante. Au milieu du siècle prochain il pourrait en résulter pour le territoire français une température supérieure d'environ 2°C à la moyenne actuelle. Il faut s'attendre à un éventail considérable d'impacts sur la santé, incluant à la fois les effets directs du réchauffement sur plusieurs grands secteurs de la pathologie (notamment les affections cardiovasculaires, cérébro-vasculaires et respiratoires) et des effets indirects sur les maladies transmissibles. Une analyse préliminaire prenant comme élément de référence la situation présente a suggéré qu'en l'absence d'acclimatation à des températures en hausse, il pourrait y avoir une recrudescence substantielle des décès pendant l'été. A l'inverse, l'adoucissement de l'hiver pourrait se traduire par un recul de la mortalité climato-sensible, mais il semble peu probable que cet effet bénéfique compense la surmortalité estivale annoncée. On peut aussi s'attendre à la réintroduction de certaines maladies à vecteurs. En fin de compte, bien des questions restent sans réponse, mais l'on en sait assez pour inciter les responsables à la vigilance. Si l'avenir ne se prévoit pas, il se prépare.

**Mots clés :** Changement global – Réchauffement – Morbidité – Mortalité – France – XXI<sup>e</sup> siècle.

---

---

## SUMMARY

**Global warming and health: France in the XXIst century.**

– Much and too much has been written recently about the effects of the accumulation of greenhouse gases in the lower atmosphere. By the middle of the next century this would lead in France to a temperature about 2°C above the present-day average. The potential impacts on health are wide ranging and encompass both direct effects of temperature change on several major categories of disease, including cardiovascular, cerebrovascular and respiratory diseases, and indirect effects on communicable diseases. A preliminary analysis using present data as a point of reference suggested that, in the absence of acclimatization to increasing temperatures, there could be a substantial rise in summer deaths. Conversely, milder conditions in winter could result in declines in weather-related mortality, but it seems unlikely this beneficial effect offset the predicted summer overmortality. One might also expect the reintroduction of some vector-borne infectious diseases. Finally, many questions remain unanswered, but enough is known to advise the authorities to be vigilant. Whereas the future cannot be forecast, it must be worked out.

**Key words :** Global change – Warming – Morbidity – Mortality – France – XXIst century.

---

« Nous sommes condamnés à vivre dans l'incertitude, ce qui ne signifie pas que nous devons nous contenter de l'ignorance » [1].

En cette fin du XX<sup>e</sup> siècle, il n'est guère de débat plus passionné ni, hélas, de plus confus que celui portant sur l'éventualité d'un changement de climat à l'échelle planétaire, et sur la responsabilité de l'homme à l'origine de ce *global change* [1, 2, 3, 4]. Le fait est que certaines activités humaines entraînent soit des rejets accrus de dioxyde de carbone et de méthane

dans l'atmosphère, soit une altération de la couche d'ozone stratosphérique. Or, le renforcement de l'effet de serre naturel<sup>1</sup> peut amener un réchauffement de l'atmosphère, tandis que la moindre absorption des ultraviolets solaires par l'ozone, entre 20 et 40 km d'altitude, modifie de façon substantielle la composition spectrale du rayonnement reçu à la surface terrestre [5]. Dans l'hypothèse d'un doublement (par rapport à sa valeur pré-industrielle) de la teneur

---

\* Observatoire Régional de la Santé de Champagne-Ardenne, 7, boulevard Kennedy, 51037 CHALONS-EN-CHAMPAGNE Cedex.

1. On appelle *effet de serre* le processus physique au terme duquel l'absorption différentielle des rayonnements solaire et terrestre par les gaz atmosphériques réchauffe les basses couches de l'atmosphère.

de l'atmosphère en équivalents CO<sub>2</sub>, le territoire français pourrait enregistrer vers le milieu du siècle prochain un *réchauffement moyen de l'ordre de 2°C*, sans précédent depuis la fin de la dernière époque glaciaire. Selon les principaux modèles de simulation du climat, l'élévation thermique serait plus marquée en été qu'en hiver, plus accusée dans les Midis (méditerranéen et aquitain) que dans le Nord, sans doute aussi plus prononcée dans les régions teintées de continentalité qu'en bord de mer ou dans le proche arrière-pays [6, 7]... Comme la santé humaine est à de multiples égards sous la dépendance directe ou indirecte du contexte climatique [8], la tentation est grande d'établir, pour le moyen ou le long terme, un inventaire des conséquences sanitaires les plus plausibles de l'évolution annoncée du climat [9]. Ce sera l'objet des pages qui suivent, sur l'exemple de la France métropolitaine. Sans négliger les maladies infectieuses ou parasitaires [10, 11], l'accent sera mis sur les *affections chroniques, dégénératives et dyscrasiques*, qui dominent à présent la pathologie dans les pays économiquement et socialement développés, où le troisième âge leur paie un tribut particulièrement lourd. Mais au-delà de l'énoncé de quelques tendances vraisemblables, on s'attachera surtout à souligner l'étendue des questions qui demeurent en suspens.

## REMARQUES PRÉLIMINAIRES

On commence à connaître suffisamment les effets du climat actuel sur la santé pour pressentir certaines des conséquences probables d'un changement climatique. Toute la difficulté vient du fait que le réchauffement susceptible de se produire au siècle prochain ne peut être dissocié d'un énorme « bruit de fond », constitué par la *variabilité naturelle du climat*, que l'on a connue de tout temps et à laquelle il se surimposera. Dès lors, il paraît raisonnable d'admettre que les saisons « normales » du milieu du XXI<sup>e</sup> siècle reproduiront sensiblement le schéma observé aujourd'hui en présence de températures anormalement élevées : leurs conséquences peuvent alors être évaluées avec une relative vraisemblance et un degré assez élevé de précision. En revanche, les paroxysmes thermiques (saisons exceptionnellement chaudes) réaliseront un tableau dont on ne connaît pas d'équivalent actuel, si bien que les référentiels doivent être cherchés hors du territoire français, par exemple aux États-Unis, ce qui accroît singulièrement la marge d'incertitude des extrapolations.

Ceci admis, il ne fait guère de doute qu'un réchauffement moyen de 2°C soit suffisant pour avoir un *impact direct*, du fait des perturbations que l'état de l'atmosphère introduit dans le fonctionnement de l'organisme humain. Le climat peut alors intervenir comme authentique facteur causal de la détérioration de l'état de santé (en cas de surexposition à des conditions très agressives : coup de chaleur, déshydrata-

tion...). Mais il doit le plus souvent se comporter en facteur précipitant, voire en simple facteur déclenchant (sur un « terrain » déjà fortement prédisposé : tel doit être le cas dans les accidents cardiovasculaires ou cérébro-vasculaires). Bien évidemment, les effets liés à l'augmentation de la charge thermique sont davantage ressentis par les sujets déjà vulnérables pour d'autres raisons, comme les personnes âgées, les malades chroniques et, dans une moindre mesure, les nourrissons. Le vieillissement d'ensemble de la population française, confirmé par toutes les projections démographiques pour le XXI<sup>e</sup> siècle, ne ferait que renforcer la susceptibilité aux aléas climatiques.

L'action du réchauffement peut aussi s'exercer par effet cumulatif. Il est, par exemple, permis de craindre qu'une succession d'étés généreusement ensoleillés n'entraîne, chez les sujets à peau claire, une franche *augmentation de l'incidence des différents types histologiques de cancers cutanés*, épithéliomas ou mélanomes [12]. L'hypothèse<sup>2</sup> paraît d'autant plus plausible que deux autres facteurs joueraient dans le même sens : d'une part un comportement plus héliotropique de la population, qui s'expose de plus en plus inconsidérément au soleil, d'autre part un rayonnement ultraviolet plus agressif, du fait de la déplétion de la couche d'ozone, qui filtre moins efficacement la radiation émise par le soleil. Mais deux objections viennent aussitôt à l'esprit.

– En premier lieu, n'est-il pas hasardeux de postuler ainsi qu'en été, le réchauffement irait de pair avec un allongement de la durée d'insolation et avec l'arrivée dans les basses couches d'une dose plus élevée de rayonnement ultraviolet ? Comme l'élévation thermique accroîtrait l'évaporation (notamment aux dépens des surfaces maritimes), la nébulosité s'en trouverait inévitablement renforcée, sans que l'on soit encore en mesure de préciser s'il s'agirait de nuages élevés (cirrus, ne contrecarrant guère l'apport radiatif au niveau du sol... et de la peau) ou de nuages bas (stratus, ayant en gros l'effet inverse).

– En second lieu, on n'oubliera pas que le processus de cancérisation exige un long temps de latence. Les spécialistes s'accordent aujourd'hui pour considérer qu'en termes de risques de dégénérescence maligne, l'irradiation reçue durant l'enfance et l'adolescence est trois fois supérieure à celle de tout le reste de l'existence [13]. Dès lors, et même si l'on admet qu'un changement climatique peut avoir une répercussion sur le taux d'incidence des cancers cutanés, il faut attendre trois ou quatre décennies pour commencer à en discerner les effets.

On peut, en revanche, escompter des répercussions quasi immédiates dans d'autres pathologies, et il faut regretter que les recherches aient souvent négligé la morbidité pour se concentrer sur la *mortalité*.

2. Également dans le contexte d'un accroissement de l'exposition au rayonnement ultraviolet, consécutif au plus grand ensoleillement estival et/ou à la raréfaction de l'ozone stratosphérique, il convient de signaler une probable *multiplication des cas de cataracte*.

## RÉCHAUFFEMENT ET MORTALITÉ GÉNÉRALE

Un point capital, auquel on ne prête pas toujours une attention suffisante, est que l'élévation des températures ne peut avoir d'effets pathogènes (ou, éventuellement, d'effets protecteurs) que si, avant cette hausse, l'être humain se trouvait déjà en limite d'adaptation aux conditions thermiques ambiantes. Or on sait qu'aujourd'hui, en France comme dans l'ensemble des latitudes moyennes, la courbe annuelle de la mortalité exprime une nette désaisonnalisation (elle se rapproche de l'horizontale), tout en conservant une discrète culmination de saison froide [14]. De plus, en années successives et si modeste soit-il, le pic hivernal présente une amplitude d'autant plus marquée que l'hiver est plus rude. Dans ces conditions, toutes choses demeurant égales par ailleurs, il faut s'attendre à ce qu'au siècle prochain, l'intensification de l'effet de serre se traduise par une *diminution relative de la surmortalité du trimestre décembre-février*. Si l'on extrapole à partir des situations rencontrées aujourd'hui lors des hivers les plus doux sur les deux tiers septentrionaux du pays, il est permis d'avancer pour le milieu du XXI<sup>e</sup> siècle, ou un peu plus tard, un recul de l'ordre de 5 à 7 p. cent du nombre des décès enregistrés en hiver<sup>3</sup>, les maladies contribuant à cette amélioration étant principalement celles de l'appareil respiratoire (bronchites, pneumonies) et les cardiopathies ischémiques [15]. On se gardera toutefois d'exagérer l'importance du phénomène, tant la variabilité inter-annuelle du nombre des décès hivernaux a toujours été (et, selon toute probabilité, restera) forte.

A l'inverse, il faut s'attendre à ce que les nouvelles dispositions thermiques déterminent au XXI<sup>e</sup> siècle une *assez franche surmortalité de saison chaude*. Seraient sans doute spécialement touchées les couches les plus âgées de la population, les catégories sociales les moins favorisées (dépourvues de toute installation de conditionnement d'air et souffrant souvent de polyopathologies intriquées), ainsi que les femmes (lesquelles, au-delà de la soixantaine, régulent moins efficacement que les hommes leur température interne). Une part assez faible de cette surmortalité estivale serait à rapporter à la mise en échec absolue des mécanismes thermo-régulateurs (hyperthermie), l'essentiel étant imputable à la recrudescence des maladies cardiovasculaires, cérébrovasculaires et respiratoires. Il est difficile d'avancer pour cette surmortalité estivale un chiffre, ou même un ordre de grandeur. Toutefois, on rappellera que dans les départements métropolitains les plus affectés par la canicule, juin 1976 a enregistré

un nombre de décès supérieur de 25 p. cent à celui de juin 1975 [16]. Si l'on extrapole les situations réalisées au cours des étés les plus chauds des cinquante dernières années, on obtient pour le milieu du siècle prochain un taux moyen d'augmentation de 12 à 18 p. cent. Même si ce chiffre reste modeste en comparaison du doublement ou du triplement obtenu dans la même hypothèse pour les États-Unis, plusieurs questions ne peuvent être éludées :

– D'une part, quelle serait la résultante des évolutions opposées caractérisant les saisons extrêmes ? La conjonction d'un renforcement de la mortalité estivale et d'un repli de la mortalité hivernale aboutirait-elle à une inversion des rythmes annuels de la mortalité ? Un élément de réponse peut être tiré de l'analyse de ce qui se passe aujourd'hui aux États-Unis, où les températures sont beaucoup plus contrastées qu'en Europe occidentale. Au cours des trois dernières décennies (1966-1995), dans la tranche d'âge de 65 ans et plus, les cinq hivers les moins rigoureux ont amené un recul moyen de 4,8 p. cent de la mortalité de saison froide, alors que les cinq étés les plus chauds entraînaient une surmortalité moyenne de 10,9 p. cent. On se gardera néanmoins de conclure que, dans une classe d'âge donnée, la mortalité augmentera inexorablement au XXI<sup>e</sup> siècle, et par suite que l'espérance de vie diminuera, du fait des nouvelles conditions climatiques. Les États-Unis ne sont pas la France. De plus, il faudrait savoir ce qui se passe et se passera durant les saisons intermédiaires; or force est de constater que, de part et d'autre de l'Atlantique, les recherches sur le lien entre température et mortalité ne se sont jamais beaucoup intéressées au printemps ni à l'automne. Enfin, et l'on y reviendra, il serait bien imprudent de négliger les progrès de la médecine, la disponibilité des soins et la faculté d'adaptation de l'organisme humain.

– D'autre part, l'évolution serait-elle uniforme sur l'ensemble du territoire national, ou y aurait-il lieu de distinguer des régions inégalement touchées, voire touchées dans des sens différents ? Cette fois, des indications peuvent être tirées des observations réalisées en France depuis une trentaine d'années. La sous-mortalité relative des *hivers* les plus doux paraît assez uniformément répartie à l'intérieur de la zone soumise à des températures anormalement élevées : les écarts sont alors faibles, et non significatifs, entre le nord et le sud, ou entre l'est et l'ouest. Toutefois, dans ce cas, la réduction du nombre des décès touche essentiellement les grandes agglomérations urbaines. Pourtant, du fait de l'apport de chaleur anthropique, ces dernières sont en toutes circonstances moins froides que les campagnes environnantes. Mais le confort de plus en plus grand dont bénéficie le citoyen, qui vit dans une ambiance artificielle (réchauffée l'hiver, réfrigérée l'été), aggrave son intolérance vis-à-vis des conditions climatiques adverses et le rend incapable d'y faire face – alors que le rural, demeuré plus proche de la nature, s'y adapte plus aisément et sans conséquences

3. L'extension de la vaccination anti-grippale chez les sujets fragiles pourrait amplifier le recul.

funestes [17] <sup>4</sup>... Les choses apparaissent plus tranchées *en été*. Actuellement, la surmortalité constatée lors des fortes vagues de chaleur est loin de se distribuer de façon homogène à l'intérieur de l'espace affecté par la canicule. En règle générale, les régions méridionales sont les plus pénalisées, et leur handicap ne pourra guère aller qu'en s'accroissant s'il se confirme que ce sont elles qui enregistrent le plus fort réchauffement. A une échelle spatiale plus fine, *les décès en surnombre se concentrent là encore en ville*, notamment dans les quartiers centraux, densément bâtis, des grandes agglomérations : l'effet de l'îlot de chaleur urbain apparaît difficilement contestable. Les villes méridionales comptant plusieurs centaines de milliers d'habitants seraient ainsi les plus exposées, et l'on risque de voir se multiplier des situations comme celle qui a sévi à Marseille fin juillet 1983 lorsque la chaleur a tué 88 personnes en une seule journée. En outre, pour ce qui est des villes de moindre importance, on constate que celles qui sont en bord de mer sont beaucoup moins touchées que celles de l'arrière-pays [16]. N'oublions pas que durant les mois de juin et juillet 1976, par exemple, la mortalité a baissé en moyenne de 9 p. cent dans les villes côtières de moins de 10 000 habitants alors qu'elle augmentait de 4 p. cent dans les villes de même taille situées à plus de 50 km des côtes. De même, pour les unités urbaines de plus de 200 000 habitants, la surmortalité s'est établie respectivement à 2 et 18 p. cent... Or s'il est vrai que 1976 a pu être défini comme « l'été du XX<sup>e</sup> siècle », une saison estivale aussi chaude ne devrait plus avoir au milieu du XXI<sup>e</sup> siècle qu'une durée moyenne de retour de l'ordre de 5 à 7 ans ! Dans ces conditions, tout porte à penser que l'évolution de la mortalité au cours des prochaines décennies se fera dans le sens d'un double accroissement des gradients N-S et W-E, ainsi que d'un renforcement du nombre des décès survenant au plus fort de l'été dans les grandes villes de l'intérieur.

Encore bien des inconnues subsistent-elles. Il est aujourd'hui acquis qu'à températures identiques, les fortes chaleurs de fin de printemps représentent le risque majeur, puisqu'elles s'avèrent plus meurtrières que celles survenant au cœur de l'été, lorsque l'organisme commence à s'adapter. Il serait donc important de déterminer si cette éventualité a une probabilité accrue de se réaliser au siècle prochain mais, pour l'instant, nul n'est en mesure de répondre. Une grande attention doit également être portée au *rythme journalier* d'évolution des différents paramètres météorologiques. L'accord n'est pas fait sur le schéma le plus plausible quant à l'évolution inter-horaire des températures. Dans l'hypothèse d'un renforcement de l'effet

de serre, la plupart des modèles suggèrent que *le réchauffement porterait essentiellement sur les températures nocturnes*, alors que l'augmentation de la nébulosité (sauf peut-être sur les bords de la Méditerranée ?) entraînerait une moindre élévation des températures diurnes. Or, actuellement, lors des grandes vagues de chaleur, *c'est en présence de nuits particulièrement chaudes que l'on assiste aux plus terribles hécatombes*, comme si l'organisme supportait sans trop de peine la chaleur de la journée tant que les nuits permettent de « récupérer » dans de bonnes conditions, alors qu'en contraignant le sommeil, le maintien de températures élevées tout au long du nyctémère réduit notablement sa capacité de résistance. Le scénario le plus plausible milite donc, une nouvelle fois, pour une *accentuation des risques*, la température maximale n'étant jamais le seul facteur à prendre en compte... Enfin, plus que les dispositions moyennes, ce qu'il serait capital de connaître, c'est la fréquence de dépassement de tel ou tel seuil critique. Si l'élévation de la température moyenne s'accompagne d'une moindre dispersion des dispositions thermiques en journées successives, les conséquences sanitaires ont toutes les chances de rester amorties. Si, au contraire, l'on assiste à une multiplication des journées chaudes (plus de 25°C) et, surtout, très chaudes (plus de 30°C) ou torrides (plus de 35°C), les conséquences risquent d'être beaucoup plus redoutables. Or, certaines projections vont jusqu'à suggérer une multiplication par douze de la fréquence de ces journées torrides...

En fait, tout devrait dépendre de la brutalité avec laquelle s'opérera le réchauffement. S'il s'installe progressivement, presque imperceptiblement, les conséquences sanitaires ont toutes les chances de rester mineures, l'organisme ayant le temps de *s'adapter à son nouvel environnement thermique*, avec un minimum de perturbations somatiques et psychiques. Mais si l'évolution se fait par à-coups relativement violents (et les simulations ne l'excluent pas), les conséquences risquent de s'avérer dans un premier temps beaucoup plus inquiétantes (fig. 1), quitte à ce que se réalise ensuite peu à peu le retour à un nouvel équilibre [18, 19]. A terme, il n'est d'ailleurs pas impossible que l'acclimatation biologique soit renforcée et/ou relayée par des adaptations technologiques, à commencer par de nouvelles conceptions architecturales et urbanistiques qui changeraient les données du problème.

## RÉCHAUFFEMENT ET RECRUESCENCE DE MALADIES EXISTANTES

Quelles sont les pathologies les plus susceptibles de voir leur prévalence augmenter en présence d'un réchauffement d'ensemble du climat ? Nous avons déjà mentionné les maladies cardiovasculaires et cérébro-vasculaires, dont tout porte à croire qu'elles pèseront du poids le plus lourd, et peut-être les secondes

4. De même, lors des grandes vagues de froid (janvier-février 1985, février 1986...), l'absentéisme (à l'école ou au travail) atteint ses taux les plus élevés dans les grandes villes, alors qu'il se maintient à des niveaux moins excessifs dans les villes moyennes et tombe à des chiffres presque insignifiants dans les petites villes et les campagnes ; on suppose donc que dans l'éventualité d'un réchauffement, la diminution de la mortalité hivernale toucherait surtout les grandes agglomérations.



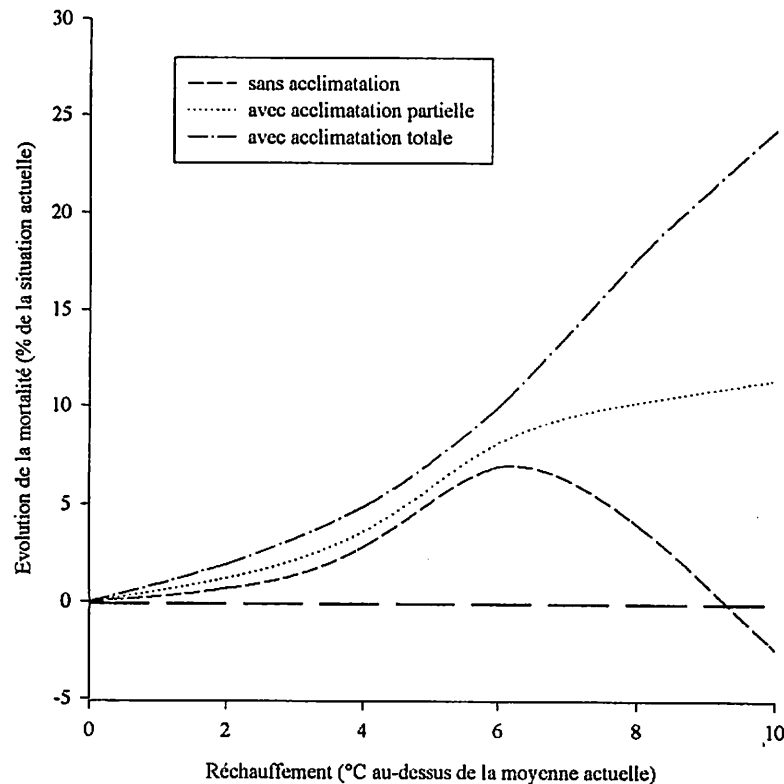


Fig. 1. – Évolution attendue de la mortalité estivale en cas de réchauffement, selon le degré d'acclimatation (Inspiré de L.S. Kalkstein [18], modifié).

plus encore que les premières. Mais la liste ne s'arrête pas là. Le climat peut avoir des *impacts variés sur l'appareil respiratoire*, dans la mesure où interviennent à la fois sur lui les saisons, certaines situations météorologiques particulières (orages, passage de fronts) et la combinaison subtile de l'action du temps qu'il fait avec celle d'autres facteurs environnementaux (qualité de l'air, notamment) ou topographiques. Plusieurs cas doivent dès lors être distingués [4] :

– La bronchite aiguë et, chez les jeunes enfants, la bronchiolite culminent en hiver. Si l'on admet que le froid affecte la réactivité bronchique, qu'il accroît la réplication et/ou la transmission des virus et qu'il diminue la résistance aux infections [20], on peut escompter une influence positive du réchauffement de la saison hivernale, mais il convient de ne pas exagérer l'ampleur (le recul de 35 % annoncé par certains auteurs paraît infondé), d'autant que les plus forts taux d'incidence coïncident rarement avec les plus grands froids.

– Les maladies chroniques obstructives des voies respiratoires et les pneumonies connaissent, elles aussi, leur exacerbation habituelle entre Noël et Pâques. Mais, là non plus, les périodes les plus affectées ne sont pas celles qui voient le thermomètre descendre le plus bas : elles correspondent plutôt à des situations forte-

ment anticycloniques (propices à la formation de brouillards et à la stagnation des polluants) et à l'inhalation d'un air très pauvre en vapeur d'eau [20]. Il serait prématuré d'en déduire quoi que ce soit pour le siècle prochain...

– A l'inverse, l'asthme montre une distribution plus homogène dans le cours de l'année (en dépit de deux maxima habituels au printemps et en automne), tandis que les rhino-conjonctivites présentent des pics énormes aux périodes de dissémination maximale des grains de pollen : fin d'hiver et début de printemps (pollen d'arbres et d'arbustes), fin de printemps et tout début d'été (pollen de graminées), extrême fin d'été et début d'automne (pollen d'armoise et d'ambrosie). Or, un réchauffement du climat amènerait inévitablement le déplacement vers le nord de l'aire de répartition de nombreuses espèces végétales, dont certaines fortement allergisantes, tandis que la plus grande fréquence du « beau temps » chaud, ensoleillé et exempt de fortes précipitations, augmenterait les quantités de pollen libérées dans l'air. C'est ainsi que l'on verrait se dessiner peu à peu une *nouvelle géographie des pollinoses* [21]. Probablement l'allergie au bouleau tendrait-elle à se cantonner plus nettement sur le nord du pays, mais des taxons spécifiquement méditerranéens pourraient faire leur apparition bien

au-delà de leur domaine actuel (les pollens de cyprès et de pariétaire devenant ainsi des allergènes majeurs jusqu'en Bourgogne ou en Touraine), tandis que Basse-Provence et Languedoc-Roussillon risqueraient de souffrir, par exemple, du pollen d'arganier aujourd'hui spécifique du Sous (sud du Maroc) <sup>5</sup>.

Ajoutons, pour en terminer avec les maladies des voies respiratoires inférieures, que les plus vives craintes sont permises quant à une possible *recrudescence estivale des crises d'asthme* <sup>6</sup>, mais aussi des bronchiolites, du fait de l'accroissement difficilement évitable de la teneur de l'air en oxydes d'azote, en ozone et en autres polluants photochimiques qui génèrent un brouillard photo-oxydant particulièrement irritant et toxique [22]. De surcroît, et à l'encontre d'une croyance tenace, les recherches récentes [23] révèlent que la qualité de l'air extérieur a un retentissement immédiat à l'intérieur des locaux, où nous passons en moyenne 80 à 90 p. cent de notre temps. En particulier, une forte concentration « extérieure » en ozone s'accompagne presque toujours d'un pic de pollution encore plus saillant dans les bureaux ou les habitations.

Trois derniers exemples <sup>7</sup> nous aideront à nous faire une idée de l'extrême diversité des conséquences sanitaires possibles du réchauffement attendu :

– C'est ainsi que la chaleur estivale, et les fréquentes déshydratations qui s'ensuivent, risquent de déterminer une *augmentation de la prévalence des lithiases urinaires*. Le déficit d'évaporation n'en a-t-il pas été reconnu le plus sûr prédicteur [24] ? La France du sud (domaine méditerranéen) et de l'est (domaine semi-continental) pourrait ainsi se trouver annexée à la « ceinture de la pierre », zone particulièrement éprouvée qui se cantonne pour l'instant aux latitudes subtropicales à tendance aride ou semi-aride [25]. On constate d'ores et déjà, jusqu'en Ile-de-France, que le nombre d'épisodes de coliques néphrétiques augmente lors des périodes caniculaires ou dans leurs suites immédiates. Le mécanisme est connu. Pour qu'une substance cristallise dans les urines, il faut que sa concentration y atteigne une valeur critique. En dessous de cette valeur la substance reste dissoute, au-delà on observe la formation de microcristaux qui, en s'agglutinant, finissent par former un calcul. Or, l'augmentation du taux urinaire d'une substance est due le

plus souvent à une baisse de la diurèse, entraînant une élévation de la concentration de sels et de composants organiques dans les urines. Cette baisse de la diurèse peut être une réaction physiologique d'adaptation, destinée à éviter une déshydratation en présence d'une importante déperdition d'eau et/ou d'une insuffisance de l'apport hydrique. Voilà qui ouvre la voie à une prévention simple, et l'exemple israélien confirme l'efficacité des messages invitant à boire abondamment et, surtout, à adapter en permanence le volume de boisson à la diurèse.

– Dans un registre différent, on notera qu'en relevant discrètement la température centrale de la mère et du fœtus, l'accentuation de la chaleur estivale aurait une forte probabilité d'entraîner une *élévation sensible du taux de prématurité et une augmentation corrélative du taux de mortalité périnatale*. C'est en tout cas ce que l'on observe aujourd'hui en situation caniculaire, où les accouchements avant terme se multiplient [26].

– La pathologie somatique n'est d'ailleurs pas seule à être affectée par l'élévation des températures. Au-delà d'un seuil qui reste difficile à fixer, mais qui doit s'apprécier davantage en écart à la normale qu'en valeur absolue, il est régulièrement constaté que la chaleur ambiante engendre des comportements irascibles, avec manifestations d'auto-agressivité aussi bien que d'hétéro-agressivité, et amène souvent une *recrudescence des admissions en urgence dans les services de psychiatrie* [27]. Le phénomène a une forte probabilité d'aller en s'amplifiant dans le futur, même si l'on est encore incapable de faire la part de ce qui, dans l'agressivité constatée, peut être rapporté à la chaleur proprement dite et de ce qui doit être imputé à d'autres facteurs, comme le bruit, l'activité physique, l'importance des contacts interpersonnels (plus il fait chaud, plus on passe de temps en plein air, donc souvent en société...) et des boissons alcoolisées ingurgitées.

## L'ÉMERGENCE DE NOUVELLES MALADIES (OU LE RETOUR DE MALADIES ÉRADIQUÉES)

Pour les maladies transmissibles, écrire l'histoire du futur s'avère une tâche redoutable en raison de la complexité des systèmes épidémiologiques, qui font souvent intervenir toute une série de facteurs aux effets intriqués, et dont chacun peut être concerné de façon directe ou indirecte par le changement global : la biologie de l'agent pathogène (virus, bactérie, protozoaire, helminthe, etc.), le mode de transmission, la réceptivité et la biologie des différents vecteurs (insectes, acariens...) et/ou des hôtes intermédiaires (rongeurs, mollusques...), le système immunitaire humain, etc. Cette dépendance à l'égard du climat fait que nombre des maladies en question sont étroitement inféodées à un milieu géographique bien délimité. Il faut donc s'attendre à ce qu'une variation cli-

5. Au moins pour les espèces pollinisant au printemps, car celles qui arrivent à maturité en été verraient leur cycle végétatif entravé par l'excès de sécheresse. Par ailleurs, la moindre humidité de l'air aurait un effet inhibiteur sur le développement des moisissures, dont les spores sont également un facteur causal de l'asthme. Une fois de plus, il faut éviter toute conclusion univoque...

6. D'aucuns ont avancé à ce propos le taux de 40 p. cent. Là encore, toute affirmation paraît prématurée.

7. Il faudrait aussi mentionner nombre de dermatoses mineures (miliaire rouge ou bourbouille, secondaire à la rétention sudorale), ainsi que de mycoses ou de bactérioses superficielles, au développement conditionné par la chaleur humide (« pied d'athlète », favorisé par le port de chaussures étroites peu aérées).

matique s'accompagne de modifications dans leur distribution spatiale et/ou dans leur niveau d'incidence. Nous ne nous attarderons pas sur le cas des maladies déjà présentes en France dont certaines, aujourd'hui circonscrites au domaine méditerranéen (fièvre boutonneuse, leishmaniose...), pourraient voir leur aire d'extension gagner vers le nord. En revanche, il vaut la peine de s'interroger sur les affections susceptibles d'être introduites ou réintroduites à la faveur d'un réchauffement du climat.

Le risque paraît minime pour le *paludisme*, même si des cas sporadiques sont régulièrement attestés à proximité des aéroports. En fait, un relèvement thermique ne changerait guère les données du problème : le vecteur potentiel (moustique du genre anophèle) est déjà présent sur le territoire national sans qu'il y ait inoculation de la maladie et seul un apport massif de parasites (*Plasmodium*) d'une souche compatible avec les populations anophéliennes locales pourrait entraîner une reprise de la transmission. Encore y a-t-il tout lieu de penser que, dans cette éventualité, le phénomène serait rapidement détecté, circonscrit et maîtrisé.

La progression d'*Aedes albopictus*, qui sévit depuis 1990 dans la moitié septentrionale de l'Italie, suscite davantage d'inquiétudes. Ce moustique, bon vecteur de la dengue mais aussi de la fièvre de la vallée du Rift et du virus West Nile (à l'origine d'affections fébriles plus ou moins sévères et, parfois, de redoutables encéphalites), pourrait dès à présent gagner le Midi méditerranéen, où ses exigences écologiques seraient satisfaites, puis envahir tout ou partie du pays si le réchauffement se confirme. On peut également craindre qu'une espèce voisine très anthropophile, *Aedes aegypti*, ne ré-envahisse la France en risquant, si une surveillance stricte n'est pas mise en place, d'y occasionner des épidémies de fièvre jaune et de dengue, dans une population non immune [28].

## EFFETS INDIRECTS DU RÉCHAUFFEMENT

Nous avons surtout, jusqu'ici, évoqué des effets directs du réchauffement du climat sur la santé. On ne peut cependant exclure des effets plus subtils, qui passeraient par le truchement de co-facteurs, eux aussi influencés par l'évolution du climat. Nous nous limiterons à deux exemples, assez inattendus, mais dont les conséquences ne peuvent être négligées :

– Le premier concerne la *recrudescence des intoxications*, par mauvaise conservation des aliments. De vives inquiétudes sont permises quant à la prolifération des gastro-entérites<sup>8</sup>. A défaut de données fiables en France, des indications précieuses peuvent être tirées d'une étude réalisée en Angleterre et au Pays de Galles

[29]. Il en ressort que durant les dix étés 1982-1991, le nombre des intoxications alimentaires a crû de façon quasi exponentielle avec la température moyenne. Dans ces conditions, un simple réchauffement de 2,1°C d'ici à 2050 pourrait déterminer une progression de 13,3 à 19,4 p. cent du taux d'incidence, ce qui représente une moyenne de 179 000 cas supplémentaires chaque année, avec un maximum assez proéminent en septembre. Or, la population française dépasse d'un peu plus de 15 p. cent celle de l'ensemble Angleterre-Pays de Galles et la France enregistre des températures estivales bien plus élevées que les îles britanniques. La transposition des chiffres précédents conduit donc, *mutatis mutandis*, à fixer aux alentours de 230 000, voire de 250 000, la progression à attendre du nombre annuel des intoxications alimentaires. La parade passe par le renforcement des mesures d'hygiène lors du conditionnement, puis de la conservation des aliments et par l'éducation des consommateurs.

– Le second exemple fait plus directement intervenir l'action humaine. En effet le réchauffement du climat, combiné au progrès technique et, du moins faut-il l'espérer, à une croissance économique d'ensemble, devrait susciter un considérable engouement pour la climatisation de sécurité ou de confort des habitations, des locaux professionnels, des moyens de transport et des hôpitaux. Or, depuis 1970, l'attention du corps médical est régulièrement attirée sur les *risques de contamination possible des systèmes de climatisation et/ou d'humidification* par des micro-organismes variés, pouvant être à l'origine d'une symptomatologie clinique polymorphe [30]. Ces affections, tantôt bénignes et tantôt sévères, parfois même mortelles, sont dans la majorité des cas des manifestations allergiques à type d'hypersensibilité immédiate (rhinites, crises d'asthme) ou d'hypersensibilité retardée (alvéolites). Mais il peut aussi s'agir de maladies infectieuses (aspergilloses, ornithoses, maladies dites « des légionnaires » et autres infections moins graves dues à *Legionella*, comme la fièvre de Pontiac). Cette fois, la prévention doit avant tout être demandée à la technologie. Si l'on veut réduire les risques de contamination, il convient en premier lieu de perfectionner les dispositifs de filtration de l'air, en second lieu d'éviter la présence d'eau stagnante dans les circuits, enfin de codifier strictement la maintenance des installations, car la plupart des incidents ou des accidents pourraient être évités au prix d'une grande vigilance.

## CONCLUSION

En guise de conclusion provisoire, l'accent peut être mis sur quatre points.

– Le premier tient à l'**immensité de notre ignorance**. Du bouleversement climatique annoncé, nous ne connaissons encore ni toutes les modalités, ni à plus forte raison toutes les conséquences. On ne raisonne au mieux

8. Dans un esprit voisin, il y a lieu de redouter, sous l'effet du réchauffement, une prolifération des infections transmises directement par l'eau ou par des aliments que l'eau a contaminés (*Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella*, hépatites A et E, poliomyélite, etc.).

que sur des hypothèses assez grossières. Pour sophistiqués qu'ils puissent paraître, les modèles d'évolution du climat comportent encore d'innombrables incertitudes. S'il y a de fortes présomptions pour que, à long terme, la température s'élève, on ne peut encore prédire avec certitude de quelle façon, dans quelle mesure et quand. Il est également difficile de passer de l'échelle planétaire à l'échelle continentale ou, plus encore, à l'échelle régionale, en raison de la faible résolution spatiale des simulations (au mieux 5° de latitude et de longitude) et de la prise en compte simpliste de bon nombre de processus physiques. Le rôle des masses nuageuses, en particulier, reste hors de portée des modèles atmosphériques les plus perfectionnés [31, 32].

– En deuxième lieu il faut rappeler que, dès l'instant où l'on envisage ce qui pourrait se passer dans le futur, on entre dans le domaine de l'aléatoire. Ce ne sont pas des prévisions que l'on peut formuler, mais plutôt des projections, des extrapolations de la situation présente, obligeant à *raisonner toutes choses égales par ailleurs*, autrement dit à postuler la poursuite des activités humaines au rythme actuel et à exclure toute transformation radicale dans la prévention et/ou le traitement des maladies. On voit par là la prudence [33] qui s'impose dans l'interprétation de ces projections qui, en toute logique, devraient être accompagnées d'une estimation de leur marge d'erreur – ce dont nous sommes incapables. **Rien ne permet donc d'affirmer que l'évolution se fera bien dans le sens indiqué.** Mais comme rien ne permet non plus de l'infirmer, il est souhaitable que soient prises d'ores et déjà toutes les précautions nécessaires (à commencer par la surveillance épidémiologique) pour que, si la modification annoncée se produit, ses conséquences sanitaires puissent être minimisées. Car, s'il est vrai que l'avenir ne se prépare pas, il se prépare.

– En troisième lieu, il importe de **toujours relativiser nos conclusions**, sans céder au catastrophisme à la

mode. Certaines des conséquences potentielles sur la santé s'avèreraient bénéfiques, alors que d'autres seraient défavorables et que d'autres encore ne peuvent appeler un jugement univoque, puisqu'elles affecteraient avant tout la répartition chronologique des maladies (altération des rythmes pathologiques annuels) ou leur distribution dans l'espace, sans modifier vraiment leur niveau national d'incidence. Parlerait-on d'amélioration ou de péjoration quand la sclérose en plaques a de fortes chances de voir son taux s'effondrer [34], dans le même temps où la prévalence de l'asthme serait fortement accrue ? De toute manière, ces effets seraient étroitement régionalisés. Il s'ensuit que, plutôt que de conclure, à l'échelle nationale, à une évolution positive ou négative de telle ou telle pathologie, il serait plus réaliste d'évoquer une double redistribution de la répartition des maladies, dans le temps (au fil des saisons) et dans l'espace (avec une certaine dérive vers le nord, une *méditerranéisation* [1], en accord avec la translation des zones climatiques correspondantes).

– Enfin, et c'est l'écueil le plus difficile à surmonter, ce serait une erreur que de considérer isolément les effets potentiels de l'évolution du climat, hors de tout contexte. *Les variables météorologiques ne suffisent pas à cerner les risques climatopathologiques.* Une même agression climatique n'est pas ressentie de la même façon dans différents milieux socio-économiques ou culturels. Il faut aussi garder toujours présent à l'esprit le fait que l'élévation de la température peut exacerber les effets associés à la pollution de l'air et, par suite, intensifier les problèmes médicaux des groupes humains les plus vulnérables. Il s'ensuit que le changement global en général, et le réchauffement consécuteur au renforcement de l'effet de serre en particulier, ne sont jamais que l'une des multiples composantes de la combinaison de facteurs susceptibles de déterminer l'évolution de la répartition chronologique et spatiale des faits de santé.

## RÉFÉRENCES

1. Kandel R. – *Le devenir des climats*. Paris, Hachette, 1995.
2. Berger A. – *Le climat de la terre. Un passé pour quel avenir ?* Bruxelles, De Boeck, 1992.
3. Gassmann F. – *Effet de serre, modèles et réalités*. Genève, Georg, 1996.
4. Legget J. – *Le réchauffement de la terre*. Paris, Éd. du Rocher, 1993.
5. Mégie G. – *Stratosphère et couche d'ozone*. Paris, Masson, 1992.
6. Houghton J.T., Jenkins G.J., Ephraums J.J. – *Climate change: the IPCC scientific assessment*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1990.
7. Houghton J.T., Callander B.A., Varney S.K. – *Climate change 1992: the supplementary report of the IPCC scientific assessment*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1992.
8. Tromp S.W. – *Biometeorology. The impact of the weather and climate on humans and their environment (animals and plants)*. London-Philadelphia-Rheine, Heyden, 1980.
9. McMichael A.J., Haines A., Slooff R., Kovats S. – *Climate change and human health*. Genève, WHO, 1996.
10. Cook G.C. – Effect of global warming on the distribution of parasitic and other infectious diseases: a review. *J. Roy. Soc. Med.*, 1992, 85, 688-691.
11. Wilson M.E., Levins R., Spielman A. – *Disease in evolution. Global changes and emergence of infectious diseases*. New York, NY Acad. of Sciences, 1994.
12. Doré J.F., Muir C.S., Clerc F. – *Soleil et mélanome. Analyse des risques de cancers cutanés. Moyens de prévention*. Paris, INSERM et Doc. Fçse, 1990.
13. Rossant L. – *Le soleil et la peau*. Paris, PUF, 1995.
14. Sakamoto-Momiyama M. – *Seasonality in human mortality*. Tokyo, Univ. of Tokyo Press, 1977.
15. Langford I.H., Bentham G. – The potential effects of climate change on winter mortality. *Int. J. Biometeorol.*, 1995, 38, 141-147.
16. Escourrou P. – Chaleur et mortalité. *Bull. Sect. Géogr.*, 1978, 83, 59-73.
17. Kalkstein L.S. – Health and climate change : direct impacts in cities. *Lancet*, 1993, 342, 1397-1399.

18. Kalkstein L.S. – The impact of CO<sub>2</sub> and trace gas-induced climate change upon human mortality. In: Smith J.B., Tirpak D.A., *The potential effects of global climate change on the United States. Appendix G*, pp. 1-35. Washington, US Environmental Protection Agency, 1989.
19. Haines A., Fuchs C. – Potential impacts on health of atmospheric change. *J. Public Health*, 1991, 13, 69-80.
20. Ayres J.G. – Meteorology and respiratory diseases. *Update*, 1990, 40, 596-605.
21. Emberlin J. – The effects of patterns in climate and pollen abundance on allergy. *Allergy*, 1994, 49, 15-20.
22. Katsouyanni K., Pantazopoulou A., Touloumi G., Tselepidaki I., Moustiris K., Asimakopoulos D., Pouloupoulou G., Trichopoulos D. – Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. *Arch. Environ. Health*, 1993, 48, 235-242.
23. Jakobi G., Fabian P. – Indoor/outdoor concentrations of ozone and peroxyacetyl nitrate (PAN). *Int. J. Biometeorol.*, 1997, 40, 162-165.
24. Bréard V. – L'évaporation, prédicteur des crises de coliques néphrétiques ? L'exemple nantais. *Climat et Santé*, 1996, 15, 113-125.
25. Besancenot J.P. – Sécheresses et lithiases urinaires. *Sécheresse*, 1992, 3, 211-217.
26. Keller C.A., Nugent R.P. – Seasonal patterns in perinatal mortality and pre-term delivery. *Am. J. Epidemiol.*, 1983, 118, 689-698.
27. Large W.A., Johnson F.N. – Psychiatric diagnosis on acute admission related to prevailing weather conditions. *Psychiatr. Clinica*, 1980, 13, 90-95.
28. Monath T.P. – Vector-borne emergent disease. In: Wilson M.E., Levins R., Spielman A., *Disease in evolution. Global changes and emergence of infectious diseases*, pp. 126-128. New York, NY Acad. of Sciences, 1994.
29. Bentham G., Langford I.H. – Climate change and the incidence of food poisoning in England and Wales. *Int. J. Biometeorol.*, 1995, 39, 81-86.
30. Molina C. – *Maladies des climatiseurs et des humidificateurs*. Paris, INSERM, 1986.
31. Piver W.T. – Global atmospheric changes. *Environ. Health Perspect.*, 1991, 96, 131-137.
32. Pagny P. – Problèmes de l'environnement planétaire : conclusions. *Bull. Ass. Géogr. Fr.*, 1996, 73, 358-372.
33. McMichael A.J., Haines A. – Global climate change: the potential effects on health. *British Med. J.*, 1997, 315, 805-810.
34. Skegg D.C.G. – Multiple sclerosis: nature or nurture? *Br. Med. J.*, 1991, 302, 247-248.

## LA SEMAINE DES HÔPITAUX

Rédaction : 31, bd de Latour-Maubourg, 75343 PARIS Cedex 07

Tél. : 01 40 62 64 00 – Télécopie : 01 45 55 69 20

Administration – Abonnements – Publicité : 15, rue Saint-Benoît, 75278 PARIS Cedex 06

Tél. : 01 45 48 42 60 – Télécopie : 01 45 44 81 55

### ABONNEMENTS

(bi-mensuel)

	France	Étranger
– Individuel .....	525 F	840 FF
– Collectivités et Institutions .....	1 940 F	2 490 FF

Les abonnements sont payables au comptant et ne sont mis en service qu'après réception du règlement.

Les chèques bancaires en provenance de l'étranger devront être adressés au compte :

Crédit du Nord, place Catalogne, Paris – Code banque : 30076 – Code guichet : 02147 – Numéro de compte : 10028300200 – Clé rib : 05.

Checks drawn on banks in countries other than France should be made payable to account :

Crédit du Nord, place Catalogne, Paris – Code banque : 30076 – Code guichet : 02147 – Numéro de compte : 10028300200 – Clé rib : 05.

# RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

*La Presse Thermale et Climatologique* publie des articles originaux concernant le thermalisme et le climatisme, et des travaux présentés devant la Société Française d'Hydrologie et de Climatologie médicales et éventuellement dans les séances de Formation Médicale Continue, soit sous forme de résumés soit sous forme intégrale. La Presse Thermale et Climatologique présente également des informations générales concernant le climatisme et le thermalisme ainsi que des informations sur la vie des stations.

## CONDITIONS DE PUBLICATION

Les articles originaux, ainsi que le texte intégral des communications à une Société d'Hydrologie ne peuvent être publiés qu'après avis d'un Comité de Lecture.

La longueur du manuscrit, non comprises les références bibliographiques et l'iconographie, ne peut dépasser 8 pages dactylographiées (double interligne). Les textes doivent être rédigés en français, sauf exception motivée par l'importance scientifique du texte auquel un résumé en français devra être alors obligatoirement associé. Seul le Comité de Rédaction peut décider de l'opportunité de cette publication.

Les manuscrits en *triple exemplaire* (y compris les figures et les tableaux) doivent être adressés au secrétariat de rédaction de la Presse Thermale et Climatologique. Les articles ne doivent pas être soumis simultanément à une autre revue, ni avoir fait l'objet d'une publication antérieure.

## TRAVAUX SUR DISQUETTE INFORMATIQUE

Les travaux doivent, préférentiellement, être adressés sur micro-disquettes (double face-haute densité) format 3 P 1/2 en utilisant le traitement de texte Word ou Mac Write pour *Macintosh*, accompagnées d'une sortie imprimante.

## PRESENTATION DES TEXTES

### Manuscrit

– *Trois exemplaires* complets du manuscrit saisi avec une marge de 5 cm à gauche, 25 lignes par page avec numérotation doivent être fournis sous forme de sortie imprimante d'excellente qualité.

– *Le titre* précis doit être indiqué sur une page à part qui doit comporter également les noms des auteurs et les initiales de leurs prénoms. Sur la page de titre figurera le nom de la Station ou

du Centre de Recherche, le nom et l'adresse complète de la personne qui est responsable de l'article, et les mots clés en français et en anglais choisis si possible dans l'index Medicus.

### Références

Elles doivent être classées par ordre alphabétique, numérotées et tapées en double interligne sur une page séparée ; il ne sera fait mention que des références qui sont appelées dans le texte ou dans les tableaux et figures, avec le même numéro que dans la page de références.

*Pour les articles*, on procédera de la façon suivante :

- nom des auteurs suivi de l'initiale du ou des prénoms (s'il y a plus de trois auteurs, on peut remplacer les noms par : et coll.) ;
- titre du travail dans la langue originale ;
- nom de la revue si possible en utilisant les abréviations de l'index Medicus ;
- année, tome (ou vol.), pages (première et dernière).

### Exemple :

Grandpierre R. – A propos de l'action biologique de la radioactivité hydrominérale. *Presse therm. clim.*, 1979, 116, 52-55.

### *Pour les ouvrages :*

- nom des auteurs suivi de l'initiale du ou des prénoms ;
- titre de l'ouvrage dans la langue originale avec mention éventuellement du numéro de l'édition ;
- ville d'édition, nom de l'éditeur, année de parution.

### Exemple :

Escourou G. – *Climat et environnement*. Paris, Masson, 1989.

### *Pour un chapitre dans un ouvrage :*

- nom des auteurs suivi de l'initiale du ou des prénoms ;
- titre de l'article dans la langue originale. Ajouter *In* : nom de l'auteur, initiale du ou des prénoms, titre du livre, pages de l'article ;
- ville d'édition, nom de l'éditeur, année de parution.

### Exemple :

Merlen J.F. – Les acrosyndromes. *In* : Caillé J.P., *Phlébologie en pratique quotidienne*, pp. 505-542. Paris, Expansion Scientifique Française, 1982.

### Abréviations

Pour les unités de mesure et de chimie, elles doivent être conformes aux normes internationales ; pour les mots,

l'abréviation doit être indiquée à leur premier emploi, entre parenthèses. S'il y a trop d'abréviations, elles doivent être fournies sur une page séparée.

### Figures et tableaux

Les illustrations doivent être limitées à ce qui est nécessaire pour la compréhension du texte.

Les illustrations doivent être appelées dans le texte par leur numéro (en chiffre arabe pour les figures, en chiffre romain pour les tableaux).

Chaque tableau ou figure constitue une unité qui doit être compréhensible en soi, sans référence au texte.

Chaque figure doit être numérotée au dos ; le haut et le bas, ainsi que le titre abrégé et les limites à reproduire doivent y être indiqués au crayon doux, ou mieux sur une étiquette au dos.

Les figures doivent être tirées sur papier glacé, bien contrastées. Nous acceptons des dessins même imparfaits, ils seront redessinés et vous seront soumis avant clicage ; nous n'acceptons pas les diapositives sauf pour les coupes histologiques.

Si une figure est empruntée à un autre auteur ou à une autre publication, l'autorisation de reproduction doit être obtenue auprès de l'éditeur et de l'auteur.

Les légendes des figures doivent être dactylographiées dans l'ordre sur feuille séparée.

Chaque tableau doit être dactylographié en double interligne sur une feuille à part (un tableau par feuille). Le numéro du tableau et de la légende seront dactylographiés au-dessus du tableau.

Les abréviations utilisées dans les tableaux, les figures ou leurs légendes doivent être définies à chaque tableau ou figure.

### Iconographie en couleur

Il sera demandé aux auteurs une participation forfaitaire de 8 000 F Hors Taxes par page.

### Résumés

Les résumés, qu'ils accompagnent un article original ou qu'ils soient fournis seuls (cas des communications à la Société d'Hydrologie qui n'ont pas été soumises au comité de lecture) doivent être fournis en triple exemplaire. Ils doivent comporter un maximum de 250 mots sans abréviation ni référence. Les auteurs doivent fournir si possible un résumé en anglais représentant une traduction du résumé français.

# ENTRE



## MÉDECINE

Volume relié, 21x27  
346 pages, 500 F

## THÉRAPEUTIQUE et TABLES RONDES

Volume relié, 21x27  
300 pages, 500 F

## CHIRURGIE / SPÉCIALITÉS

Volume relié, 21x27  
158 pages, 500 F

## RÉÉDUCATION

Volume, 15,5x24  
272 pages, 250 F

## ODONTOLOGIE STOMATOLOGIE

Volume, 21x22,5  
96 pages, 250 F

## PODOLOGIE

Volume, 15,5x24  
188 pages, 200 F

Entretiens de  
**MÉDECINE DU SPORT**  
21x29,7, 108 pages, 150 F

## Entretiens d'ORTHOPHONIE

Volume 15,5x24,  
200 pages, 250 F

# 1997

BULLETIN  
DE COMMANDE

## Entretiens de PSYCHOMOTRICITÉ

21x29,7, 150 F

## Entretiens des SÂGES-FEMMES

21x29,7, 150 F

à retourner à :

**L'EXPANSION SCIENTIFIQUE FRANÇAISE**

Service Diffusion

31, boulevard de Latour-Maubourg, 75343 PARIS Cedex 07.

NOM: \_\_\_\_\_

Prénom: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

Commande: \_\_\_\_\_

Chèque bancaire

Chèque postal CCP Paris 370.70 Z

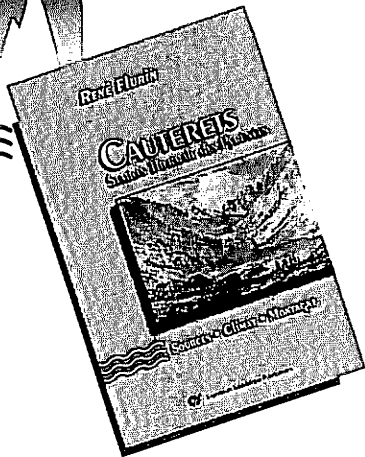
Date: \_\_\_\_\_ Signature: \_\_\_\_\_

au prix de: ..... F

+ participation aux frais d'envoi: ..... 20 F

Ci-joint mon règlement de: ..... F





# RENÉ FLURIN

avec la collaboration de François Boyrie  
et des Docteurs Pierre Jallet, Jean-François Pucheu  
et Michelle Séchan

## CAUTERETS STATION THERMALE DES PYRÉNÉES



SOURCES • CLIMAT • MONTAGNE

**C**AUTERETS est né, a grandi, s'est développé autour des sources thermales et de leurs applications thérapeutiques. Aujourd'hui, plus qu'à aucune autre période de son histoire, le patrimoine naturel de Cauterets, modernisé et mis en valeur, le destine à devenir un modèle pour les stations thermales du 3<sup>e</sup> millénaire.

Au creux de sa vallée, se trouvent rassemblés un ensemble de facteurs naturels favorables à la santé :

- Des sources sulfurées abondantes, chaudes, variées, distribuées dans les établissements thermaux dotés de tous les équipements spécialisés dans le traitement des voies respiratoires et de la rhumatologie.

- Un climat de moyenne montagne, à la rencontre de plusieurs vallées, offrant une gamme étendue d'altitudes et de microclimats, de 900 à 3000 mètres. Cauterets est une station climatique classée.

- Des sites d'une beauté radieuse, aménagés et protégés dans le cadre du Parc National des Pyrénées Occidentales, faisant de Cauterets un centre montagnard de réputation internationale.

Ce livre présente un bilan de nos connaissances actuelles sur les sources sulfurées de CAUTERETS, leurs indications en médecine et les différentes méthodes de traitement en ORL, voies respiratoires et rhumatologie. Le lecteur trouvera également une synthèse sur le climat et l'environnement montagnard de la vallée.

Le travail est le fruit d'une longue expérience. Le docteur René Flurin a exercé pendant plus de 40 ans la médecine thermique à Cauterets ; ancien interne des hôpitaux de Paris, ancien chef de clinique, médaille d'or des eaux minérales de l'Académie de médecine, il a consacré de nombreux travaux et publications à la médecine thermique et au thermalisme.

Ce livre est destiné aux médecins prescripteurs, aux étudiants de 2<sup>e</sup> cycle des études médicales, ainsi qu'aux curistes et à toutes les personnes désireuses d'être mieux informées sur la cure et les eaux thermales sulfurées de Cauterets.

1 volume 16 x 24

166 pages, 79 figures

Prix public TTC : 100 F

Franco domicile : 116 F



Expansion Scientifique Publications

### BULLETIN DE COMMANDE

à retourner à :

Nom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

l'Expansion  
Scientifique  
Publications  
Service Diffusion  
15, rue Saint-Benoît  
75278 Paris Cedex 06

vous commande ..... ex. de « Cauterets - Station thermale des Pyrénées »  
au prix de 100 F + 16 F de frais de port

réglement joint :  chèque bancaire  chèque postal

Date :

Signature :