

La Presse Thermale et Climatique

RADON THERMAL INHALÉ

Institut d'Hydrologie et de Climatologie

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



NOUVEAU

CURES ET STATIONS FRANÇAISES expliquées aux malades

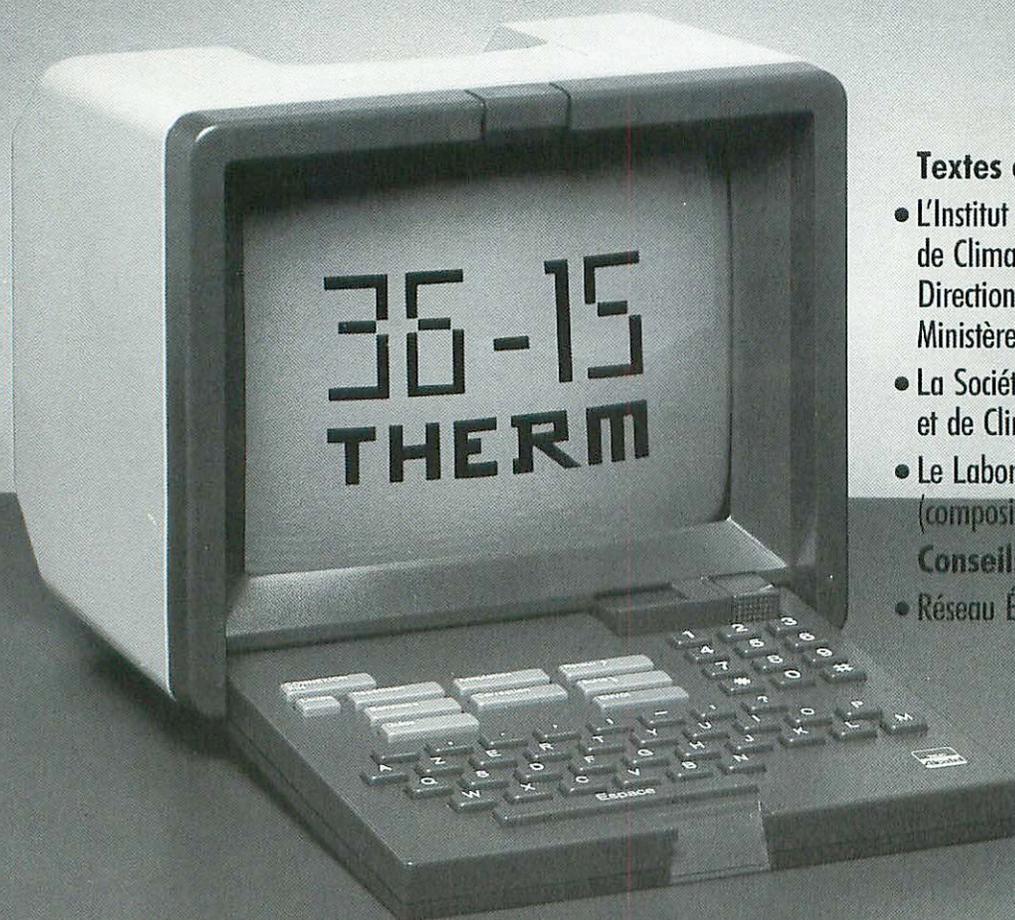
composer 36-15 code THERM

Textes établis par :

- L'Institut d'Hydrologie et de Climatologie,
Direction d'Hydrologie Médicale,
Ministère de l'Éducation Nationale
- La Société Française d'Hydrologie et de Climatologie Médicales
- Le Laboratoire National de la Santé
(composition des eaux)

Conseils :

- Réseau Écothek, Paris



ÉDITEUR : © EXPANSION SCIENTIFIQUE FRANÇAISE
Presse Thermale et Climatique
15, rue Saint-Benoît - 75278 Paris Cedex 06

La Presse Thermale et Climatique

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

Ancienne GAZETTE DES EAUX

Fondateur : Victor GARDETTE †

COMITE DE PATRONAGE

Professeur F. BESANÇON. — P. BAILLET †. — Professeur M. BOULANGÉ. — Doyen G. CABANEL. — J. CHAREIRE. — Professeur CORNET. — Professeur Agrégé V. COTLENKO. — H. DANY. — A. DEBIDOUR. — Professeur C. DELBOY. — Professeur Y. DENARD. — Professeur P. DESGREZ. — Professeur J.J. DUBARRY. — Professeur P. DUCHÈNE-MARULLAZ. — Professeur M. FONTAN. — Professeur L. JUSTIN-BESANÇON †, Membre de l'Académie de Médecine. — Professeur Cl. LAROCHE. — P. MOLINERY. — Professeur J. PACCALIN. — J. PASSA. — P.M. de TRAVERSE.

COMITE DE REDACTION

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

Rédacteur en chef : J. FRANÇON, Secrétaire de Rédaction : R. JEAN.

Allergologie : P. FLEURY. — Biologie : P. NEPVEUX. — Cardiologie et Artériologie : C. AMBROSI, J. BERTHIER. — Dermatologie : P. GUICHARD DES AGES. — Etudes hydrologiques et thermales : B. NINARD, R. LAUGIER. — Gynécologie : G. BARGEUX. — Hépatologie et Gastroentérologie : G. GIRAULT, J. de la TOUR, Cl. LOISY. — Néphrologie et Urologie : J.M. BENOIT, J. THOMAS. — Neuropsychiatrie : J.C. DUBOIS, H. FOUNAU, L. VIDART. — Nutrition : A. ALLAND. — Pathologie ostéo-articulaire : F. FORESTIER, J. FRANÇON, A. LARY, R. LOUIS. — Pédiatrie : J.L. FAUQUERT, R. JEAN. — Phlébologie : R. CAPODURO, R. CHAMBON, C. LARY-JULLIEN. — Voies respiratoires : C. BOUSSAGOL, R. FLURIN, J. DARROUZET. — Stomatologie : Ph. VERGNES. — Thermalisme social : G. FOUCHÉ.

COMITE MEDICAL 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.

Éditeur : EXPANSION SCIENTIFIQUE FRANÇAISE

15, rue Saint-Benoît - 75278 PARIS CEDEX 06

Tél. (1) 45.48.42.60 - C.C.P. 370-70 Paris



TARIFS DE L'ABONNEMENT

4 numéros par an

FRANCE : 240 F ; Etudiants, CES : 125 F

ETRANGER : 300 F ; Etudiants, CES : 185 F

Prix du numéro : 78 F

La Presse Thermale et Climatique

SOMMAIRE

RADON THERMAL INHALÉ

Institut d'Hydrologie et de Climatologie

Introduction, par F. Besançon	1
Radon thermal : gloire, suspicion, renouveau, par F. Besançon	2
Recherches sur le radon et autres recherches thermales poursuivies à Misasa par l'Université d'Okayama, par F. Besançon	4
Revue bibliographique à propos du radon thermal, par F. Besançon	7
Effet circulatoire immédiat du radon en inhalation, seul ou combiné avec le bain carbo-gazeux. Mesures par spectrométrie de masse à l'argon chez le Lapin (Analyse d'article)	14
Nouvelles méthodes pour simplifier le dosage du radon dans les eaux et les atmosphères (Analyse d'articles)	19
Radon thermal ; études à promouvoir, aménagements à créer, par F. Besançon	21
Recherches thermales et climatiques réalisables par l'Institut d'Hydrologie et de climatologie, par F. Besançon	24

SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'HYDROLOGIE ET DE CLIMATOLOGIE MÉDICALES

Séance du 13 décembre 1988

Compte rendu, par G. Girault	27
Les climats du Sud-Ouest de la France, par E. Choissnel, Ph. Lamarque, B. Fantin	28
Evolution simultanée de la réactivité bronchique spécifique et du RAST aux acariens en séjour climatique d'altitude, par H. Razzouk, F. Faraj, J. Lecoz et le Collège des Médecins de Briançon	37
Particularités des trois climats de mer, montagne, plaine et de leurs variantes de lac, de forêt, de ville, par G. Plaisance	41
Information	49
Vie des stations : Le Mont-Dore	50
La Bourboule : Congrès International sur les Aérosols en médecine, Rochester, septembre 1988	52

Radon thermal inhalé

Introduction

François BESANÇON *

Le Radon thermal revient à l'ordre du jour, après des époques de gloire et de suspicion.

Le premier article de ce fascicule rappelle ces fluctuations, et il indique les facteurs scientifiques du renouveau en cours.

Parmi les artisans de ce renouveau, il nous est agréable de mentionner nos collègues japonais, notamment ceux de l'Institut de Médecine Environnementale fondé par l'Université d'Okayama dans la station thermale de Misasa. Ce sera pour nous l'occasion de mentionner les autres travaux hydrologiques récemment publiés par cette Université.

Nous adopterons la forme d'une revue bibliographique pour regrouper des données récentes sur le Radon thermal : les doses admissibles, les récents progrès de son dosage dans les eaux et les atmosphères, les effets cliniques favorables, la pharmacologie.

Les recherches à entreprendre sont du domaine des analyses, de la pharmacologie comme de la clinique. De par sa structure multi-disciplinaire, l'Institut d'Hydrologie peut contribuer à les réaliser, et il peut s'associer à d'autres organismes pour les coordonner.

Le fil directeur est que le Radon est, avec l'eau, l'agent le plus spécifique de la crénothérapie ; mais que l'accent doit être mis sur le Radon inhalé par les malades dans les conditions de la cure, plutôt que sur le Radon présent dans les sources à leur émergence.

* Secrétaire Général, Institut d'Hydrologie et de Climatologie ;
Professeur de Clinique et de Sémiologie Médicales, Hôtel-Dieu,
75181 PARIS CEDEX 04.

Radon thermal : Gloire, suspicion, renouveau

F. BESANÇON *

La découverte du Radon et de son origine dans les sources découle de l'expérience d'Adams 1903 : l'air, après barbotage dans l'eau de source, possède une conductibilité électrique accrue.

Dès 1904, P. Curie et A. Laborde entreprenaient des recherches établissant la présence générale de l'émanation du Radium, c'est-à-dire du Radon, dans les eaux et les gaz des sources thermales.

L'Institut d'Hydrologie et de Climatologie développe la prospection. En 1924, son directeur Adolphe Lepape récapitule les nombreuses données de l'époque, que nous résumons dans les tableaux I et II, après conversion des nanoCuries en Becquerels. Déjà, l'auteur prend soin de distinguer la concentration dans les eaux et les gaz, et le débit horaire obtenu en multipliant la concentration par le débit horaire des eaux ou des gaz. Ainsi, en terme de concentration, les gaz les plus actifs sont ceux émanés de Sail, La Bourboule-Choussy, Bourbonne, Luchon, Vernet. Dans les eaux, la palme revient à Châteauneuf, Sail, Luchon.

Les plus grands débits gazeux horaires sont ceux de La Bourboule, Royat, Vichy (tableau III). Les plus grands débits du Radon en solution dans les eaux sont ceux de La Bourboule, Royat, Vernet, Sail, Nancy Sainte-Marie.

Certaines sources étrangères sont beaucoup plus riches en Radon que les françaises (tableau IV).

L'enthousiasme des stations thermales pour leur radio-activité rivalise avec l'enthousiasme du corps médical pour la curiethérapie des cancers. On en

TABLEAU I. — Emanations des sources thermales françaises, en Becquerels de Radon par litre de gaz (d'après Lepape, 1924, P. Delore et M. Milhaud, 1951)

Stations	Mesures en Bq/l
Sail (Romains)	7 920
La Bourboule (Choussy)	5 960
Bourbonne	3 700 à 8 600
Luchon (Bordeu 1)	4 880
Vernet (Providence)	4 290
Plombières (Vauquelin)	3 190
Evaux (César)	2 960
Saint-Amand (Vauban)	2 850
Aix-les-Bains	830
Bains-les-Bains (Savonneuse)	830
Dax (Trou des Pauvres)	440
Bagnères-de-Bigorre (Salut)	300
Ax-les-Thermes (Viguerie)	300
Bourbon-Lancy (Lymbe)	270
Luxeuil (Dames)	170
Air atmosphérique : environ	4

TABLEAU II. — Radon dissous dans les eaux thermales françaises en Bq/l d'eau (d'après P. Delore, M. Milhaud, 1951, et Lepape, 1924)

Sources françaises	Mesures en Bq/l
Châteauneuf	3 140
Sail (Romains)	2 480
Luchon (Lepape 2)	1 850
La Bourboule (Choussy)	740
Vernet (Providence)	580
Royat (St-Mart)	540
Plombières (Lambinet)	520
Bains-les-Bains (St-Colomban)	480
Bourbonne	480
Bagnoles-de-l'Orne	70 à 555

* Secrétaire Général, Institut d'Hydrologie et de Climatologie, Professeur de Clinique et de Sémiologie Médicales, Hôtel-Dieu, 75181 PARIS CEDEX 04.

TABLEAU III. — Débit gazeux du Radon thermal émané, en Becquerels, c'est-à-dire en désintégrations par seconde (d'après Lepape, 1924)

Stations	Mesures en Bq/l
La Bourboule (Choussy)	5 400
Royat (Eugénie)	2 060
Vichy (Boussange)	370
Vichy (Chomel)	240
Vichy (Célestins)	240
Vernet (Parc)	35
Neris (César)	28
Ax (Viguerie)	11
Evaux (César)	10

trouve trace dans certains noms comme le Radio-vaporium sulfuré de Luchon, le Radioémanatorium de Bourbonne, l'établissement Radiana de La Léchère.

Le temps de la suspicion est venu. Le milieu thermal s'imagine que la clientèle ne veut plus entendre parler de radio-activité. Toute allusion est gommée dans la publicité. L'information est introuvable. Le Laboratoire National de la Santé n'est même pas autorisé à doser la radio-activité thermique. L'étude de ses bienfaits est entravée, faute de mesures renouvelées récemment. Dans une époque où les images comptent plus que la réalité, chacun se fait des radiations ionisantes une image d'épouvante. Seul est intervenu, notamment à Luchon, le Service Central de protection contre les radiations ionisantes, afin d'établir que le personnel des établissements n'est pas en danger. Personne ne cite les textes qui abordent les problèmes sous un jour scientifique et non passionnel. Il faut avouer que la lecture des textes est rendue rebutante par le changement incessant des unités de mesures, donnant l'impression que les autorités se contredisent.

Plus grave peut-être est la faiblesse scientifique de la littérature clinique sur les bienfaits des eaux thermales radio-actives. Beaucoup de stations françaises et étrangères, pourvues d'une eau active, se sont empressées d'imputer à la radio-activité les résultats cliniques des cures. Cela leur paraît d'autant plus plausible que beaucoup sont dépourvues d'une minéralisation remarquable. On n'a tenu aucun compte du Radon réellement inhalé par les malades dans les conditions de la cure, on s'est

TABLEAU IV. — Radon dissous dans les eaux thermales étrangères, en Becquerels par litre (d'après M. Mifune, 1984, P. Delore et M. Milhaud, 1951)

Stations étrangères	Mesures en Bq/l
Oberschlema (Allemagne)	182 000
Lurisia (Italie)	42 000
Ischia (Italie)	38 000
Brambach (Allemagne)	30 500
Jachymov (Tchécoslovaquie)	27 500
Ikeda (Japon)	4 000 à 23 700
Therma (Grèce)	10 100
Valdemorillo (Espagne)	8 100
Piatigorsk (URSS)	6 700
Merano (Italie)	4 600
Bad Gastein (Autriche)	4 600
Salenizwortsobe	4 400
Kammena Vourla (Grèce)	4 100
Yunokubo (Japon)	3 300
Agnas Lerez (Espagne)	2 400
Misasa (Japon)	400 à 2 540

abstenu d'expériences témoins, qui étaient pourtant faisables. Cette littérature, où se trouvent délibérément élargies les vertus attribuées à la radio-activité, laisse une impression de cacophonie. Une mise à jour est indispensable.

Les bases scientifiques du renouveau sont dans une connaissance plus sérieuse des doses admissibles de radiations ionisantes, des particularités de la radio-activité thermique, des effets cliniques et pharmacologiques récemment découverts, des progrès dans le dosage du Radon, notamment dans les atmosphères.

Les professions thermales, après avoir eu peur du Radon, ont intérêt à mieux en prendre la mesure. Le Radon est spécifique de cette branche de la thérapeutique. Même la thalassothérapie qui met en œuvre la radio-activité non négligeable de l'eau de mer, ne dispose pas de Radon en quantité appréciable. Le dynamisme de Pierre et Marie Curie revivra-t-il ?

RÉSUMÉ

L'histoire du Radon thermal est faite d'une période de gloire suivie d'une période de suspicion et léthargie. Les bases scientifiques du renouveau sont énoncées, en rappelant que le Radon est spécifique de la Thérapeutique thermique.

REFERENCE

- Lepape A. — Les données numériques actuelles sur la radio-activité des sources thermales françaises. *Ann. Institut. Hydrol. Climatol.*, 1924, 2, 44-60.

Recherches sur le radon et autres recherches thermales poursuivies à Misasa par l'Université d'Okayama

F. BESANÇON *

Misasa est une station thermale de 8 800 habitants, dont le site ressemble à celui de Plombières. Elle se trouve à 60 kilomètres de deux modestes préfectures, dans une partie reculée du Japon, sur le versant tourné vers la Corée. Comme la plupart des sources thermales du Japon, celles de Misasa sont remarquables par leur abondance (près de 3 millions de litres par jour) et leur température allant de 36 à 86° (54°C en moyenne). Leur richesse en Radium (0,2 à 1,7 Bq/l) a été reconnue dès 1915 par Ishizu, et confirmée sur place par Marie Curie. Toutefois, les eaux de Misasa sont beaucoup plus radio-actives par leur Radon, dont la concentration va de 440 à 2 540 Bq/l. Le Radium qui produit le Radon, est immobilisé dans les dépôts du fond des sources. Dans l'atmosphère des étuves, le Radon atteint 5,3 Bq par litre d'air (Morinaga, Mifune). On a vérifié que le personnel des établissements ne s'écarte pas de la population générale par le taux de stérilité, de cancer, de longévité, de malformations dans la descendance, d'anomalies chromosomiques (dicentriques notamment) sur près de 5 000 cellules examinées (Y. Komoto, 1986).

Prisées depuis le XII^e siècle, et connues au Japon comme « Sources du Radium », les eaux de Misasa attirent 1 500 000 baigneurs chaque année, mais pour des séjours habituellement très brefs.

On y trouve un hôpital public de 250 lits, doté du scanner. Un second hôpital de 75 lits est principalement consacré à la recherche et à l'enseignement. On y pratique couramment la chirurgie vasculaire et le cathétérisme du canal de Wirsung. Enfin,

l'Institut de Médecine Environnementale de l'Université d'Okayama y abrite plusieurs étages de laboratoires, avec une équipe d'une vingtaine de personnes, augmentée de nombreux chercheurs occasionnels. Okayama se trouve à environ 150 kilomètres de là, au centre de la Mer Intérieure du Japon.

Le laboratoire est équipé en particulier de quatre spectromètres de masse et d'un compteur de radio-activité à scintillation liquide, grâce à l'esprit d'entreprise que partagent l'Université, la Municipalité, les établissements de bains, et certains industriels. Nous les remercions pour leur accueil, notamment les Professeurs et Docteurs : Y. Komoto, Directeur de l'Institut ; Tanizaki, Directeur de l'hôpital universitaire ; M. Mifune, Directeur du laboratoire hospitalier ; H. Harada, Gastroentérologue hospitalo-universitaire.

Si l'on feuillette les résumés anglais des « Papers of the Institute for Thermal spring research Okayama University » depuis 1980, on y trouve quantité de données sur la radio-activité, mais aussi d'importantes recherches sur les effets des eaux thermales : fonctions plaquettaires, catécholamines, acides gras libres, mastocytes péritonéaux, pharmacocinétique de l'aspirine et de l'indométacine ; débit circulatoire de la muqueuse gastrique ; amélioration temporaire de la fonction pancréatique d'après la chymotrypsine fécale et le PABA (H. Harada) ; la collecte du suc pancréatique pur chez les malades est en cours.

Dans l'asthme cortico-dépendant, le traitement de Misasa a consisté en natation en piscine thermale radio-active à 30°, peu minéralisée. Cela durant un an chez des malades hospitalisés dans la station. L'amélioration des performances a été no-

* Secrétaire Général, Institut d'Hydrologie et de Climatologie ; Professeur de Clinique et de Séméiologie Médicales, Hôtel-Dieu, 75181 PARIS CEDEX 04.

TABLEAU I. — Effets du bain chaud à 37°, 40° et 43° sur la circulation du Lapin : pressions partielles d'oxygène et de CO₂ dans le tissu sous-cutané et dans le muscle, enregistrées par spectrométrie de masse ; fréquence cardiaque et pression artérielle. Variations exprimées en p. cent des valeurs basales (d'après T. Kohmoto et Y. Komoto, 1983)

	37°	40°	43°
Température du bain			
Tissu ss-cut. PO ₂	+ 10	+ 74	+ 74
PCO ₂	+ 15	+ 51	+ 65
Muscle PO ₂	+ 6	+ 53	+ 72
PCO ₂	+ 10	+ 51	+ 64
Fréquence cardiaque	0	+ 34	+ 69
Pression artérielle	0	- 8	+ 16

table au bout d'un mois, et s'est maintenue. On a pu réduire la corticothérapie chez 6 malades sur 8 (Tanizaki et Morinaga, 1985).

Le bain carbogazeux a été appliqué avec 85 p. cent de succès dans le lumbago chez la femme (Yorozu et Komoto, 1984). Le bain carbogazeux a donné des succès en psychiatrie, dans l'énurésie (bain de deux enfants en compagnie de leur mère), et dans deux cas graves avec automutilation : guérison des plaies en une semaine, amélioration de la relation psychothérapique (Mme J. Komoto, 1985 et 1986).

Chez l'Homme, le bain carbogazeux fait nettement sentir ses effets à partir d'une concentration gazeuse de 146 mg par litre (Yorozu et coll., 1984), et sa supériorité par rapport au bain simple à 38°. Les critères sont l'enregistrement, après la sortie du bain, de : la température cutanée, la déperdition d'eau à travers la peau, et la vélocimétrie en Doppler laser.

Dans ces notes de notre visite, nous nous concentrerons sur deux séries de travaux : les effets circulatoires des eaux thermales mesurés par spectrométrie de masse, et la simplification des dosages du Radon en scintillation liquide.

Le chirurgien Yoshiaki Komoto, avec T. Kohmoto, depuis 1982, exploite systématiquement chez le Lapin, les possibilités de la spectrométrie de masse pour suivre de façon continue, pendant plus d'une heure, les variations de la circulation sous-cutanée, en même temps que les pressions partielles d'oxygène et de gaz carbonique dans le tissu sous-cutané. Le dispositif expérimental est décrit en détail dans l'article analysé ci-après. Les premières étapes ont concerné le bain chaud, le bain carbogazeux, et le bain salé.

Les effets de bains chauds à 37°, 40° et 43° sont nettement différents chez le Lapin (tableau I). A 43°, la tachycardie devient importante, la pression artérielle s'élève au lieu de s'abaisser, une arythmie apparaît parfois chez le Lapin. Le bain simple à 40° suffit à augmenter de façon importante, dans le tissu sous-cutané et dans le muscle, les pressions partielles de l'oxygène et du gaz carbonique.

TABLEAU II. — Effet du bain carbogazeux à 37° sur les pressions partielles d'oxygène et de CO₂ dans le tissu sous-cutané et le muscle du Lapin. Variations exprimées en p. cent des valeurs basales, enregistrées par spectrométrie de masse (d'après Y. Komoto et coll., 1986)

	PO ₂	PCO ₂
Tissu sous-cutané	+ 38	+ 24
Muscle	+ 29	+ 35

Le bain carbogazeux à 37°, sur les mêmes variables, obtient un effet intermédiaire entre ceux des bains simples à 37° et à 40° (tableau II). A 41,5°, le bain carbogazeux augmente la pression d'oxygène sous-cutané de 92 p. cent. Il acidifie le pH sous-cutané et celui du sang aortique : ils passent respectivement de 7,64 à 7,23 et de 7,36 à 7,28.

Le bain chloruré sodique a été étudié à la concentration de 25 g par litre, à 37°C. La stimulation circulatoire est significative, mais modeste, inférieure à celle du bain carbogazeux, et la combinaison du bain salé et du bain carbogazeux n'obtient pas davantage que le bain carbogazeux seul. Dans le tissu sous-cutané, le bain salé diminue légèrement la pression partielle d'oxygène, en augmentant celle du gaz carbonique. L'auteur rappelle à ce propos que souvent les baigneurs ont une *plus grande* impression de chaleur après un bain chaud quand ce bain est salé. Il s'agit d'expériences aiguës, et elles ne permettent pas de conclure que l'augmentation de la perfusion tissulaire contribue par exemple à la sédation des douleurs chroniques ni à la cicatrisation chez les malades en cure.

Ces étapes franchies, les auteurs en sont venus au Radon, et leur travail analysé ci-après établit qu'en expérience aiguë le Radon stimule la circulation sous-cutanée dans les mêmes proportions que le bain carbogazeux, à condition que ce Radon soit inhalé, et ce à concentration suffisante. Cette acquisition pharmacologique est fondamentale.

A Tokyo, depuis 1979, Y. Murakami et K. Horiuchi ont révolutionné le dosage du Radon dans les eaux et les atmosphères par l'usage de la scintillation liquide. Leurs travaux seront analysés ci-après. A Misasa, Masaaki Mifune et son équipe ont immédiatement vu le parti que la médecine thermique pourrait en tirer. Ils ont imaginé une simplification supplémentaire, qui ramène à peu de choses les manipulations, et leur logiciel livre des chiffres certes nettement moins précis, mais largement suffisants pour les mesures comparatives, compte tenu de l'ampleur des fluctuations du Radon dans les eaux et les atmosphères.

L'enthousiasme populaire dont bénéficie Misasa est comparable à celui qui pousse les foules maro-

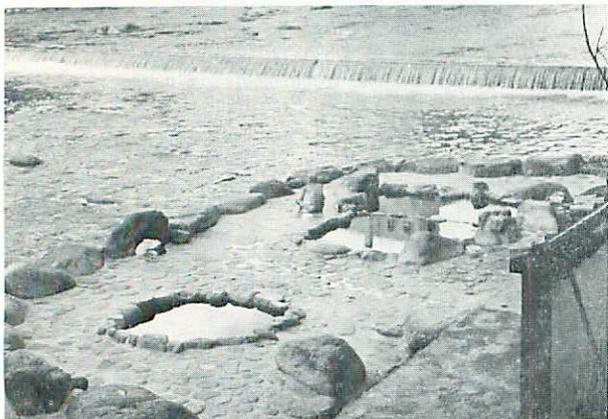


Fig. 1. — La tradition à Misasa. Vieillard japonais au bain public. Le bassin thermal jouxte la rivière.

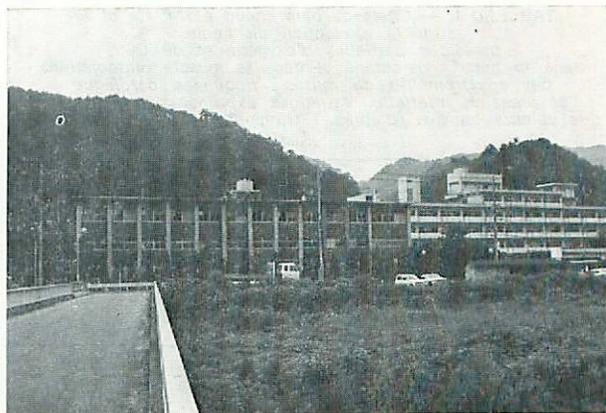


Fig. 2. — La science à Misasa. A gauche, le Centre de recherches expérimentales; à droite, l'hôpital consacré à la recherche clinique (Université d'Okayama).

caines à Moulay-Yacoub (fig. 1). Cet enthousiasme, et la prospérité du tourisme balnéaire, gênent la thérapeutique thermale proprement dite pour se faire sa vraie place au pays du Soleil Levant.

Heureusement, la tenacité d'une poignée d'universitaires et les investissements scientifiques colossaux d'une poignée de professionnels placent la science thermale japonaise à la pointe du progrès (fig. 2), et laissent augurer, pour les cures thermales proprement dites, une progression aussi foudroyante que dans bien des domaines.

RÉSUMÉ

Visite à la station thermale japonaise de Misasa, relatant qu'un million et demi de baigneurs s'y rendent chaque année, à la suite d'investissements sanitaires et scientifiques exceptionnels. Les travaux de l'Institut de Recherche thermale, devenu l'Institut de Médecine environnementale, ont abouti à des multiples résultats. Notamment, la spectrométrie de masse démontre les effets circulatoires des bains chaud, carbogazeux, et salé, comme des inhalations du Radon. La technique de dosage du Radon dans les eaux et les atmosphères est devenue beaucoup plus simple.

BIBLIOGRAPHIE

1. Komoto J. — An application of artificial CO₂-bathing for psychosomatic disorders in childhood. *Papers of the Institute for Environmental Medicine*, Okayama University, 1986, fasc. 57, 18-23.
2. Komoto J., Komoto Y. — An application of the artificial CO₂ bath for enuresis. *Papers of the Institute for Thermal Spring Research*, Okayama University, 1985, fasc. 56, 9-11.
3. Komoto Y., Kohmoto T., Sunakawa M., Eguchi Y., Yorozu H., Kubo Y. — Dermal and subcutaneous tissue perfusion with a CO₂-bathing. *Z. Physiother.*, 1986, 38, 103-112.
4. Komoto Y., Kohmoto T., Sunakawa M., Komoto J., Eguchi Y., Yorozu H. — Tissue perfusion with strong saline baths in combination with CO₂ baths. In: *XIX^e Congrès de l'Association Internationale de Thalassothérapie*, Rostock-Warnemünde 1985, vol. 1, 46-51.
5. Komoto Y., Kohmoto T., Sunakawa M., Yagi N., Mifune M. — Screening test for chromosome aberrations of long-time residents in Misasa spa. *Papers of the Institute for Environmental Medicine*, Okayama University, 1986, fasc. 57, 9-11.
6. Matsumoto S., Harada H., Ochi K., Takeda M., Tanaka J., Seno T., Irie S. — Effect of Spa-Drink on exocrine pancreatic function. *J. jap. Assoc. physio. med. balneol. climatol.*, 1987, fasc. 50, n° 3.
7. Tanizaki V.Y., Komagoe H., Sudo M., Morinaga H. — Clinical effect of spa therapy on steroid-dependent intractable asthma. *Z. Physiother.*, 1985, 38, 425-430.
8. Yorozu H., Kubo Y., Eguchi Y., Sunakawa M., Kohmoto T., Komoto Y., Komoto J. — Research for carbon dioxide bathing IV, thermal effect of artificial CO₂-bathing. *Papers of the Institute for Thermal Spring Research*, Okayama University, 1984, fasc. 54, 1-12.

Revue bibliographique à propos du radon thermal

F. BESANÇON

Les documents les plus récents, dans ce domaine, sont le Congrès International de Merano sur la radio-activité naturelle et les eaux thermales, en 1983 [1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 14, 15, 19] ; et les acquisitions récentes des auteurs japonais, à Misasa et à Tokyo. Nous envisagerons tour à tour : les nouvelles unités de radio-activité et de dosimétrie, l'exposition aux radiations ionisantes, le Radon thermal et ses propriétés, notamment par voie respiratoire, enfin la balance entre les bienfaits et les risques du Radon thermal.

LES NOUVELLES UNITES DE RADIO-ACTIVITE ET DE DOSIMETRIE

Le Curie et ses sous-multiples sont abandonnés au profit d'une unité beaucoup plus logique, le Becquerel. Le Becquerel se définit par une désintégration par seconde. Un Curie vaut 37 milliards de Becquerels, ce qui s'écrit :

- 1 Ci = 37×10^9 Bq,
- 1 μ Ci = 37 000 Bq,
- 1 nCi = 37 Bq (= 1 « millimicrocurie »),
- 1 pCi = 0,037 Bq.

Réciproquement,

- 1 Bq \approx 27 pCi.

Les unités d'irradiation du corps humain, familières aux radiothérapeutes, étaient le rad (dose absorbée) et le rem (« équivalent de dose »). En vue de la cohérence du système d'unités, on les a remplacés par le Gray et le Sievert, qui valent respectivement 100 rad et 100 rem. On écrit donc :

- 1 Gy = 100 rad \approx 1 Sv = 100 rem,
- 1 mrem = 10 μ Sv.

L'EXPOSITION AUX RADIATIONS IONISANTES

Les radiations ionisantes ont manifesté tour à tour leurs bienfaits sur les cancers, et leurs méfaits par radio-dermites, cancers cutanés, leucémies des irradiés et des irradiateurs.

Les méfaits à long terme sont connus par l'étude des survivants aux irradiations. Parmi ceux-ci, les plus irradiés ne sont pas les survivants des explosions atomiques, mais bien les malades irradiés médicalement. En effet, les doses utilisées en radiothérapie sont de l'ordre de 50 à 100 Gy, tandis que les survivants des explosions nucléaires, en raison même du caractère unique et global de l'irradiation, n'ont survécu que parce qu'ils ont reçu des doses beaucoup plus faibles. On estime que les 1 200 personnes les plus irradiées ont reçu en moyenne 3,3 Sv. Chez eux, on a observé 1 p. cent de leucémies excédentaires ; dans leur descendance, aucune malformation congénitale excédentaire n'a encore été signalée.

Quelles sont les limites d'exposition à ne pas dépasser ?

Les limites sont différentes suivant qu'il s'agit d'une exposition de courte durée ou d'une exposition permanente.

S'il s'agit de l'exposition permanente du public, toutes générations confondues, et en irradiation globale, la norme adoptée est de ne pas dépasser 5 mSv par an. L'exposition professionnelle admise peut atteindre 50 mSv par an, en raison de son caractère intermittent, mais cette limite est abaissée à 10 en cas de grossesse.

Nul n'échappe à la radio-activité naturelle, à commencer par la radio-activité inhérente au corps humain. En effet, de par le Potassium 40, associé en proportions fixes au Potassium de toutes les cellules vivantes, le corps humain est une source radioactive d'environ 3 300 Bq, et chaque adulte reçoit

* Secrétaire Général, Institut d'Hydrologie et de Climatologie, Professeur de Clinique et de Sémiologie Médicales, Hôtel-Dieu, 75181 PARIS CEDEX 04.

de lui-même, en quelque sorte, 180 μSv par an. Naturellement, l'embryon et le fœtus sont irradiés pareillement dans le sein maternel. Deux corps qui se rapprochent s'irradient par le fait. La dose n'est nullement négligeable, comme chacun peut s'en assurer en s'asseyant sur un compteur à scintillation. Elle équivaut à 1/28 de la norme d'exposition permanente indiquée plus haut.

Au total, l'exposition naturelle annuelle est estimée à 2 mSv (tableau I). L'exposition naturelle peut être augmentée par l'habitation dans des maisons de granit (3 à 4 mSv), mais aussi par l'altitude, ou par l'habitude assez rare de manger uniquement la viande du renne, qui s'alimente de lichens ayant fixé du Polonium atmosphérique. Ces exceptions mises à part, on note que le facteur le plus important de notre irradiation naturelle est déjà le Radon, émané des matériaux des bâtiments dans lesquels nous habitons (900 μSv par an).

Notre exposition moyenne aux radiations artificielles est d'environ 1 mSv par an, mais le tableau II montre que ce chiffre varie avant tout en fonction des radiographies qui nous sont prescrites. La moyenne annuelle est de l'ordre de celle occasionnée par une radiographie thoracique, soit 1 mSv.

La radio-activité de l'eau et des aliments ne peut pas s'exprimer facilement avec les mêmes unités, compte tenu des excréctions d'une part, et des fixations osseuses d'autre part. De nombreux habitants de la Vendée et du Limousin boivent des eaux notablement radio-actives sans le savoir. La limite autorisée est de 100 pCi de Radium par litre, c'est-à-dire 3,7 Bq. En termes de radio-activité, l'eau de mer atteint 15 Bq par litre, mais elle est radio-actives par son Potassium, qui s'échange dans les cellules sans modifier le bilan, et non par le Radium qui se fixe dans les os.

LE RADON THERMAL

La radio-activité des eaux minérales est due avant tout au Radon, ce gaz inerte émané du Radium [16]. Le lecteur se reportera à l'excellent chapitre « Radiobiologie et cures thermales » par A. Giberton et B. Ninard dans le traité de *Thérapeutique Thermale et Climatique* (1972) [8]. Du fait de son état gazeux et de sa période physique courte (3,82 jours), enfin de sa période biologique ne dépassant pas 15 à 30 min par suite de l'élimination respiratoire, le Radon ne laisse dans l'organisme que des traces pratiquement négligeables, comme on le verra plus loin. La radio-activité spécifique du Radon est énorme, mais les volumes émanés sont infinitésimaux. En effet 0,6 mm^3 de Radon valent 1 Curie, et 1 Becquerel de Radon n'occupe qu'un volume de $16 \times 10^{-12} \text{mm}^3$ à 0°C sous 760 mm de mercure. La

TABLEAU I. — Exposition moyenne annuelle aux sources naturelles de radiations, en mSv (milliSievert) par ans, d'après A. Bouville, 1983 [5], V. Bogolyubov, 1983 [2, 3], Sciocchetti, 1983 [19] et M. Mitune. La limite admissible est de 5 pour l'exposition permanente, et de 50 sur les lieux de travail.

A) Population générale	
Rayons cosmiques	0,3
40 Potassium	0,3
Uranium, Thorium, et leur descendance, où le 222 Radon prédomine	1,4
Total	2,0
B) Stations thermales	
Curistes à Meran (inhalations)	2 à 45
Curistes à Bad Gastein	1 à 15
Agents thermaux à Bad Gastein	300 à 1 000
C) Régions particulières à l'extérieur	
au Kérala (Inde) et au Brésil	3 à 20

radio-activité propre au Radon est encore quintuplée par celle de ses descendants à très courte période (fig. 1).

La teneur en Radon des eaux et des gaz thermaux est indiquée dans les tableaux I à IV d'un article précédent. L'atmosphère de nos régions en contient en moyenne 0,002 Bq/l, avec de larges fluctuations. On manque malheureusement de mesures dans les atmosphères des installations thermales, alors que c'est ce qui importe le plus. C'est seulement à Luchon qu'on dispose de mesures détaillées. Les concentrations les plus élevées ont été trouvées au-dessus de la source Lepape II (63 Bq/l d'atmosphère) et au-dessus d'un « bain radio-actif » (22 Bq/l). Au radiovaporarium de Luchon, on a trouvé environ 13 Bq de Radon par litre d'atmosphère (Grandpierre, 1962 [12]. Il faut connaître le débit gazeux du Radon thermal émané, produit de la concentration du Radon par le débit des émanations. C'est une donnée importante pour améliorer la sécurité du personnel des établissements, et pour calculer combien de soins individuels par inhalation sèche peuvent être distribués simultanément. La faiblesse des documents disponibles s'explique par la nécessité de transporter un laboratoire sur place : nécessité qui a disparu, depuis l'avènement des dosages en scintillation liquide.

Le Radon n'est pas le seul constituant radioactif des sources thermales, mais il est le plus important, à la fois par son niveau de radio-activité, et parce qu'il est inhalé. Les autres radio-éléments ont été analysés par L. Rémy et P. Pellerin, 1968, au Service Central de Protection contre les Rayonnements ionisants. Ce sont le Radium, le Potassium (rarement abondant), et l'Uranium. Les risques que pourrait faire courir l'Uranium sont sa toxicité propre plus que sa radio-activité. La concentration admissible est de 18 mg par litre, et la source française la plus riche en contient 300 fois moins (Saint-Galmier Badoit). Le tableau III récapitule, transcrites en Becquerels, les teneurs des eaux les plus riches

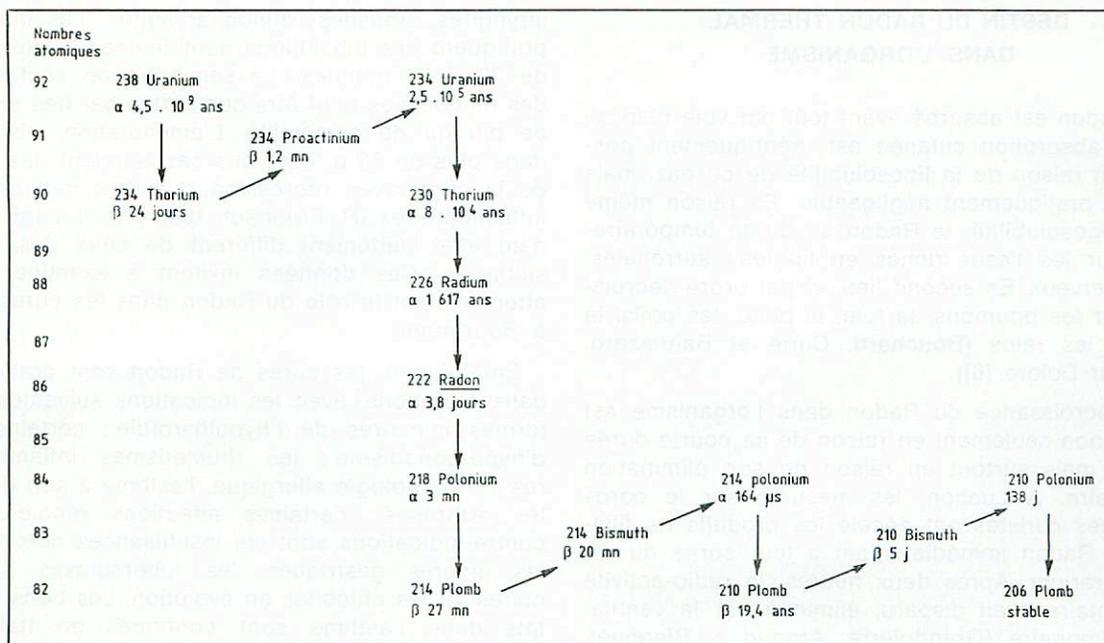


Fig. 1. — Origine et descendance du 222 Radon, avec mentions des rayons émis (alpha et bêta), et des périodes (d'après A. Bouville, 1983 [5]). Il existe également une filière du 220 Radon, mais son abondance est minime.

en Radium et Potassium, sachant que la concentration admissible du Radium est de 3,7 Bq/l (100 pCi/l), dans une eau de boisson quotidienne. Le Radium dissous est très peu abondant, à côté de celui qui est déposé le long des trajets souterrains. Le Potassium ne pose aucun problème puisqu'il ne se fixe pas dans l'organisme, s'élimine à mesure par les urines, et se trouve à une concentration radio-active très inférieure à celle du corps humain. Son rayonnement bêta et gamma diffère des rayons alpha du Radon.

TABLEAU II. — Exposition moyenne aux sources artificielles de radiations, d'après M.L. Rémy et Pellerin, 1982 [18]

I) Expression en Sieverts		
Radiothérapie des cancers	80 à 100	Sv
Survivants de Hiroshima	3,3	Sv
II) Expressions en milliSieverts		
1 Radiographie thoracique par an	1	mSv
Télévision (par an)	0,05	
Retombées nucléaires d°	0,01 à 0,02	
Industrie nucléaire d°	0,01	
Total de II	1,08	mSv/an

TABLEAU III. — Les sources les plus radio-actives par d'autres constituants que le Radon : Radium et Potassium. La concentration admissible du Radium est de 3,7 Bq/litre dans une eau de boisson quotidienne. Résultats obtenus après filtration par le SCPRI et publiés par l'INSERM en 1968. Pour Misasa, résultats de H. Morinaga, M. Mitune et coll.

Radium	Sources radio-actives par		
	Bq/l	Potassium	Bq/l
Le Boulou Janette	2	Cransac	11
Vichy Boussange	1,8	Vals	6
La Bourboule	1,6	Morsbronn	6
Evaux	1,3	Niederbronn	5
Gréoux	1,3	Saint-Yorre	5
Chatel-Guyon	0,8 à 1,2	Vichy	4
Vichy (autres)	0,5 à 1	Chatel-Guyon	3,5
Niederbronn	1		
Royat	0,8		
Saint-Amand	0,7		
Misasa (Japon)	0,2 à 1,7		

DESTIN DU RADON THERMAL DANS L'ORGANISME

Le Radon est absorbé avant tout par voie respiratoire. L'absorption cutanée est théoriquement possible, en raison de la liposolubilité de ce gaz, mais elle est pratiquement négligeable. En raison même de sa liposolubilité, le Radon se dirige temporairement sur les tissus riches en lipides : surrénales, tissus nerveux. En second lieu, et par ordre décroissant, sur les poumons, le foie, la peau, les poils, la rate et les reins (Bouchard, Curie et Balthazard, cités par Delore [6]).

La décroissance du Radon dans l'organisme est rapide, non seulement en raison de sa courte durée de vie, mais surtout en raison de son élimination pulmonaire. A Luchon, les mesures sur le corps entier des curistes ont décelé les produits de filiation du Radon immédiatement à leur sortie du radiovaporarium. Après deux heures, la radio-activité excédentaire avait disparu, éliminée par la ventilation pulmonaire (Grandpierre, Arnaud et Blanquet, 1961 ([13])). Chez les malades habitués à de nombreuses cures, et chez la personne de l'établissement y séjournant depuis de nombreuses années, pendant la saison thermale, les descendants à vie longue du Radon étaient soit absents, soit n'excédant pas de plus de 30 p. cent le bruit de fond du comptage. Les chauves-souris vivants dans les galeries n'avaient aussi qu'une contamination résiduelle négligeable.

EFFETS CLINIQUES FAVORABLES DU RADON THERMAL

Nous les énumérerons seulement ici, car on en trouve le détail dans le *Précis d'Hydrologie et Climatologie* de P. Delore et M. Milhaud, 1951 [6] : augmentation de la diurèse ; abaissement de la pression artérielle chez les hypertendus ; baisse de l'uricémie ; action analgésique ; stimulation endocrinienne, notamment ovarienne.

Au récent Congrès de Meran, ces affirmations ont été reprises. A Gastein, en collaboration avec l'Université d'Innsbruck, l'équipe de R. Gunther [14], éprouvant la difficulté de réaliser des expériences-témoins, a comparé les variations dans différentes circonstances cliniques, en faisant appel à la chronobiologie ; enfin, ils ont comparé avec une station non radio-active. Les effets favorables les plus directement attribuables à la radio-activité s'exerçaient sur les défenses immunitaires et le métabolisme du DNA.

A Merano, dans le Tyrol du Sud en Italie, les inhalations radio-actives sont utilisées contre les infections respiratoires chroniques ou récidivantes. Les meilleurs résultats s'observent dans les pharyngo-

laryngites, sinusites, rhinopharyngites. Les malades pratiquent des inhalations quotidiennes à intervalles de 30 à 60 minutes. La sensation de sécheresse des muqueuses peut être combattue par des extraits de pin ou de camomille. L'amélioration, observée dans plus de 80 p. cent des cas, survient dès la fin de la cure, avec régression objective des aspects inflammatoires (H. Fruhhauf, 1983 [7]). Il s'agit donc d'un effet nettement différent de celui des cures sulfurées. Ces données invitent à examiner plus attentivement le rôle du Radon dans les cures ORL à Bourbonne.

En Pologne, les cures de Radon sont pratiquées dans 4 stations, avec les indications suivantes : les formes mineures de l'hypothyroïdie ; certains cas d'hypo-gonadisme ; les rhumatismes inflammatoires ; la pathologie allergique, l'asthme à son début ; les arthroses ; certaines affections rénales. Les contre-indications sont les insuffisances coronaires, les ulcères gastriques, les tuberculoses pulmonaires, et les phlébites en évolution. Les bons résultats dans l'asthme sont confirmés en Italie, à Lurisia.

A Jachymov, qui détient l'une des atmosphères les plus riches en Radon, la plupart des malades viennent pour arthroses. Ils ont une crise précoce, qui s'étend du 3^e au 7^e jour de la cure, avec somnolence et anorexie, asthénie, recrudescence des douleurs et tuméfactions articulaires, légère éosinophilie (V.H. Hlatavy, 1983 [15]).

En URSS, Bogolyubov et coll., 1983 [2, 3] observent des effets biologiques du Radon chez les malades atteints de diabète gras, polyarthrite rhumatoïde, sclérodermie. Ils font état d'un essai clinique à l'insu montrant la supériorité d'une eau thermale riche en Radon sur une eau de source, mais sans indiquer de référence.

Hormis cet essai, comment discerner ce qui revient au Radon et aux autres éléments de la cure thermale dans les améliorations cliniques ?

Comment faire la part des autres propriétés physiques et chimiques des eaux, celle des pratiques balnéothérapeutiques constamment associées à l'inhalation du Radon ? C'est là le point faible des données actuellement disponibles, et l'on discutera plus loin des projets susceptibles d'individualiser ce qui revient en propre au Radon, qui est l'agent le plus spécifique de la thérapeutique thermale.

EFFETS PHARMACOLOGIQUES FAVORABLES DU RADON

Les données anciennes sont récapitulées dans le livre de Delore et Milhaud : diurèse, abaissement tensionnel, vasodilatation, augmentation du quotient respiratoire.

Dans sa revue de 1979 [11], Grandpierre impute au Radon les effets favorables suivants :

- la stimulation de muscles lisses comme l'iléon isolé ; il en rapproche une augmentation de sensibilité au broncho-spasme histaminique ;

- une atténuation du pouvoir anaphylactogène de l'albumine (à Gastein, Bourbonne) ;

- une stimulation endocrinienne portant sur l'hypophyse, la surrénale, la thyroïde, les gonades ;

- une hyperexcitabilité neuro-musculaire dans le domaine des muscles striés et dans le système para-sympathique, avec un effet cholinergique ;

- une diminution de la pression artérielle ;

- une augmentation de la diurèse, de l'élimination de l'urée et de l'acide urique.

Les recherches soviétiques sont récapitulées dans le rapport de V. Bogolyubov et coll., au Congrès de Merano, 1983 [2, 3]. Parmi les 17 tableaux statistiques, on remarque :

- dans la peau, une teneur accrue en histamine et sérotonine ;

- dans le sang, une augmentation de la sérotonine en fin de cure ;

- une augmentation significative de la circulation locale, et non du débit sanguin général, chez des Rats obligés à nager dans une eau chargée de Radon ;

- dans certaines conditions, une réduction du débit circulatoire général ;

- très inattendu, l'effet sur les plaques d'athérome et la prolifération intimale artérielle chez les lapins rendus athéroscléreux par un régime enrichi en cholestérol : le Radon diminue de plus de moitié, et de plus des deux tiers à forte dose, les mensurations de ces anomalies histologiques ;

- au cours de broncho-pneumonies expérimentales, le Radon diminue de façon importante l'excès d'histamine tissulaire pulmonaire ;

- au cours de pyélonéphrites expérimentales, c'est l'excès de sérotonine tissulaire qui se trouve aboli ;

- l'effet anti-allergique, chez les cobayes sensibilisés à l'albumine, se manifeste par la réduction du taux des anticorps, comme par la réduction de l'excès d'histamine et de sérotonine dans le tissu pulmonaire.

Dans leurs conclusions, ces auteurs insistent sur l'effet du Radon sur les récepteurs sympathiques alpha et bêta. Ils insistent aussi sur la diversité des actions du Radon, qui s'étendent aux processus infectieux et athéroscléreux.

Depuis les recherches de Santenoise jusqu'à celles de Bogolyubov, la littérature concorde sur les effets circulatoires favorables du Radon. Cette littérature est confortée par le travail fondamental pour-

suivi à Misasa par l'équipe de Y. Komoto, montrant que le Radon, à condition d'être inhalé, améliore la circulation sous-cutanée du lapin. Cette démonstration à l'aide de 3 spectromètres de masse, fait l'objet de l'analyse ci-après.

Soulignons que le Radon a sur l'organisme une action générale, en accord avec les dosimétries qui lui attribuent comme cibles les surrénales, les tissus nerveux, les poumons, le foie, la peau, la rate et les reins.

QUELS SONT LES RISQUES DU RADON THERMAL AU REGARD DE SES BIENFAITS ?

Le thème est longuement discuté par Bogolyubov et coll., 1983 [2, 3] (Moscou).

Les bienfaits cliniques ont été cités plus haut et nul ne les conteste, mais leur analyse, en France, est à consolider.

Les risques se discutent différemment pour les malades et pour les personnels des établissements. Chez les malades, il faut tenir compte de l'intensité des troubles, et des risques des thérapeutiques concurrentes. On peut même remarquer que l'inhalation du Radon est la mieux tolérée de toutes les pratiques thermales. Il faut tenir compte encore de l'âge des curistes, et de la quantité de radiographies antérieurement subies : les rayons X ne revendiquent pas les effets thérapeutiques des rayons alpha du Radon, mais ils comptent dans l'évaluation des risques.

Les rayons alpha du Radon n'irradient ni les gonades, ni la moelle osseuse, qu'il soit inhalé ou ingéré avec l'eau. C'est là un avantage, par exemple par rapport aux rayons bêta du Phosphore 32.

Dans les conditions usuelles des cures, Bogolyubov [2, 3] estime que le seul organe cible qui prête à une discussion de risque est l'appareil respiratoire, qui est irradié de deux manières différentes. Les voies respiratoires supérieures sont exposées à la fois au Radon et à ses produits de filiation, tandis que les alvéoles pulmonaires ne sont exposés qu'au seul Radon. La dosimétrie est compliquée par l'absorption des particules alpha dans les sécrétions des muqueuses respiratoires, et par l'élimination des sécrétions. Dans les conditions extrêmes d'une cure de 15 séances de 15 minutes en atmosphère contenant 9 250 Bq/l, l'équivalent de dose aux voies respiratoires serait de 8 mSv. A Bad Gastein, avec des séances durant une heure, dans une atmosphère avoisinant 110 Bq/l de Radon, certains malades recevraient jusqu'à 15 mSv aux poumons. La dose locale admissible pour une partie de la population serait de 30 mSv. A ces doses, il n'y a pas à craindre une augmentation du risque de cancer broncho-pulmonaire.

Les personnels des établissements thermaux ne

sont pas des malades. Par conséquent si des risques existent, on doit les accepter encore moins pour eux que pour les malades. Il faut tenir compte de leur durée d'exposition au fil des années, comme du jeune âge de leur entrée dans la profession. Ni Bogolyubov, ni nous ne sommes satisfaits des documents publiés en Autriche à Bad Gastein. Nous aimerions mieux savoir, notamment, s'il y a lieu de tenir compte, dans le risque, des produits de filiation du Radon, qui ajoutent à sa radio-activité une activité quadruple ; quelles sont les concentrations, en Bq par litre, dans les atmosphères des postes de travail, et quelles sont les durées annuelles de présence dans lesdits postes ; comment les auteurs ont établi les doses reçues en unités WLM et quelle équivalence ils font entre ces unités et les Sieverts. Dans un article rédigé en japonais, qu'il nous a remis, M. Mifune estime que l'exposition des médecins et surveillants atteint 300 à 500 mSv par an, et que d'autres personnels reçoivent 500 à 1 000 mSv par an, soit 50 à 100 rem. Des conséquences pratiques sont à envisager : ventilation, limitations horaires, voire filtration sur fibres pour retenir les produits de filiation (d'après Bogolyubov). Il en irait de même à Kitagawa, au Japon.

Il reste à répondre à deux sortes d'objections. Les unes découleraient des calculs d'Usunov, erronés selon Bogolyubov. Les autres, selon Bogolyubov, seraient les postulats de Jakobi, de certaines instances de l'OMS et de nombreuses personnes qui se déclarent écologistes : postulats selon lesquels les effets des radiations ionisantes en fonction des doses seraient toujours négatifs, à partir d'un seuil nul, et de façon linéaire. Nous suggérons les réponses suivantes. En premier lieu, la courbe a plus de chances de comporter des sections exponentielles que linéaires. En second lieu, nul n'a pu montrer expérimentalement s'il existe ou non un seuil au-dessous duquel les radiations sont dénuées d'effet. Les seuls arguments reposent sur des raisonnement, qui doivent tenir compte du fait que l'irradiation naturelle est loin d'être nulle, depuis des centaines de millions d'années. Compte tenu de l'adaptation et des régulations des êtres vivants, il est probable qu'un écart significatif par rapport au niveau basal est nécessaire pour déterminer une variation biologique : cet écart équivaut à un seuil. En troisième lieu, plusieurs faits suggèrent qu'une faible irradiation détermine des effets plutôt bénéfiques que nocifs à long terme, sans parler des effets pharmacologiques et des bienfaits cliniques à court terme. Les cancers, les leucémies, et la mortalité ont été comparés en Cornouailles et au Pays de Galles par Turner, 1961 et 1962 (cité par M.L. Rémy et P. Pellerin, du SCPRI [17, 18]). Le cancer de l'estomac est moins fréquent, et la mortalité est nettement plus faible en Cornouailles, où l'eau d'adduction contient 30 fois plus de Radium et 1 000 fois plus de Radon qu'au Pays de Galles. Par la suite, on a alimenté plusieurs comtés de

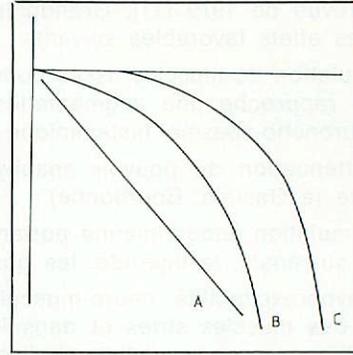


Fig. 2. — Représentation graphique des postulats simplistes suivant lesquels, en fonction de doses croissantes, les effets sanitaires des irradiations seraient toujours négatifs : en A : de façon linéaire ; en B, de façon exponentielle sans seuil ; en C, de façon exponentielle avec seuil.

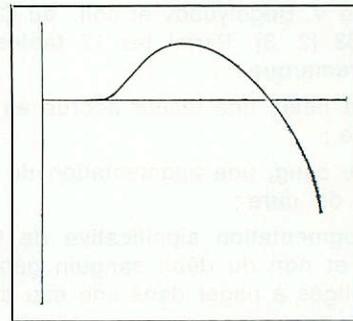


Fig. 3. — Représentation des effets sanitaires probables des faibles irradiations générales : seuil, effets globalement positifs puis négatifs.

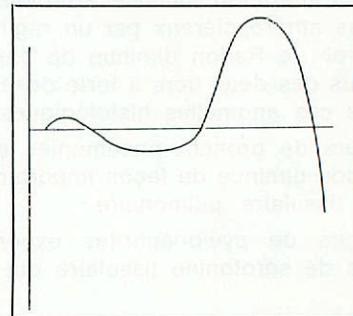


Fig. 4. — Effets sanitaires probables des fortes irradiations locales pour cancer. Unités plus grandes en abscisses et ordonnées. La courbe débute comme la précédente, mais continue par le pic thérapeutique et la plongée du surdosage.

Galles en eau des Cornouailles. Au bout de 5 ans, le taux standard de mortalité s'y est abaissé pour rejoindre celui de Cornouailles. Des comparaisons concordantes auraient été publiées en Suède, Canada, Etats-Unis. Chez les végétaux et paramécies, un niveau minimum d'irradiation est nécessaire à une croissance normale. Même des doses nettement plus élevées pourraient être favorables, d'après Bogolyubov, s'il est vrai qu'à Hiroshima et

Nagasaki les irradiés ayant reçu 250 mSv ou une dose moindre ne sont devenus leucémiques qu'à raison de 20 à 30 par million, contre 50 dans la population témoin.

Nous proposons de représenter graphiquement les thèses en présence : en fonction de doses croissantes, d'irradiations, nous avons porté en valeurs positives ou négatives le bilan des effets sanitaires à long terme chez l'homme mais sans exprimer ces valeurs par des unités définies (fig. 2 à 4). La figure 2 trace en A l'hypothèse d'effets négatifs linéaires sans seuil ; en B et C, celle d'effets négatifs exponentiels, sans seuil ou avec seuil. La figure 3 trace une courbe plus probable pour les faibles irradiations, avec un seuil, et des effets successivement positifs et négatifs. La figure 4 représente les effets des fortes doses usitées dans la radiothérapie des cancers, avec le même seuil représenté beaucoup

plus court, les mêmes effets positifs et négatifs, puis le pic positif du traitement du cancer, enfin la plongée du surdosage. La complexité des figures 3 et 4 aide à percevoir le caractère trop simpliste des objections de principe à toute irradiation.

RÉSUMÉ

Les sujets passés en revue sont les nouvelles unités de radio-activité et dosimétrie ; l'exposition aux radiations naturelles et artificielles ; le Radon et les autres constituants radio-actifs des eaux thermales ; leur destin dans l'organisme ; les effets cliniques favorables publiés ; les effets pharmacologiques anciennement connus ou récemment découverts en URSS et au Japon ; enfin, comment évaluer les risques du Radon thermal au regard de ses bienfaits, pour les malades comme pour le personnel soignant. Plusieurs faits indiquent qu'une irradiation à faible dose est bénéfique à court terme et aussi à long terme.

RÉFÉRENCES

- D'Alessio, Ravasini G., Rossi G. — Concentrazione di Radon 222 in acque sotterranee della provincia di Varese. In : *Congrès International de Meran « Natural Radioactivity and thermal waters »*, 1983, pp. 19-27. Edité par Terme, 39012 Merano, Italie, 1 vol.
- Bogolyubov V.M., Gusarov I.I., Andreev S.V. — The « risk-benefit » ratio in Radon therapy. In : *Congrès International de Meran « Natural Radioactivity and thermal waters »*, 1983, pp. 109-114. Edité par Terme, 39012 Merano, Italie, 1 vol.
- Bogolyubov V.M., Gusarov I.I., Rakhmanova T.B., Khudotyoply A.S. — The mechanism of curative effect in Radon procedures. In : *Congrès International de Meran « Natural Radioactivity and thermal waters »*, 1983, pp. 75-84. Edité par Terme, 39012 Merano, Italie, 1 vol.
- Bollaño R. — Le sorgenti radioattive di Merano. In : *Congrès International de Meran « Natural Radioactivity and thermal waters »*, 1983, pp. 135-141. Edité par Terme, 39012 Merano, Italie, 1 vol.
- Bouville A. — Concentrations of natural radionuclides in the environment and man, and resulting exposures. In : *Congrès International de Meran « Natural Radioactivity and thermal waters »*, 1983, pp. 19-27. Edité par Terme, 39012 Merano, Italie, 1 vol.
- Delore P., Milhaud M. — *Précis d'Hydrologie et de Climatologie Clinique et Thérapeutique*. Paris, Doin, 1951 (1 vol., 538 p.).
- Frühauf H. — Le acque radioattive nelle flogosi delle vie aeree superiori. In : *Congrès International de Meran « Natural Radioactivity and thermal waters »*, 1983, pp. 118-121. Edité par Terme, 39012 Merano, Italie, 1 vol.
- Gibertoni A., Ninard B. — Radiobiologie et cures thermales. In : Bert J.M. et coll., *Thérapeutique Thermale et Climatologie*, pp. 81-84. Paris, Masson, 1972.
- Giordano E., Onorati C., Rossi G. — Acque radioattive e immunocomplessi nella patologia allergica delle vie respiratorie: prime valutazioni. In : *Congrès International de Meran « Natural Radioactivity and thermal waters »*, 1983, pp. 127-130. Edité par Terme, 39012 Merano, Italie, 1 vol.
- Grandpierre R. — Données récentes concernant l'action de la radioactivité de certaines eaux minérales. *Presse therm. clim.*, 1972, 109, 180-195.
- Grandpierre R. — A propos de l'action biologique de la radio-activité hydrominérale (quelques recherches récentes). *Presse therm. clim.*, 1979, 116, 52-55.
- Grandpierre R., Arnaud M. — Explorations spectrométriques de l'absorption de radio-éléments naturels effectuées à la station thermale de Luchon. *Ann. Instit. Hydrol. Clim.*, 1962, 33, 40-51.
- Grandpierre R., Pellerin P., Arnaud Y., Blanquet P., Moroni J.P. — La radio-activité des eaux et des gaz de Bagnères-de-Luchon. *Ann. Instit. Hydrol. Clim.*, 1962, 33, 22-39.
- Günther A., Altmann H., Egg D., Gastl G., Halberg F., Herold M., Knapp E., Marktl W. — Klinische erfahrungen mit Radon-Balneotherapie. In : *Congrès International de Meran « Natural Radioactivity and thermal waters »*, 1983, pp. 85-108. Edité par Terme, 39012 Merano, Italie, 1 vol.
- Hlavaty V.H. — La « syndrome reattiva » alla radon-terapia nei pazienti trattati presso le Terme di Jachymov. In : *Congrès International de Meran « Natural Radioactivity and thermal waters »*, 1983, pp. 131-134. Edité par Terme, 39012 Merano, Italie, 1 vol.
- Lepape A. — Les données numériques actuelles sur la radio-activité des sources thermales françaises. *Ann. Instit. Hydrol. Climatol.*, 1924, 2, 44-60.
- Rémy M.L., Pellerin P. — Radioactivité naturelle de 250 sources hydrominérales françaises. Rapport du SCPRI n° 117. *Bull. INSERM*, 1968, 23, 23-62.
- Rémy M.L., Pellerin P. — Quelques données sur la radio-activité naturelle des sources hydrominérales françaises. *Presse therm. clim.*, 1982, 119, 150-155.
- Sciocchetti G. — Aspetti dosimetrici dell'esposizione alle radiazioni nelle stazioni termali radioattive. In : *Congrès International de Meran « Natural Radioactivity and thermal waters »*, 1983, pp. 28-39. Edité par Terme, 39012 Merano, Italie, 1 vol.

Analyse d'article

Effet circulatoire immédiat du radon en inhalation, seul ou combiné avec le bain carbo-gazeux Mesure par spectrométrie de masse à l'argon chez le Lapin*

Y. KOMOTO, T. KOHMOTO, T. NAKAO
M. SUNAKAWA, H. YOROZU **

Les effets circulatoires du Radon thermal ont été peu étudiés. On a surtout envisagé son absorption à travers la peau dans le bain, sachant que le Radon est liposoluble.

Etant parvenu à enregistrer le débit circulatoire sous-cutané du Lapin, en même temps que les pressions partielles tissulaires d'oxygène et de gaz carbonique à l'aide de 3 spectromètres de masse et d'ordinateur, Y. Komoto et coll. ont appliqué leurs techniques à l'étude du Radon en inhalations ou en bains d'eau simple ou rendue carbo-gazeuse.

TECHNIQUE

Préparation des animaux

Les lapins pesant 2 kg, dont le nombre est indiqué sur le tableau, ont été intubés par trachéotomie sous anesthésie par 25 mg de pentobarbital sodique intraveineux. La pression artérielle a été enregistrée à l'aide d'un cathéter introduit par voie carotidienne dans l'aorte thoracique, après administration d'héparine (1 mg par kg). Un cathéter a été introduit par la veine jugulaire externe dans l'oreillette droite. Le lapin a été rasé au thorax, à

l'abdomen et aux membres inférieurs, et placé dans un bac thermostaté de 20 litres, la tête et le cou étant maintenus hors de l'eau.

L'électrocardiogramme et la pression artérielle ont été enregistrés sur un polygraphe, et l'anesthésie a été entretenue par une perfusion de 15 à 20 gouttes par minute avec du pentobarbital sodique à 0,3-0,4 p. cent.

Les pressions tissulaires de l'oxygène et du gaz carbonique (PO_2 et PCO_2) ont été enregistrées à l'aide de deux cathéters de téflon placés séparément dans le tissu sous-cutané de la cuisse, et relié chacun à un spectromètre de masse. Un délai de 30 à 60 minutes a permis à ces pressions partielles de se stabiliser. La température de la pièce était maintenue à $25 \pm 1^\circ C$ durant les expériences.

Le rythme respiratoire a été maintenu entre 25 et 30 par minute, avec un volume courant de 20 à 25 ml, et une pression positive intermittente de 10 mm d'eau, de manière à maintenir la ventilation par minute à 250 ml/kg.

Détermination du volume de perfusion tissulaire (micro-circulation sous-cutanée)

La perfusion tissulaire régionale a été déterminée à partir de la courbe de clairance de l'Argon exprimée en pression partielle tissulaire. Une solution saturée d'Argon en sérum physiologique a été injectée à la dose de 0,1 ml dans le tissu sous-cutané au contact de l'extrémité sensible du cathéter relié à un troisième spectromètre de masse. Un ordinateur a fourni l'enregistrement des résultats en temps réel, en se basant sur la théorie de la

* Cette étude a fait l'objet d'une communication à la Société Française d'Hydrologie et de Climatologie Médicales, séance du 10 février 1989. C'est pourquoi nous publions en fin d'article la discussion qu'elle a suscité et les réponses qui ont été apportées par le Pr Besançon.

** Tissue perfusion with a Radon bath in combination with CO_2 . *Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim.*, 1988, 17, 72-78.

Adresse des auteurs : Pr Yoshiaki Komoto, M.D., Institute for Environmental Medicine, Okayama University Medical School, 827 Yamada, Misasa, Tottori 682-02, JAPAN.

TABLEAU I. — Volume de perfusion tissulaire (débit circulatoire), mesuré par clairance de l'Argon en spectrométrie de masse, et exprimé en ml/100 g/min chez le Lapin. Moyennes (M), écarts-types (SD), erreurs standard de la moyenne (SE) et nombre d'animaux (N) au cours de bains à 36-37°C, dans les circonstances suivantes. Témoins : eau d'adduction simple ou rendue carbo-gazeuse (+ CO₂). Radon sans inhalation, en bains simples ou rendus carbo-gazeux. Radon inhalé au cours de bains d'eau d'adduction simple ou rendue carbo-gazeuse. La concentration « forte » était celle d'une eau contenant 13 764 à 23 743 Bq/l. La concentration « faible » était celle d'une eau contenant 187 à 788 Bq/l de Radon.

	Témoins		Radon					
	Eau d'adduction		Bains			Inhalation		
	Simple	+ CO ₂	Conc. forte Simple	+ CO ₂	Conc. faible Simple	+ CO ₂	Conc. forte Simple	+ CO ₂
M	20,85	23,36	19,03	24,28	19,07	23,98	24,20	27,52
SD	6,71	5,60	4,05	6,52	3,65	6,11	5,37	6,21
SE	3,56	2,98	2,34	4,66	2,81	5,11	3,24	5,19
N	16	16	14	10	9	9	13	8

clairance de Kety appliquée au principe de Fick pour la détermination du débit sanguin régional [3]. Si l'on porte en abscisses le temps et en ordonnées la pression partielle d'Argon, la perfusion tissulaire est d'autant plus grande que la période d'élimination est plus courte. Le coefficient de distribution λ , entre le sang et les tissus, est présumé égal à 1 dans la plupart des tissus excepté le tissu adipeux. Une approximation correcte de la circulation locale est obtenue en divisant la hauteur du pic par la surface sous la courbe (A) :

$$\text{Débit} = \frac{\lambda (\text{Pmax} - \text{Pmin})}{A}$$

La durée des mesures est fixée au triple du temps nécessaire pour que la décroissance de l'Argon soit de 63,2 p. cent.

Les résultats sont exprimés en moyennes suivies de l'écart-type (SD) puis de l'erreur standard de la moyenne (SE) (tableau I).

Expériences-témoins : bains d'eau d'adduction et bains carbo-gazeux

Ces expériences ont comporté les mesures décrites ci-dessus chez 16 lapins, placés d'abord dans une eau d'adduction publique maintenue à 36-37°. Une fois déterminées les pressions partielles d'oxygène et de gaz carbonique ainsi que la perfusion tissulaire à l'Argon, par les trois spectromètres de masse, le bain a été transformé en bain carbo-gazeux. Pour cela, on a ajouté 50 g de Bub-Kao (Tochigi Research Laboratories, Kao Co Ltd, Japon). Ce mélange de bicarbonate de soude et d'acide succinique produit un dégagement de CO₂ en fines bulles atteignant la concentration d'environ 0,57 g par litre. Au bout de quinze minutes de bain carbo-gazeux, les mesures ont été réitérées.

Etude du Radon en bains, seul ou combiné avec le bain carbo-gazeux

De l'air frais a été continuellement amené sur le lapin par un ventilateur pour empêcher l'inhalation de Radon. Le bain était empli d'eau des sources minérales d'Ikeda, jaillissant à 18°C, avec une concentration initiale de 13 764 à 23 743 Bq/l. Le bain expérimental était amené à 36-37°, et, au bout des deux heures de l'expérience, la concentration finale de Radon était abaissée à 4 549-7 189 Bq/l. 14 lapins ont été étudiés.

Dès la stabilisation des variables mesurées, le bain était transformé en bain carbo-gazeux par l'addition du Bub-Kao comme indiqué ci-dessus, et les mesures renouvelées au bout de quinze minutes.

Etude du Radon en inhalation, seul ou combiné avec le bain carbo-gazeux

Les eaux chargées de Radon ont été administrées avec un nébuliseur ultra-sonique, le lapin restant immergé dans un bain d'eau d'adduction publique à 36-37°.

Les concentrations de Radon ont été tantôt élevées (13 lapins), tantôt faibles (9 lapins). Les concentrations élevées étaient obtenues en nébulisant les eaux minérales d'Ikeda décrites ci-dessus, avec une teneur de 13 764 à 23 763 Bq/l.

Les concentrations faibles ont été obtenues en nébulisant les eaux chaudes de Misasa jaillissant à 42°C, avec une teneur en Radon de 187 à 788 Bq/l.

Après stabilisation des variables, le bain a été transformé en bain carbo-gazeux comme indiqué ci-dessus, et les mesures renouvelées au bout de quinze minutes.

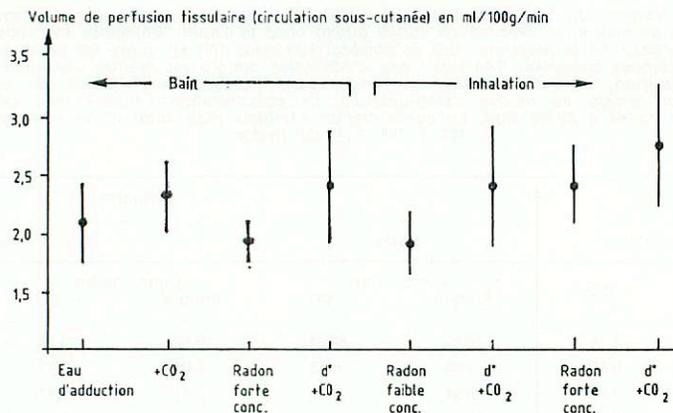


Fig. 1. — Récapitulatif graphique de l'ensemble des résultats contenus dans le tableau I. En ordonnée figure le volume de perfusion tissulaire sous-cutanée (débit circulatoire régional), exprimé en ml/100 g/min. Les valeurs moyennes sont indiquées, avec l'erreur standard de la moyenne. On trouve tour à tour les expériences-témoins avec l'eau d'adduction et le bain carbo-gazeux. Ensuite les bains de Radon sans inhalation, à fortes concentrations, bains simples ou rendus carbo-gazeux. La seconde partie de la figure concerne les inhalations d'eaux thermales chargées de Radon tandis que le lapin est immergé dans un bain d'eau d'adduction à 36-37°. Les émanations thermales inhalées proviennent successivement d'une eau à faible concentration et à forte concentration de Radon, le lapin étant tour à tour en eau d'adduction simple ou en eau d'adduction rendue carbo-gazeuse. L'effet circulatoire du Radon n'apparaît qu'en inhalation à forte concentration, et il est renforcé par le CO₂ (Figure reproduite avec l'aimable autorisation de Demeter Verlag éditeur, à D-8032 Grätelting).

RESULTATS

Expériences-témoins : bains d'eaux d'adduction et bains carbo-gazeux (tableau I, figure 1)

Ces expériences indiquent le niveau basal de la circulation tissulaire (volume de perfusion) au cours du bain thermostaté, et son augmentation au cours du bain carbo-gazeux (CO₂).

Etude du Radon en bains, seul ou combiné avec le bain carbo-gazeux (tableau I, figure 1)

Le bain de Radon isolé n'a pas modifié l'état général des 14 lapins étudiés, d'après le rythme cardiaque et la pression artérielle. Les pressions partielles tissulaires d'oxygène et de gaz carbonique n'ont pas varié sensiblement.

Le bain de Radon à 36-37°, sans inhalation de Radon, n'a pas modifié non plus la circulation sous-cutanée par rapport aux expériences-témoins.

La combinaison du bain de Radon et du bain carbo-gazeux a été suivie d'une augmentation de la circulation sous-cutanée, mais sans différence significative par rapport au bain carbo-gazeux isolé.

Etude du Radon en inhalation, seul ou combiné avec le bain carbo-gazeux (figure 1, tableau I)

L'inhalation de Radon d'une source thermale le

contenant à haute concentration n'a pas modifié la pression partielle tissulaire du gaz carbonique ni de l'oxygène.

L'augmentation de la circulation sous-cutanée (volume de perfusion tissulaire), a été importante, avec une moyenne de 24,20 + 3,24 ml/100 g/min chez les 13 rats étudiés, les valeurs extrêmes allant de 17,9 à 32,37. Les différences ont été hautement significatives ($p < 0,01$) par comparaison avec les expériences-témoins et le bain de Radon sans inhalation (moyenne : 19,03 + 2,34).

En revanche si le Radon inhalé était à faible concentration, la circulation sous-cutanée restait au même niveau que chez les témoins.

En combinant l'inhalation de Radon à forte concentration avec le bain carbo-gazeux, un effet additif sur la circulation sous-cutanée a été obtenu, le volume de perfusion passant à 27,52 + 5,19 ml/100 g/min chez les 8 rats étudiés, les valeurs extrêmes allant de 20,1 à 39,05. Les différences ont été très hautement significatives par rapport au bain de Radon sans inhalation ($p < 0,001$). Cet effet est survenu en quelques minutes. Il semble n'avoir pas duré plus d'une heure.

Au contraire, l'inhalation de Radon à faible concentration combinée au bain carbo-gazeux n'a pas entraîné un effet supérieur à celui du bain carbo-gazeux témoin, chez les 9 lapins étudiés (moyenne 23,98 + 5,11).

DISCUSSION

L'avantage de la spectrométrie de masse, dans l'évaluation de l'hémodynamique tissulaire, est de mesurer les pressions partielles gazeuses de chaque tissu dans les conditions vitales usuelles. Les résultats établissent que le Radon améliore la circulation sous-cutanée (volume de perfusion tissulaire) par voie respiratoire, et guère par absorption transcutanée.

Les résultats sont en accord avec ceux du manuel de Amelung, encore que ce texte ne distingue pas le Radon du bain et le Radon inhalé.

La concentration du Radon dans l'eau du bain diminue de 60 p. cent quand la température s'élève de 18 à 37°. Sachant que le taux d'absorption du Radon inhalé est de 29 p. cent, on a estimé que 3,3 p. cent du Radon contenu dans le bain est absorbé par voie respiratoire [1].

L'eau chargée de Radon utilisée pour le bain à 36-37° et pour l'inhalation à forte concentration avait subi une déperdition de 40 p. cent en concentration (5 700 Bq/l) en moyenne, à la fin d'une expérience durant deux heures. A ce stade, il subsistait un effet net sur la perfusion tissulaire au cours de l'inhalation. Au contraire, comme indiqué plus haut, ni le bain de Radon concentré sans inhalation, ni l'inhalation du Radon à faible concentration n'ont amené un résultat différent de celui d'une eau d'adduction à la même température.

Par conséquent, on peut conclure que l'effet thérapeutique du Radon est à attendre principalement de l'inhalation, pourvu qu'il soit à forte concentration. Dans ces conditions, l'effet vaso-moteur est assez doux pour n'être accompagné d'aucune modification du rythme cardiaque ni de la pression artérielle. On considère comme négligeable l'absorption transcutanée du Radon chez le lapin adulte.

Ces résultats expérimentaux invitent les thérapeutes à étudier les variations de la circulation tissulaire chez l'homme, le Radon thermal étant administré par voie respiratoire à concentration suffisante. Cela, au cours du bain chaud, du séjour en étuve, ou si possible du bain carbo-gazeux.

Des expériences ultérieures permettront peut-être de discerner si l'effet circulatoire du Radon dépend de sa radioactivité, de sa nature chimique, ou de ses produits de dégradation. Par exemple, il y aura lieu d'étudier d'autres aérosols ou gaz radioactifs, et d'étudier des eaux thermales chargées de Radon après un délai de vieillissement. Enfin, les effets à long terme d'inhalations répétées au rythme d'une cure seront à préciser.

F. BESANÇON

RÉSUMÉ

Les effets circulatoires immédiats du Radon thermal, en bains et en inhalation, isolé ou combiné au bain carbo-gazeux artificiel, ont été étudiés chez le Lapin par diffusion de l'Argon mesurée en spectrométrie de masse.

Donné en bain sans inhaler les émanations, chez le Lapin adulte, le Radon s'est montré inefficace après comparaison avec des bains d'eau d'adduction publique à la même température (respectivement $19,03 + 2,34$ ml/100 g/min, $N = 14$ et $20,85 + 3,56$ ml/100 g/min, $N = 16$). Par contre, donné en inhalation au cours d'un bain d'eau d'adduction, le Radon a élevé immédiatement la perfusion tissulaire sous-cutanée (débit circulatoire) à $24,20 + 3,24$ ml/100 g/min, $N = 13$ de façon hautement significative ($p < 0,01$). Ce résultat n'a été obtenu qu'avec les émanations d'une eau thermale très riche en Radon (13 764 à 23 743 Bq/l) et non avec les émanations d'une eau thermale contenant 187 à 788 Bq/l. L'effet sur le débit circulatoire sous-cutané a été du même ordre de grandeur que celui du bain carbo-gazeux à la concentration de 0,57 g/l. En combinant l'inhalation du Radon à forte concentration avec le bain carbo-gazeux, la perfusion tissulaire a atteint $27,52 + 5,19$ ml/100 g/min ; $N = 8$ ($p < 0,001$ par rapport aux témoins).

Ces résultats expérimentaux invitent les thérapeutes à étudier les variations de la circulation tissulaire chez l'homme, le Radon thermal étant administré par voie respiratoire à concentration suffisante. Cela, au cours du bain chaud, du séjour en étuve, ou si possible du bain carbo-gazeux.

DISCUSSION AU COURS DE LA SÉANCE

Docteur Clanet :

1^o intervention : J'aimerais savoir pourquoi les expérimentations ont choisi comme voie d'introduction l'inhalation et non l'injection, comme cela est pratiqué à Royat : injections sous-cutanées de gaz naturels renfermant du CO_2 et du Radon.

2^o intervention : En ce qui concerne l'éventuelle activité thérapeutique du Radon, il me paraît trop schématique de le considérer sous le simple aspect de son action ionisante. Tout d'abord, il faut considérer qu'il y a deux Radons, le ^{222}Rn et le ^{220}Rn ou Thoron. Le premier produit de filiation dans la famille de l'Uranium-238 et le second produit de filiation dans la famille du Thorium 232, Thorium descendant respectivement de ^{226}Ra et de ^{224}Ra . Aussi, j'aimerais mieux qu'on parle plutôt d'émanation du Radium, d'autant plus que de la décroissance radioactive des Radons résulte la formation de produits de filiation qui pourraient agir cliniquement dans le cas d'expositions de patients à de fortes doses en expérimentation aiguë, comme c'est le cas ici.

Il serait donc plus rigoureux de considérer cette expérimentation en fonction d'actions radiochimiques des émanations du Radium.

Enfin, en France, des laboratoires travaillent sur les Radons et le mien en particulier depuis plus de 20 ans pratique des dosages.

Je tiens à préciser que ces dosages doivent impérativement être effectués sur site, si l'on veut distinguer le Radon-220 dont la demi-vie n'est que de 54 secondes.

Réponse :

C'est la voie respiratoire qui est usitée, partout dans le monde, pour administrer les émanations du radium aux malades en cure. Cette voie est la plus naturelle, et elle est très efficace. C'est pourquoi les expérimentateurs japonais l'ont adoptée, d'autant plus qu'ils ne sont pas coutumiers des injections sous-cutanées. Il va de soi qu'à Royat, par exemple, les injections sous-cutanées de gaz naturel ajoutent leur teneur en émanations du radium, accompagnant le gaz carbonique, à ce que le malade respire déjà au griffon des sources.

Réponse à la seconde intervention :

Les expériences rapportées ici sont de nature pharmacologique et non thérapeutique. Monsieur Clanet a raison de considérer que le terme le plus approprié est « émanations

du radium ». En pratique, les auteurs japonais que nous citons n'ont pas tort de parler du radon, sachant que la proportion du thoron est infime, et qu'en outre sa demi-vie n'est que de 54 secondes, donc très inférieure à celle du radon 222.

S'il advenait que les patients, ou le personnel des établissements soient exposés à de fortes doses, on pourrait se préoccuper du thoron, non sans se demander comment le dissocier du radon 222. En attendant, il n'est pas impératif de doser le thoron (radon 220).

Je remercie Monsieur Clanet d'indiquer à la Société que son Laboratoire pratique des dosages. On souhaite que les travaux des laboratoires soient orientés vers la publication et la mise en évidence d'effets bénéfiques, comme c'était le cas au temps où Marie Curie prospectait les sources françaises et japonaises, avec ses collaborateurs de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie.

RÉFÉRENCES

1. Shoger G.A., Kern H. — VIII, 9. Radium- bzw. Radonbalneologie, Handbuch der Bäder- und Klimaheilkunde, herausgegeben von W. Amelung und A. Evers, 430-460. Stuttgart, Friedrich-Karl Schattauer-Verlag, 1962.
2. Komoto Y. et coll. — A new approach in evaluating the hemodynamics of ischemic legs by mass spectrometry; A preliminary report. *Angiology*, 1977, 28, 568-577.
3. Kohmoto T. — Local tissue perfusion determined by the clearance curve of tissue partial pressure of CO₂. *J. Jap. Coll. Angiol.*, 1984, 24, 1331-1337 (In Japanese with English summary).
4. Komoto Y. et coll. — Dermal and subcutaneous tissue perfusion with a CO₂ bathing. *Z. Physiother.*, 1986, 38, 103-112.
5. Komoto Y. et coll. — Tissue perfusion with strong saline baths in combination with CO₂ baths. In: *Proceedings, XIX. Internationaler Kongress für Thalassotherapie 1985. Vol. 1*, 46-57.

Analyse d'articles

Nouvelles méthodes pour simplifier le dosage du radon dans les eaux et les atmosphères*

Jusqu'à présent, le dosage du Radon se réalise en chambre d'ionisation, avec l'inconvénient de ne pas pouvoir expédier à distance les échantillons d'eau ou d'atmosphère. On est obligé de dépêcher sur place un appareil délicat. Par suite, rares sont les stations françaises à posséder des données, et celles-ci n'ont guère été actualisées depuis plus de cinquante ans.

C'est une révolution technique que d'avoir découvert la possibilité d'extraire le Radon de l'eau et de l'atmosphère par le solvant à base de toluène couramment utilisé dans les compteurs à scintillation liquide. Cette découverte est due à Y. Murakami et K. Horiuchi, à la Faculté des Sciences de l'Université Métropolitaine de Tokyo. Certes, le compteur à scintillation liquide est un instrument lourd et onéreux. En revanche, les servitudes dans les stations thermales sont extraordinairement allégées, sans toutefois négliger que la demi-vie du Radon est de 3,825 jours.

Le principe de la méthode consiste à ajouter à l'échantillon d'eau thermale une petite quantité de ce solvant à base de toluène, et à attendre 3 heures pour que s'établisse un nouvel équilibre entre le Radon et ses produits de décomposition. Cela quintuple la sensibilité par rapport au principe de la méthode traditionnelle. Là où l'on n'enregistrait qu'une seule désintégration alpha, la scintillation liquide enregistre trois désintégrations alpha et deux désintégrations bêta, le surplus provenant des descendants du Radon à période très brève. La méthode est assez sensible pour détecter le Radon. Ce dernier a une demi-vie bien plus courte : 52 secondes. Sa concentration est beaucoup plus faible, de trois à vingt-cinq fois suivant les sources.

Il semble licite en pratique de ne pas doser séparément le Radon 220 parce que sa détermination n'apporterait qu'une précision trompeuse, compte tenu de ces faits et des fluctuations dans la concentration du Radon prépondérant, le Radon 222.

Par extension, il devient possible de doser le Radium dans les mêmes eaux thermales. En 1981, les auteurs montrent qu'on peut recueillir les eaux thermales dans un flacon bouché au téflon, chasser ensuite le Radon présent par un courant d'azote, ajouter le liquide à scintillation, laisser le flacon à l'envers pendant sept à dix jours. Dans ces conditions, le Radium présent dans l'eau dégage à nouveau du Radon, que l'on dose suivant le procédé présenté plus haut. On peut recommencer plusieurs fois de suite, avec le même résultat.

Dans la station thermale de Misasa, le Docteur Masaaki Mifune a confirmé la validité de la méthode, et il a montré que la seconde méthode, initialement proposée pour le dosage du Radium, pouvait mener à une nouvelle simplification du dosage du Radon. Le principe consiste à ajouter une petite quantité d'eau thermale au flacon de solvant à base de toluène, ce qui simplifie grandement le temps d'extraction. En contrepartie, les comptes de radioactivité sont beaucoup plus faibles et imprécis. Cette méthode ultra-simplifiée n'est recommandable que pour comparer entre elles les sources d'une station, et peut-être pour évaluer les variations quotidiennes ou circennuelles.

Le Docteur Mifune a également créé un logiciel pour micro-ordinateur. Connaissant le compte de radioactivité, la date du prélèvement, le volume de la couche d'air, la température de l'eau, la date du comptage, le pourcentage de récupération du solvant, et la demi-vie du Radon, l'appareil imprime la concentration du Radon en Becquerels par litre d'eau.

* Voir références.

Sachant que le Radon inhalé a des effets biologiques nettement plus importants que le Radon dissous dans les eaux, il est capital de doser commodément le Radon dans une atmosphère donnée. Toujours à Tokyo, K. Horiuchi et Y. Murakami ont montré qu'il suffit de laisser dans un flacon ouvert, pendant un certain temps, 20 ml du liquide à scintillation à base de toluène. Un système d'étalonnage permet d'établir qu'une proportion définie du Radon présent dans l'atmosphère est captée par le solvant.

L'intérêt de cette découverte est qu'il suffit de reboucher le flacon de solvant et de l'expédier dans un laboratoire qui dispose du compteur à scintillation liquide. Des calculs appropriés permettent d'exprimer le Radon fixé par le solvant, le Radon non capté, et finalement la concentration du Radon dans l'atmosphère à étudier.

Cette méthode intéresse les géologues pour prospecter les mines d'Uranium, pour analyser les failles du terrain, pour prédire les tremblements de terre et en suivre l'évolution.

Les applications thermales, sous réserve de vérification, sont de la plus haute portée. En effet, il convient que l'intérêt se déplace vers le Radon inhalé, et que les premiers dosages soient faits dans les émanatoriums thermaux, et dans les appareils d'inhalations, pulvérisations, aérosols, dans des conditions bien définies d'alimentation et renouvellement des eaux thermales chargées de Radon. Les atmosphères des postes de douches en multiples jets ont des chances de donner des résultats reproductibles. Par contre, il semble à priori moins intéressant d'étudier l'atmosphère qui règne au-dessus des baignoires et des piscines, car les teneurs en Radon ont toutes chances de varier beaucoup en fonction de la ventilation des locaux et du séjour éventuel des eaux thermales dans des réservoirs.

F. BESANÇON

REFERENCES

1. Horiuchi K., Murakami Y. — A new procedure for the determination of Radium in water by extraction of Radon and application of integral counting with a liquid scintillation counter. *Int. J. Appl. Rad. Isotopes*, 1981, 32, 291-294.
2. Horiuchi K., Murakami Y. — A new method for the determination of Radon in soil air by the « open vial » and integral counting with a liquid scintillation counter. *J. Radioanal. Chem.*, 1983, 80, 153-163.
3. Horiuchi K., Murakami Y. — Determination of Radon in soil gas by an opened counting vial and liquid scintillation counter. *Chem. Letters*, 1983, 159-162.
4. Mifune M. — The simplified method of measuring Radon in mineral waters by the liquid scintillation counter. *Papers of the Institute for Environmental Medicine*, 1987, fasc. 58, 17-21.
5. Morinaga H., Mifune M., Furuno K. — Radioactivity of water and air in Misasa spa, Japan. *Radiat. Protect. Dosimetry*, 7, fasc. 1-4, 295-297.
6. Murakami Y., Horiuchi K. — Simultaneous determination method of Radon-222 and Radon-220 by a toluene extraction-liquid scintillation counter. *J. Radioanal. Chem.*, 1979, 52, 275-283.

Radon thermal: études à promouvoir, aménagements à créer

F. BESANÇON *

La voie est libre pour progresser, maintenant que l'on est rassuré sur l'innocuité du Radon thermal, que l'on dispose d'impressionnantes données pharmacologiques, de sérieux indices cliniques, de grands progrès dans l'analyse du Radon atmosphérique. A notre avis, les actions à promouvoir doivent se concentrer en priorité sur le Radon inhalé. Nos suggestions concerneront tour à tour la clinique, la pharmacologie, les analyses d'atmosphères et quelques déductions techniques.

SUGGESTIONS CLINIQUES

En première ligne, nous suggérons de mettre à l'essai des cures limitées à l'inhalation du Radon. En effet, les stations riches en Radon mettent en œuvre une balnéothérapie complexe, dans laquelle il est très difficile d'individualiser l'effet propre à l'émanation radio-active.

Il faut donc faire accepter au corps médical, aux malades, et à la Sécurité Sociale le bien-fondé d'un essai thérapeutique de ce genre. Les arguments pour le faire ne manquent pas. En premier lieu, la spécificité thermale du Radon, qui n'est pas facilement disponible pour les malades ailleurs que dans les stations. En second lieu, les preuves pharmacologiques des effets du Radon, récemment couronnées par les travaux japonais. Ces données ne montrent nullement un effet thérapeutique, mais elles sont en soi une raison suffisante pour faire des essais cliniques. Les observations particulières sur les malades, présentées au Congrès de Merano, sans avoir une valeur de démonstration, sont un important argument supplémentaire.

Les cures d'inhalations seules ne seront démonstratives qu'à condition de reposer sur le tirage au sort, avec des groupes de malades-témoins. Ces derniers devront se rendre dans les stations pour y faire des inhalations apparemment similaires à celles des malades réellement traités, mais dénués de Radon. Ces impératifs peuvent-ils être respectés sans que l'on soit accusé d'escroquerie aux dépens des malades et de la Sécurité Sociale ? Il nous semble que l'on peut s'adresser en premier lieu aux malades qui ont déjà fait beaucoup de cures thermales avec l'appui de la Sécurité Sociale, et pour qui le renouvellement pose un cas de conscience. A ces malades, on pourrait offrir une sorte de « demi-cure », bénéficiant d'une prise en charge diminuée, et d'un tarif réduit (mais non d'une gratuité) à l'établissement thermal. On proposerait à ces malades d'alterner, d'année en année, une cure complète et une « demi-cure ». Au cours de la demi-cure, le Radon serait inhalé dans une atmosphère chargée d'eau administrée en pulvérisations ou aérosols. Les malades du groupe-témoin recevraient une pulvérisation ou aérosol de l'eau thermale de la station, avec la différence que cette eau aurait longuement vieilli, et se trouverait vidée de son Radon. Si le Corps Médical et la Sécurité Sociale s'accordaient pour reconnaître le caractère thermal de cette pratique, pendant la durée de l'expérience, celle-ci serait réalisable. Les malades seraient choisis pour le caractère stable de leurs troubles, comme la spondylarthrite ankylosante, les arthroses, les séquelles de phlébite, la bronchite chronique. Parmi ces catégories, on sélectionnerait les malades qui auraient fait antérieurement la preuve de leur sensibilité aux cures.

Les stations seraient à choisir parmi celles qui ont des émanations sans quantité notable de gaz carbonique ni d'hydrogène sulfuré, par exemple Bourbonne.

Si cette suggestion n'est pas acceptée, peut-on

* Secrétaire Général, Institut d'Hydrologie et de Climatologie ; Professeur de Clinique et de Sémiologie Médicales, Hôtel-Dieu, 75181 PARIS CEDEX 04.

atteindre la démonstration dans le cadre de cures d'allure classique, comprenant une balnéothérapie complexe ? Autrement dit, un essai clinique de type pragmatique et non plus explicatif ? Certes, on peut imaginer d'offrir à des groupes de malades, d'année en année, tantôt des cures authentiques, tantôt des cures en apparence identiques, mais données avec une eau vieillie. Sur le plan éthique, cette évaluation serait licite. Toutefois, la démonstration sera sans doute bien plus difficile à acquérir en raison de l'effet important de la balnéothérapie en elle-même.

En dernier lieu, les observations publiées à Merano montrent l'intérêt du Radon amené au contact direct des lésions respiratoires. C'est dire à quel point il est intéressant d'essayer aussi le Radon au contact des lésions dermatologiques, gynécologiques, et intestinales. Cela se fait déjà, sachant que la radio-activité est notable à la Roche-Posay, Luxeuil, Plombières, Chatel-Guyon entre autres. Cela mérite d'être approfondi, en offrant, avec l'accord de la Sécurité Sociale, des cures alternées à des malades chroniques : une année avec l'eau thermale native, et l'année suivante avec une eau vieillie au point d'être pratiquement débarrassée de son Radon. Si ces cures donnent une première orientation favorable, on pourra peut-être aller plus loin en tirant au sort des groupes de malades avant leur première cure, pour les soumettre tantôt aux eaux chargées de Radon, tantôt aux eaux d'Evian, Thonon, Divonne par exemple.

SUGGESTIONS PHARMACOLOGIQUES

Nous suggérons de concentrer les expériences sur le Radon inhalé, et sur le Radon amené au contact de la peau, ou des muqueuses. Cela, pour tenir compte du fait que l'essentiel du Radon thermal est absorbé par voie respiratoire, ou amené au contact des lésions.

La pharmacologie de la douleur a fait de grands progrès, chez l'animal comme chez l'homme. Voilà un domaine prioritaire, si l'on tient compte de l'expérience des médecins des stations thermales où prédomine le Radon : tous mettent en première ligne un effet antalgique rapide de la cure.

Notre seconde suggestion est de reprendre les expériences qui se sont antérieurement montrées positives, mais qui se sont limitées à un effet aigu du Radon. Il convient de renouveler les applications pendant une durée de trois semaines, de façon à rapprocher les conditions expérimentales des conditions cliniques.

On peut enfin se demander si les effets du Radon dépendent de sa radio-activité, de sa nature chimique, ou de ses produits de désintégration. Sachant que les chimistes le considèrent comme un gaz

inerte, il est plausible que les effets pharmacologiques du Radon dépendent de sa seule radio-activité. Quant aux produits de désintégration, ils représentent une si faible masse de bismuth et de plomb, une si courte durée de vie, que leur effet est peu plausible. Il peut néanmoins être éventuellement recherché. Il paraît plus important d'étudier d'autres aérosols ou gaz radio-actifs ; par exemple, comparativement, l'iode radio-actif donné à la même dose. Corrélativement, on étudiera des émanations vieillies, dans des expériences-témoins.

SUGGESTIONS CONCERNANT LES ANALYSES

Nous considérons comme fondamentale la possibilité de capter le Radon atmosphérique de façon très simple, dans des récipients contenant simplement le toluène destiné au comptage en scintillation liquide. Cette acquisition est détaillée dans les articles analysés plus haut.

Les prélèvements d'atmosphère deviennent ainsi d'une extraordinaire simplicité. Il revient ensuite aux laboratoires d'analyse de se livrer aux calculs et aux expériences-témoins nécessaires, de manière à tenir compte des facteurs qui interviennent en sens inverse : l'augmentation progressive du Radon dans le flacon, du fait de sa captation ; la décroissance radio-active du Radon ; l'évaporation du liquide de scintillation et du Radon pouvant l'accompagner. Les dosages auront une signification précise en ce qui concerne les émanatoriums dans des conditions de ventilation bien précisées, et en tenant compte de la durée de séjour des malades. Les résultats pourront probablement s'exprimer en termes d'équivalent de dose, en sous-multiples du Sievert.

En second lieu, l'attention devra se porter sur les autres pratiques inhalatoires. Il sera bon de favoriser les pratiques qui apportent au maximum à chaque malade les émanations gazeuses des griffons, en inhalations sèches ou non. A ce dernier titre, les pulvérisations mettent en œuvre davantage d'eau que les aérosols. Le rendement en Radon a des chances d'être meilleur si l'eau destinée à être pulvérisée ou aérosolisée ne reste pas immobile dans une cuve, mais est renouvelé en permanence. Compte tenu de la durée de ces diverses inhalations, les doses de Radon pourront finalement être calculées comme précédemment. Les mesures dans le liquide de scintillation seront faciles pour les inhalations sèches, peut-être moins simples pour les inhalations humides et ceci nécessitera des mises au point au laboratoire.

Viennent ensuite les étuves pour traitements locaux, usitées notamment en rhumatologie. Là aussi, il sera assez facile de doser la concentration du Radon dans les conditions d'utilisation.

En dernier lieu, les traditionnels dosages de Radon dans les eaux thermales conservent un intérêt chaque fois que ces eaux sont utilisées en thérapie de contact : méthode de Proetz, dermatologie, gynécologie, irrigations intestinales.

Beaucoup plus imprécises seront les mesures du Radon des eaux et des atmosphères à l'occasion des bains, des douches, des rééducations en piscine. Il faut s'attendre, dans ce domaine, à d'amples variations d'un local à l'autre, d'un moment à l'autre.

La prospection des grottes, des failles, et des sources thermales actuellement délaissées, est grandement facilitée par la nouvelle méthode.

DEDUCTIONS TECHNIQUES

Il faut s'abstenir de décaper les dépôts noirâtres des griffons quand ils sont riches en Radium accumulé depuis des millions d'années, car c'est ce Radium qui dégage le Radon.

Certaines stations thermales sont obligées d'utiliser des réservoirs. L'eau ainsi vieillie convient sans doute aux bains, aux douches, à la rééducation en piscine. Par contre, l'eau fraîchement issue des sources doit être acheminée directement vers les points d'utilisation quand il s'agit d'inhalations et de thérapies de contact en pathologies respiratoire, cutanée, génitale, colique.

Quand une eau thermale est pulvérisée ou aérosolisée, il convient qu'elle soit renouvelée en permanence par un système de circulation, plutôt que placée en quantité fixe dans une cuve. Plus la masse d'eau vaporisée est importante, plus le malade reçoit de Radon.

Les traitements par inhalation sèche nécessitent de connaître la concentration du Radon dans l'atmosphère des émanatoriums ; sa concentration et son débit, si l'on distribue individuellement l'émanation. La protection du personnel doit s'inspirer des principes évoqués à propos de Bad Gastein.

Ces suggestions cliniques, pharmacologiques, analytiques et techniques reposent sur une base scientifique, sur des données modernes qui complètent et confirment les travaux du début du siècle. Les motifs scientifiques ne suffiront pas si l'on ne surmonte pas les obstacles psychiques qui subsistent : l'image d'épouvante que suscitent confusément les radiations ionisantes, et la crainte d'investir dans la Science. Le point de départ du présent fascicule a été un voyage au Japon, et c'est par

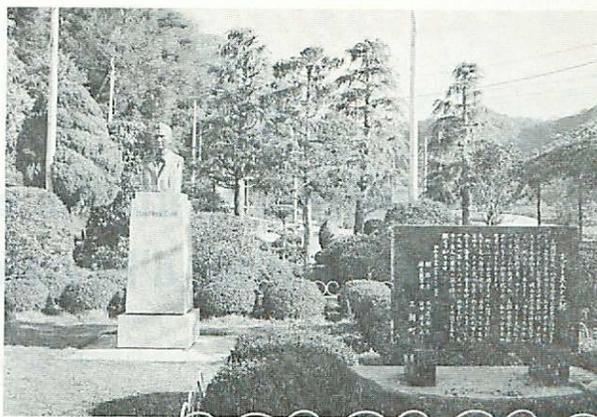


Fig. 1. — Buste de Marie Curie à Misasa, où se rendent chaque année 1 500 000 baigneurs.

l'exemple japonais que nous espérons surmonter les réticences. Aucun peuple ne craint davantage les dangers des radiations ionisantes, mais aucun peuple ne réclame davantage de radiographies... A Misasa, le buste de Marie Curie ne met pas la clientèle en fuite (fig. 1). Les dosages qu'elle a effectués elle-même sur place, tout comme les impressionnants investissements scientifiques de l'Université d'Okayama, ont largement contribué au succès de cette station de 8 800 habitants, assez entreprenante pour attirer un million et demi de baigneurs chaque année, et assez sérieuse pour concrétiser, ne serait-ce que par deux hôpitaux, la priorité due aux malades.

RÉSUMÉ

Les actions à promouvoir sont à concentrer par priorité sur le Radon thermal inhalé. Des essais cliniques comparatifs sont possibles au prix de certaines conventions avec la Sécurité Sociale. Ces essais peuvent revêtir la forme « explicative » ou la forme « pragmatique », mais seul l'essai explicatif démontrerait l'effet propre au Radon. Les expériences pharmacologiques sont à rapprocher des condition techniques des cures durant trois semaines. La simplification des prélèvements permet d'analyser les atmosphères des émanatoriums, des étuves et des pratiques thermales inhalatoires individuelles, comme de mieux prospecter le territoire. Diverses déductions techniques concernent les dépôts des griffons, les réservoirs, les aérosols, la sécurité du personnel. Les réticences psychiques seront vaincues comme au Japon, où le buste de Marie Curie, à Misasa où elle s'est rendue, ne met pas la clientèle en fuite, et rappelle l'efficacité des investissements scientifiques.

Recherches thermales et climatiques réalisables par l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie

F. BESANÇON *

Multidisciplinaire, localisé dans sept Facultés et cinq Universités, doté d'un statut comparable à celui du Collège de France au Ministère de l'Éducation Nationale, doté d'un personnel non négligeable, l'IHC (Institut d'Hydrologie et de Climatologie) est disponible pour tout contrat de Recherches en Hydrologie et Climatologie.

La liste des Laboratoires, leurs thèmes et techniques de prédilection sont indiqués ci-dessous.

Laboratoire d'Hydrologie Médicale

Professeur François Besançon

Hôtel-Dieu, Parvis Notre-Dame, 75181 PARIS CEDEX 04.

Travaux cliniques, expériences chez l'homme et chez les animaux, Documentation.

Travaux cliniques

Plus de cent articles et de cent monographies déjà publiés. Exemples : Analyse quantitative de la douleur, de l'impotence, de la contracture, des œdèmes, de la fonction respiratoire, de l'évacuation gastrique, de la température cutanée, de troubles psychiques comme l'état dépressif. Calcul statistique de la signification des résultats.

Circonstances météorologiques de l'infarctus du myocarde, des attaques vasculaires cérébrales, et des tentatives de suicides, en liaison avec le SAMU et la Météorologie Nationale.

Expériences chez l'Homme

- pHmétrie œsophagienne ambulatoire informatisée.
- Evacuation gastrique ; chimiotactisme des polynucléaires ; biopsies duodénales en survie.

Expériences chez les animaux

- Obésité expérimentale, régime amaigrissant, et reconstitution de l'obésité chez le Rat : étude du foie, de ses enzymes, de la dénutrition protéique, des électrolytes urinaires, et de la toxicité des médicaments dans ces conditions.
- Cellules isolées (hépatocytes) : toxicité médicamenteuse et eaux minérales.
- Activation d'enzymes in vitro.
- Obstruction biliaire incomplète.

Dosage du Radon dans les eaux et les gaz thermaux, en relation avec des laboratoires associés

Documentation thermale par Minitel

3615 THERM « Cures et stations françaises expliquées aux malades ».

Laboratoire de Physiologie

Professeur Michel Boulangé

Laboratoire d'Hydrologie et de Climatologie Thérapeutiques, Faculté de Médecine, 9, avenue de la Forêt-de-Haye, BP 184, 54505 VANDŒUVRE-LES-NANCY CEDEX.

Les thèmes de recherche sont : la physiologie, l'hygiène et l'hydraulique des piscines thermales, la pélothérapie.

Ils sont menés par contrats avec l'Etat, la Région et les établissements thermaux.

Mouvements de l'eau et des électrolytes

- Approche physiologique, biochimique et hormonale au cours de la cure.

Hygiène des piscines thermales

- Approche hydraulique de la conception des piscines en vue de l'amélioration des paramètres microbiologiques.

* Secrétaire Général, Institut d'Hydrologie et de Climatologie ; Professeur de Clinique et de Sémiologie Médicales, Hôtel-Dieu, 75181 PARIS CEDEX 04.

Pélothérapie

— Caractérisation, comportement thermique des boues, étude des effets thérapeutiques.

Enseignement

— Formation des médecins dans le cadre de la Capacité d'Hydrologie et de Climatologie Médicales,

— Formation continue des agents thermaux.

Documentation

— Base documentaire sur l'hydrologie médicale MEDITHERME.

— Présentation grand public des stations thermales (Minitel 3615 KIRIL - 3615 CVS).

Laboratoire de Bio-Chimie Appliquée à l'Hydrologie

Professeur J. Legrand

CHU Pitié/Salpêtrière, 91, boulevard de l'Hôpital, 75013 PARIS.

Analyses bio-chimiques chez l'homme et chez les animaux, notamment :

— l'acide oxalique urinaire et sanguin au cours de la lithiase et des cures ;

— cures de diurèse : effets hydro-électrolytiques, métaboliques, hormonaux y compris l'aldostérone plasmatique, ses dérivés urinaires, la désoxycorticostérone plasmatique et son dérivé urinaire, les catécholamines plasmatiques ;

— le facteur atrial natriurétique, et ses récepteurs dans les principaux tissus cibles : rein, surrénales, aorte, hypothalamus.

Laboratoire de Chimie Analytique et d'Hydrologie Générale

Professeur R. Letolle

Université Pierre et Marie CURIE, 4, place Jussieu, 75203 PARIS CEDEX 05.

A) Analyse physico-chimique des eaux naturelles :

— Analyses classiques (ions majeurs, pH...).

— Dosage de certains composés et d'éléments à l'état de traces ; recherche de leur spéciation.

— Détermination de paramètres et dosages liés à la pollution : composés minéraux et organiques (phénols, polluants organo-chlorés ou organo-azotés, organo-phosphorés, carbone organique, spéciation de l'azote, etc.).

— Etude spécifique à la demande selon les problèmes posés.

B) Hydrogéologie et hydrologie de surface : étude des trajets des eaux continentales, temps de transit et de renouvellement, estimation de laser.

Problèmes d'impact d'installations anciennes ou nouvelles sur l'environnement.

Ces activités s'accompagnent, si nécessaire,

d'études bactériologiques ou isotopiques menées en relation avec des laboratoires associés.

Laboratoire de Pharmacologie Hydro-minérale

Professeur G. Olive

Hôpital Saint-Vincent-de-Paul, Laboratoire de Bio-Chimie, 74, avenue Denfert-Rochereau, 75014 PARIS.

Etude des modifications des propriétés pharmacologiques, du métabolisme, et de la pharmacocinétique des médicaments sous l'effet des altérations climatiques et des cures hydro-minérales.

Le laboratoire dispose des moyens analytiques spécialisés pour le dosage des médicaments et de leurs métabolites en chromatographie en phase gazeuse, chromatographie liquide haute pression en spectrométrie de masse. Il s'y ajoute les moyens nécessaires au traitement cinétique et statistique des données.

Laboratoire de Bioclimatologie et d'Ecologie Humaine

Professeur J. Rivolier

Face au 9, quai du 4-Septembre, 92100 BOULOGNE.

— Méthodologie en bioclimatologie.

— Travaux sur les environnements extrêmes, en particulier le froid et l'altitude.

— Etude sur les facteurs d'ambiance de quelques milieux clos ; application à la vie à long terme dans l'espace.

— Corrélations psychophysiologiques.

Laboratoire d'Hydrologie et de Climatologie Tropicales

Professeur Hervé de Lauture

Institut de Santé et Développement, Université de Dakar, DAKAR - FANN - SÉNÉGAL. Tél. : 21.76.76.

— Ressources en eaux potables et en eaux thermales dans les régions arides.

— Réhydratation par les moyens locaux en Pathologie Infantile de brousse.

— Hygiène en climats tropicaux.

— Le laboratoire dispose d'un Centre de Formation, situé au bord de la mer. Il est ouvert de façon préférentielle aux réunions organisées en liaison avec l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie.

CONCLUSION

L'avantage des contrats conclus avec l'IHC est que celui-ci dispose déjà d'un personnel stable de l'Etat (Chefs de travaux, Assistants, Techniciens), ainsi que d'installations. L'IHC a mis au point de

nombreuses techniques, dont certaines sont toutes récentes. Il a une longue expérience des stations, de leurs ressources hydrominérales et climatiques, et de leurs objectifs médicaux. Il suffit aux professionnels intéressés d'apporter seulement les crédits de fonctionnement.

Outre ses activités de recherche, l'IHC joue un rôle dans l'enseignement et la formation permanente des Médecins et des professions para-médicales. Il a une activité de publication, par ses monographies, ses articles, et par le Minitel. Son action administrative est continue.

Il n'est pas le seul organisme de recherche thermique en France, sachant qu'un travail important s'accomplit dans plusieurs stations thermales, et dans d'autres Universités comme celles de Marseille, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Grenoble, Montpellier, Paris XIII, Toulouse, Tours. La France est équipée pour la recherche thermique et climatique. Les personnels et les équipements ont fait leurs preuves. Leur plein emploi ne dépend pas seulement de la capacité d'organisation des chercheurs et de l'Etat, mais aussi de celle des professionnels et des municipalités.

UNE SANTE DE PRINTEMPS

Dans les Stations Eurothermes, retrouvez les bienfaits des cures thermales sur la santé de vos patients. Donnez-leur rendez-vous avec le printemps toutes saisons !

AIX EN PROVENCE

BOUCHES DU RHONE
Rhumatologie - Phlébologie - Gynécologie

LA BOURBOULE

AUVERGNE
ORL / Voies respiratoires - Dermatologie
Troubles de croissance

CAPVERN

HAUTES PYRENEES
Troubles de la nutrition (obésité - diététique)
Appareil urinaire - Appareil digestif -
Rhumatologie

CAUTERETS

HAUTES PYRENEES
ORL / Voies respiratoires - Rhumatologie

CHATELGUYON

AUVERGNE
Maladies métaboliques - Appareil digestif
Appareil urinaire - Gynécologie

CILAOS

ILE DE LA REUNION
Rhumatologie - Maladies métaboliques
Appareil digestif

LES EAUX BONNES

PYRENEES ATLANTIQUES
ORL / Voies respiratoires
Rhumatologie (en cours d'agrément)

ROCHEFORT SUR MER

CHARENTE - MARITIME
Rhumatologie - Dermatologie - Phlébologie

CALDAS DA FELGUEIRA

PORTUGAL
ORL / Voies respiratoires - Rhumatologie

EUROTHERMES
LE RENDEZ-VOUS SANTE



LES GARANTIES EUROTHERMES

UN THERMALISME MODERNE

Prescrit et appliqué sous contrôle médical, avec des techniques éprouvées dans des Etablissements rénovés, adaptés à toutes les évolutions technologiques.

UN THERMALISME DE REFERENCE

Grâce à une recherche scientifique :

- Fondamentale : qui perfectionne la connaissance des propriétés des Eaux Thermales.
- Appliquée : qui évalue, en liaison avec le Corps Médical de la Station, l'efficacité des traitements thermaux.

UN THERMALISME DE QUALITE

Qualité des soins dispensés par un personnel expérimenté.
Qualité des eaux régulièrement analysées et méthodiquement contrôlées.
Qualité des équipements divers. Qualité de l'accueil.

Une documentation gratuite vous sera adressée sur simple demande à :
EUROTHERMES, 87, av. du Maine - 75014 PARIS - Tél. 43 27 12 50

DOCTEUR

SPECIALITE

ADRESSE

TEL

VILLE

AIX EN PROVENCE LA BOURBOULE CAPVERN CAUTERETS CHATEL GUYON

CILAOS LES EAUX BONNES ROCHEFORT SUR MER CALDAS DA FELGUEIRA

RENDEMENT Adirectance

SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'HYDROLOGIE ET DE CLIMATOLOGIE MÉDICALES

Séance du 13 décembre 1988

Compte rendu

G. GIRAULT

(Paris)

Cette séance a été ouverte avec une heure de retard toujours en raison d'un amphithéâtre déjà occupé. Nous nous en excusons auprès de tous nos collègues et avons pris toutes les dispositions pour que cela ne se renouvelle pas.

La séance est ouverte par le Président R. Flurin à 15 h 20. Deux nouveaux confrères ayant fait acte de candidature, l'assemblée vote à l'unanimité en faveur des :

— Docteur Michel Assus (Luxeuil) ; parrains : Drs Y. Canel et F. Larrieu.

— Docteur Claude Ferré (Montpellier, Balaruc, Médecin-Conseil S.S.) ; parrains : G. Girault et H. Founau.

Le Docteur R. Flurin insiste à nouveau sur l'importance et l'intérêt des prochaines séances et réunions d'Hydrologie et Climatologie et demande une assistance nombreuse les 15 février : séance solennelle, 1^{er} mars : journée provinciale à Montpellier, 15 mars : assises belges à Bruxelles sur l'avenir du thermalisme médical scientifique à l'heure de l'Europe.

Le secrétaire général rappelle pour sa part les thermalies, le Forum du Thermalisme, les Journées de Pneumologie de Briançon.

Communications

On entend successivement :

— E. Choissnel, Ph. Lamarque, B. Fantin (Paris) : « Les climats du Sud-Ouest de la France ».

Interventions : G. Girault, Cl. Boussagol, G. Plaisance, M. Boulangé.

— H. Razzouk (Briançon) : « Evolution simultanée de

la réactivité bronchique spécifique et du RAST aux acariens en séjour climatique d'altitude ».

Interventions : R. Jean, R. Flurin.

— G. Plaisance (Dijon) : « Particularité des 3 climats de mer, montagne, plaine et de leurs variantes, de lac, de forêt, de ville ».

Étaient présents :

— Le Professeur M. Boulangé (Nancy).

— Les Docteurs : H. Razzouk (Briançon), A. Carrie (Limoges), G. Bargeaux (Saint-Sauveur), P. Guichard des Ages (La Roche-Posay), Cl. Robin de Morhery (Gréoux), Cl. Bous-sagol (Allevard), B. Luchaire (Lamalou), Contant (Lons-le-Saunier), A. Pajault (Bourbon-l'Archambault), J. Cany (Paris), H. Ronot (Bourbonne), Ch. Ambrosi (Royat), J. Thomas (Vittel).

— Mesdames Campenio (Toulon), Lamarque (ADITEP).

— Messieurs E. Choissnel, Ph. Lamarque (Paris), G. Plaisance (Dijon), Collin (Nancy).

— Les Membres du Bureau :

Président : R. Flurin (Cauterets) ; Vice-Président ; R. Capoduro (Aix-les-Bains) ; Secrétaire général : G. Girault (Paris) ; Secrétaire général adjoint : F. Larrieu (Contrexeville) ; Trésorier : R. Jean (Allevard) ; Trésorier adjoint : H. Founau (Lamalou) ; Archiviste : J. Follereau (Paris), M. Roche (Paris).

S'étaient excusés :

— Les Docteurs : M.A. Delabroise, F. Forestier, J. Viala, F. Poirault.

Les climats du Sud-Ouest de la France

E. CHOISNEL, Ph. LAMARQUE, B. FANTIN

(Paris)

INTRODUCTION

Le Sud-Ouest de la France est une zone particulièrement intéressante du point de vue climatique, marquée par des contrastes notables au sein de cette entité géographique.

Circonscrite par deux ceintures montagneuses, les Pyrénées et le rebord sud-ouest du Massif Central, cette région est marquée également par son ouverture sur l'Océan Atlantique d'où proviennent fréquemment des entrées d'air maritime assurant une humidité de l'air et une pluviométrie élevées particulièrement à l'ouest de la zone et provoquant des situations orageuses fréquentes en été. Nous entendrons par « Sud-Ouest » les régions économiques Aquitaine et Midi-Pyrénées.

Une étude climatique détaillée d'une partie de l'ouest de cette zone a été réalisée dans le cadre d'un programme de recherche hydrologique, le projet Hapex-Mobilhy, partie prenante du Programme National d'Etude de la Dynamique du Climat [3]. Il est donc apparu intéressant de compléter cette première étude en reconsidérant le Sud-Ouest de la France dans son ensemble du point de vue climatique et en documentant notamment la moitié Est de la zone soumise au vent d'Autan.

Lors d'une précédente communication [2], un découpage de la France en climats régionaux comprenant 17 climats de plaine, 6 climats de plaine et pourtours montagneux et 6 zones montagneuses avait été proposé. La majeure partie du Sud-Ouest se retrouvait ainsi dans un même climat régional de plaine, la zone 16.

Cet article réexamine donc de façon détaillée les caractères climatiques de cette zone et propose un nouveau zonage climatique de l'ensemble du Sud-Ouest sur la base de critères essentiellement pluviométriques.

LE CLIMAT REGIONAL ET LA CIRCULATION GENERALE DE L'ATMOSPHERE

Le découpage de la région en sous-zones présentant un caractère de relative homogénéité intrinsèque doit s'appuyer sur un critère discriminant. La région ici étudiée a

pour particularité de comprendre à la fois des zones purement de plaine à basse altitude (0-200 m) et des contre-forts montagneux. Dans ces dernières zones il y a une variation des données climatiques suivant l'altitude et on ne peut donc pas prendre comme critère des valeurs moyennes de température ou de pluviométrie par exemple. C'est pourquoi le critère retenu a été le régime pluviométrique, présenté sous la forme d'un histogramme des valeurs médianes de la pluviométrie mensuelle.

En ce qui concerne les types de temps rencontrés dans la région, une étude ancienne de Le Gall [8] donne les cinq principaux types de temps et leur fréquence d'occurrence :

- 1) type de temps de sud-ouest ; dans 36 p. cent des cas ;
- 2) type de temps de nord-ouest ; dans 22 p. cent des cas ; Ces deux types sont générateurs de précipitations.
- 3) Type de temps de sud-est ; dans 23 p. cent des cas (souvent associé à du vent d'Autan en région toulousaine) ;
- 4) type de temps de nord-est ; dans 9 p. cent des cas ;
- 5) type de temps de transition entre une période anti-cyclonique et une période perturbée ; dans 10 p. cent des cas.

Du fait de son importance en tant que phénomène météorologique à l'échelle « synoptique », et vis-à-vis de la santé des hommes et des animaux [7], le phénomène du vent d'Autan sera décrit ci-après.

Enfin quelques indications seront données relativement aux phénomènes locaux particuliers du rebord pyrénéen, à savoir les effets de foehn dans les vallées.

REGIMES PLUVIOMETRIQUES ET ZONAGE CLIMATIQUE

L'éventail des précipitations médianes annuelles est large puisqu'il va de moins de 700 mm sur le sud du Tarn-et-Garonne à plus de 1 500 mm sur les Pyrénées.

Présentation du zonage climatique

On peut distinguer 6 zones différentes (fig. 1) correspondant à 6 régimes pluviométriques différents :

— zone 1 : la Gironde et le nord des Landes (cf histogrammes de Bordeaux : fig. 2 et de Cazaux : fig. 3), caractérisés par un maximum pluviométrique marqué en hiver et un minimum au mois de juillet.

Météorologie Nationale, Division de Climatologie, 2, avenue Rapp, 75007 PARIS.

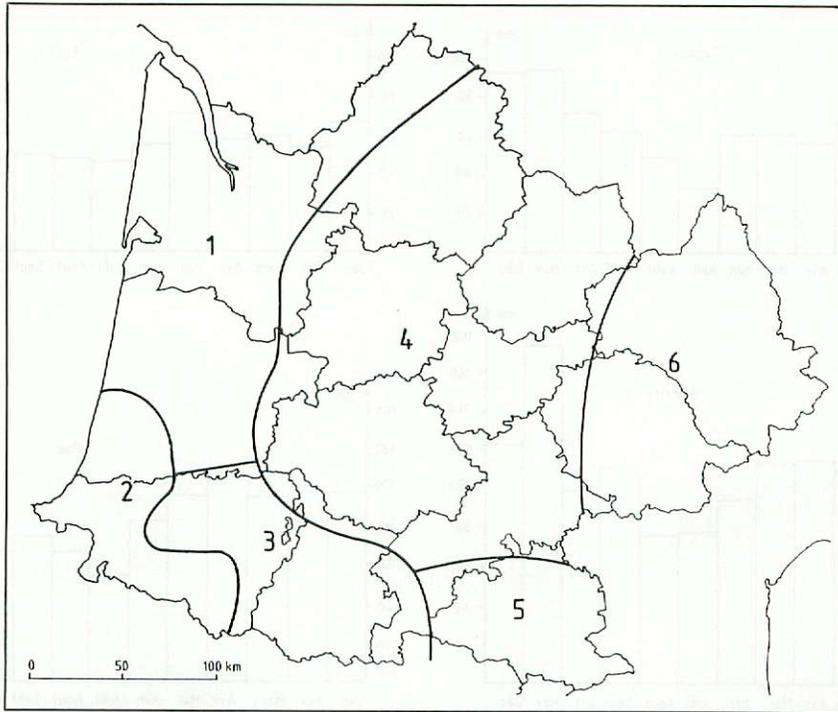


Fig. 1. — Zonage des régimes pluviométriques du Sud-Ouest de la France.

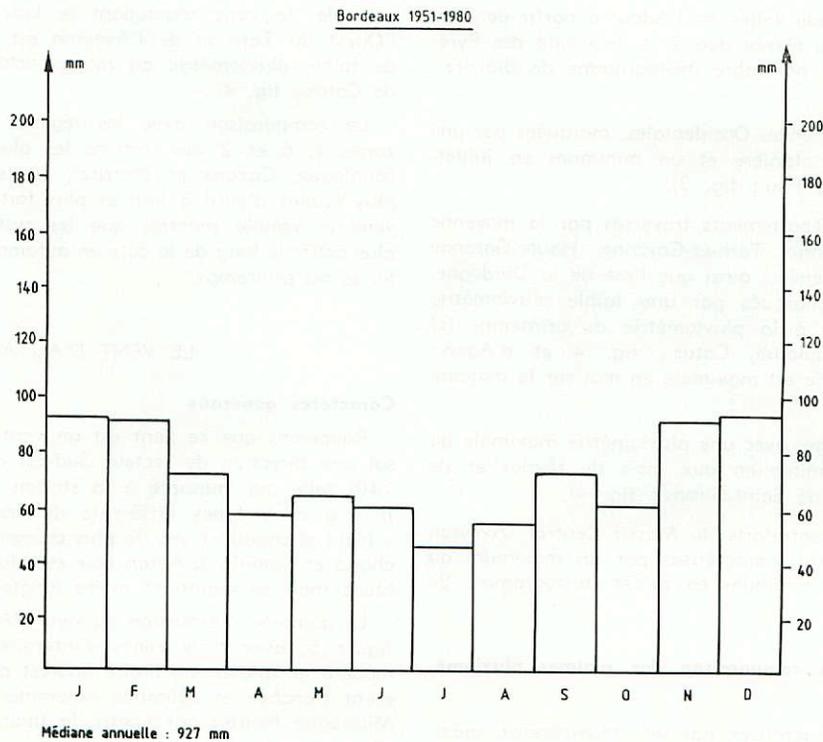


Fig. 2. — Histogramme des précipitations médianes mensuelles à Bordeaux.

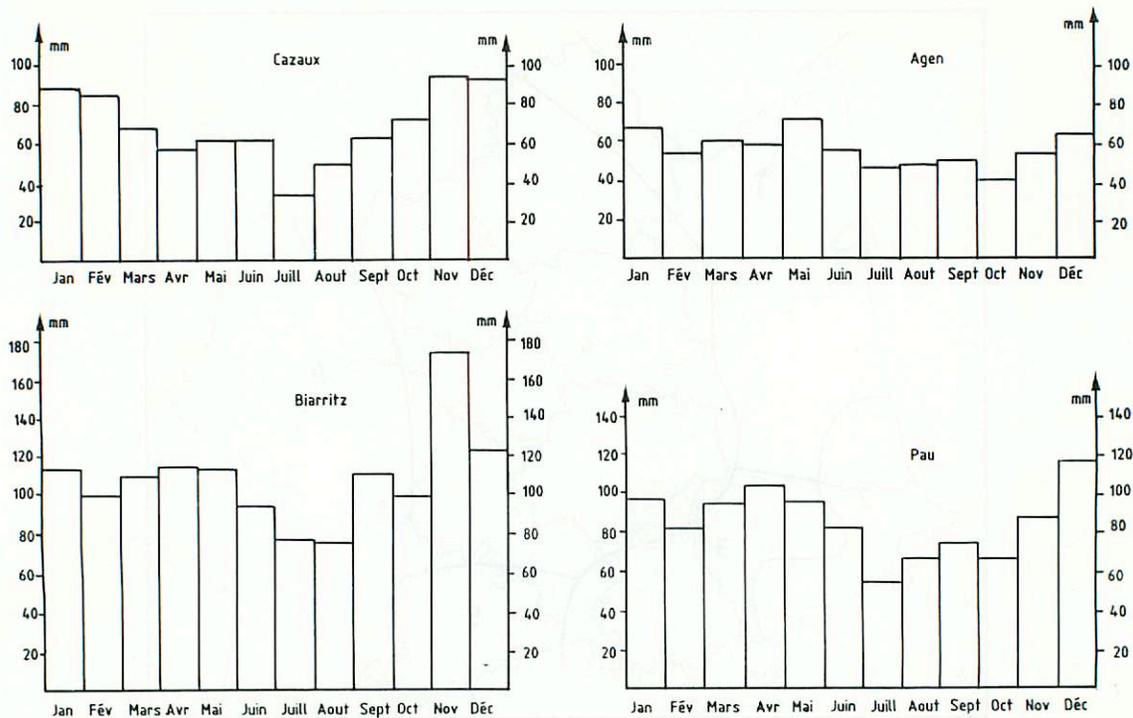


Fig. 3. — Histogrammes des précipitations médianes mensuelles de Cazaux, Agen, Biarritz et Pau (extrait de Choïsnel et coll. [3]).

— Zone 2 : la basse vallée de l'Adour à partir de Dax, avec une pluviométrie élevée due à la proximité des Pyrénées et maximale en novembre (histogramme de Biarritz : fig. 3).

— Zone 3 : les Pyrénées Occidentales, marquées par une forte pluviométrie printanière et un minimum en juillet-août (histogramme de Pau : fig. 3).

— Zone 4 : les départements traversés par la moyenne Garonne (Lot-et-Garonne, Tarn-et-Garonne, Haute-Garonne à l'exception des Pyrénées) ainsi que l'est de la Dordogne, le Lot et le Gers, marqués par une faible pluviométrie automnale, comparée à la pluviométrie du printemps (cf histogrammes de Toulouse, Catus : fig. 4 et d'Agen : fig. 3). La pluviométrie est maximale en mai sur la majeure partie de la zone.

— Zone 5 : l'Ariège, avec une pluviométrie maximale au printemps mais un minimum aux mois de février et de juillet (histogramme de Saint-Girons : fig. 4).

— Zone 6 : les contreforts du Massif Central (Aveyron et moitié Est du Tarn), caractérisés par un maximum au mois de mai et un minimum en juillet (histogramme de Quins : fig. 4).

Commentaires sur la comparaison des régimes pluviométriques

La zone 4 est caractérisée par une pluviométrie maximale au mois de mai, alors que le mois d'octobre présente une pluviométrie faible, voire minimale à Agen. Ainsi, par

exemple, la zone regroupant le Lot, la Tarn-et-Garonne, l'Ouest du Tarn et de l'Aveyron est une zone privilégiée de faible pluviométrie au mois d'octobre (cf histogramme de Catus : fig. 4).

La comparaison avec les régimes pluviométriques des zones 1, 6 et 2 des stations les plus proches du littoral (Bordeaux, Cazaux et Biarritz), où les précipitations sont plus faibles d'avril à juin et plus fortes en octobre et novembre, semble montrer que les systèmes perturbés sont plus actifs le long de la côte en automne, et à l'intérieur des terres au printemps.

LE VENT D'AUTAN

Caractères généraux

Rappelons que ce vent est un vent qui a au niveau du sol une direction de secteur Sud-Est à Est-Sud-Est (secteur 140) telle que mesurée à la station de Toulouse-Blagnac. Il y a deux types différents de vent d'Autan : l'Autan « blanc » chaud et sec (le plus courant) et l'Autan « noir » chaud et humide. L'Autan noir est plus violent que l'Autan blanc mais se maintient moins longtemps en général.

Le domaine d'extension du vent d'Autan est indiqué à la figure 5, avec trois zones d'intensité différentes (violent, modéré et faible). La limite Sud-Est du domaine est nettement tranchée et délimitée notamment par le relief de la Montagne Noire ; par contre la limite Nord-Ouest du domaine est plus floue.

La violence du vent d'Autan ne peut s'expliquer unique-

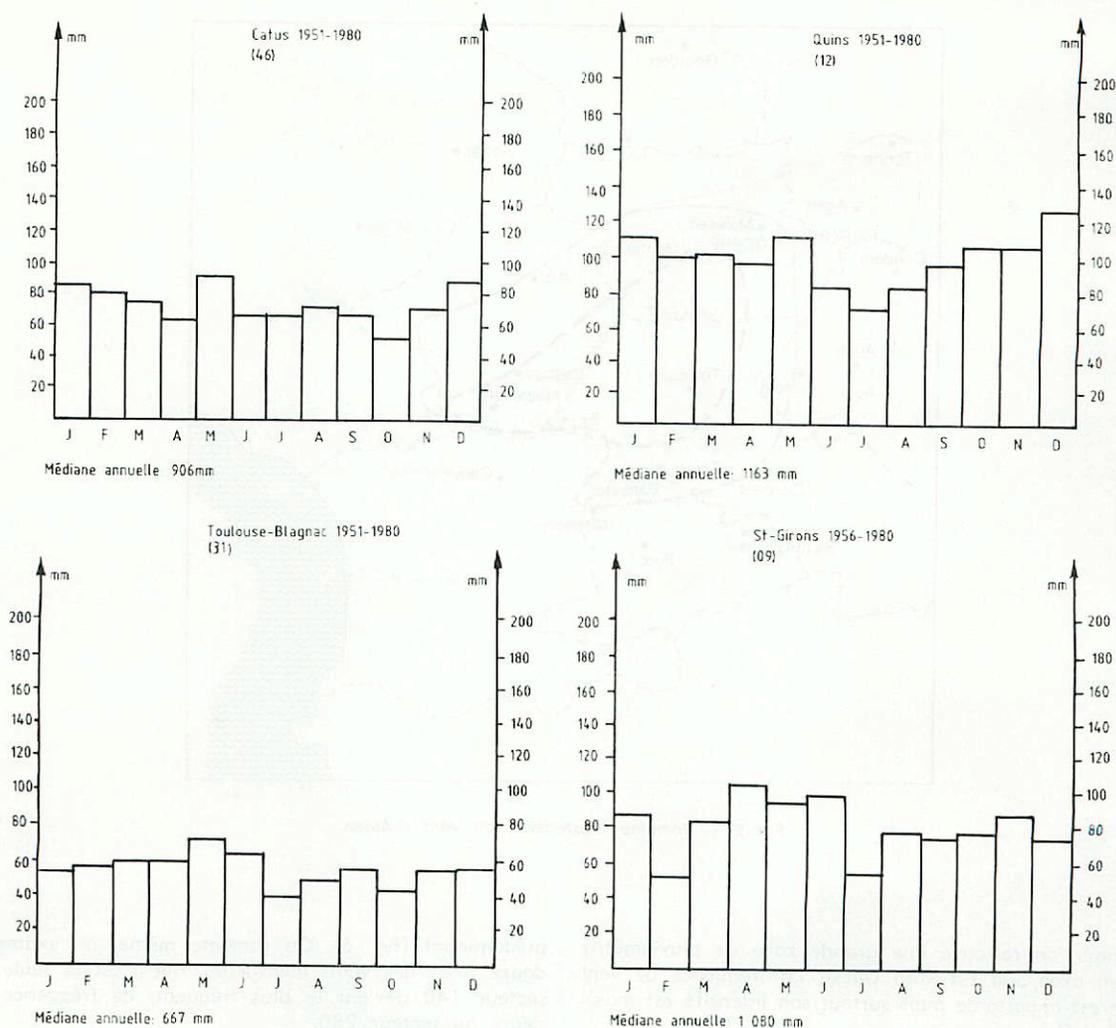


Fig. 4. — Histogramme des précipitations médianes mensuelles à Catus, Quins, Toulouse-Blagnac et Saint-Girons.

ment par un effet d'accélération lié au resserrement du relief au niveau du seuil de Naurouze. L'effet sur l'écoulement de l'air à l'échelle synoptique est influencé par la proximité des Pyrénées et du Massif Central, avec notamment un effet de contournement des Pyrénées dans les basses couches [6]. Le rôle orographique de la Montagne Noire sur l'écoulement reste à préciser, notamment du fait que la zone exposée au vent le plus violent se situe au niveau de la commune de Revel, située immédiatement au Nord de cette chaîne.

Le vent d'Autan ne se manifeste pas de façon régulière au cours de l'année : il y a des mois à Autan et des mois avec peu ou pas d'Autan [4].

Vent d'Autan et pluviométrie régionale mensuelle

Au niveau de la pluviométrie annuelle, la zone concernée par le vent d'Autan apparaît être une zone de minimum pluviométrique avec moins de 700 mm par an dans la plaine toulousaine en valeur médiane. De plus, suivant les

mois, on constate ou non, semble-t-il, une influence du vent d'Autan sur la répartition spatiale de la pluviométrie reçue sur le domaine.

Examinons la fréquence d'apparition mois par mois du vent d'Autan à travers l'examen des roses des vents mensuelles de Toulouse-Blagnac, et en relation avec la pluviométrie mensuelle du domaine.

En janvier, la région affectée par le vent d'Autan présente un minimum de précipitations (médiane inférieure à 60 mm), axé Sud Est-Nord Ouest, sur la vallée de la Garonne et le seuil de Naurouze, alors que le Sidobre (sud-est du Tarn) et la Montagne Noire présentent un maximum (médiane supérieure à 120 mm). La fréquence d'obtention du vent d'Autan est moyenne.

En février, le gradient de précipitations se resserre, le maximum sur la Montagne Noire est supérieur à 150 mm. La fréquence de vent d'Autan augmente, ainsi que sa violence (fréquence d'obtention de vitesses supérieures à 8 m/s en hausse par rapport au mois précédent).



Fig. 5. — Domaine d'extension du vent d'Aude.

En mars, on retrouve une grande zone de pluviométrie minimum axée Sud Est-Nord Ouest. La fréquence de vent d'Aude est importante mais surtout son intensité est maximale (fig. 6).

En avril, les précipitations augmentent sur le Sidobre, alors que la zone de minimum pluviométrique se décale vers le Nord-Ouest. La fréquence de vent d'Aude est en légère baisse, alors que l'intensité reste forte.

En mai, le gradient est faible mais les précipitations sur la partie en plaine de la zone de vent d'Aude sont renforcées (cf régimes pluviométriques). La fréquence de vent d'Aude est de nouveau en légère hausse, mais l'intensité redevient faible.

En juin, la fréquence de vent d'Aude est faible et la pluviométrie est en baisse sur toute la région.

En juillet, la pluviométrie est très faible (30 mm) et son gradient inexistant. Les risques de vent d'Aude sont minimums.

En août, on a un léger renforcement de la pluviométrie tandis que la fréquence de vent d'Aude reste faible.

En septembre, le gradient pluviométrique est toujours inexistant. La fréquence de vent d'Aude est redevenue très forte. Le secteur 140 de la rose des vents est prédominant.

En octobre, la pluviométrie est de nouveau très faible sur la vallée de la Garonne mais le gradient se resserre sur la Montagne Noire (fig. 7). La fréquence de vent d'Aude est maximale et le secteur 140 de la rose des vents toujours

prédominant (fig. 6). On constate même, à l'examen des douze roses des vents mensuelles, que c'est la seule où le secteur 140 devient le plus fréquent, de fréquence supérieure au secteur 280.

En novembre, la pluviométrie est en légère augmentation. La fréquence de vent d'Aude est en forte diminution mais son intensité augmente.

En décembre, on a un minimum pluviométrique relatif axé Nord-Sud à l'Ouest de la Haute-Garonne, tandis qu'un maximum de 150 mm touche la Montagne Noire. La fréquence de vent d'Aude continue de diminuer mais son intensité reste importante.

LE REBORD PYRENEEN

Les caractéristiques de cette zone sont bien sûr une forte pluviométrie sur les massifs, avec cependant des effets de protection vis-à-vis de la pluie, notamment dans la haute vallée de l'Adour, les vallées du Gave d'Ossau et de Mauléon (plus particulièrement en janvier, mai, juin et septembre, cf Choissel et coll. [3]) et dans la vallée de la grande Neste.

Mais on constate également des « effets de foehn » ne se produisant que dans certaines situations synoptiques (par vent de Sud-Ouest en altitude au-dessus de la chaîne des Pyrénées [5]).

Ces « effets de foehn » concernent surtout les Hautes-Pyrénées et la haute vallée de l'Ariège. Dans la partie

occidentale des Pyrénées, ils semblent plus fréquents pendant la période automne-hiver (octobre à mars), pouvant provoquer à cette époque de l'année des fontes extrêmement rapides du manteau neigeux et des risques d'avalanche renforcés. La figure 8 donne une estimation, pour quelques postes climatologiques thermométriques des Pyrénées occidentales (Pyrénées-Atlantiques et Hautes-Pyrénées) de la fréquence d'occurrence d'un effet de foehn, par le calcul de l'indice suivant : nombre moyen annuel de jours où l'on a observé une hausse de la température maximale de ce jour de plus de 10°C par rapport à la veille. On observe une variabilité géographique importante de ce nombre de jours obtenu, selon la position de la commune. Il tend globalement à diminuer lorsqu'on s'éloigne du massif. L'imbrication des lignes de crête rend particulièrement difficile l'interprétation des résultats obtenus. On peut remarquer qu'entre Barèges et Luz-Saint-Sauveur, communes situées à moins de 10 kilomètres de distance l'une de l'autre, le nombre de jours avec « effet de foehn » varie du simple au double, Barèges semblant mieux protégé d'une situation de foehn par le Sud par deux lignes de crête axées Est-Ouest alors que Luz-Saint-Sauveur est directement exposé, étant situé dans l'axe de la vallée du Gave de Gavarnie. La valeur la plus élevée est obtenue à Aragnouet (63 jours par an en moyenne).

LES ASPECTS SAISONNIERS DU CLIMAT

La variable climatique « température de l'air » a pour particularité de subir un cycle annuel régulier. Elle sera ici décrite séparément des autres variables par ses valeurs moyennes mensuelles pour un certain nombre de stations synoptiques et de postes climatologiques (tableau 1).

L'HIVER

La saison hivernale offre un fort contraste entre les contreforts des Pyrénées et la plaine. En apparence défavorisée par un nombre de jours avec précipitations et une pluviométrie très élevés pour la région, les Pyrénées-Atlantiques et plus particulièrement la ville de Biarritz présentent une humidité de l'air relativement faible : on note en effet au mois de décembre une humidité relative moyenne de 78 p. cent à Biarritz mais de 86 p. cent à Mont-de-Marsan, Toulouse et Bordeaux. La zone de forte humidité s'étend en fait de chaque côté de la vallée de la Garonne et dans l'intérieur des Landes. Cette humidité est liée, en plaine, à la présence de brouillards persistants qui ne se dissipent que tard dans la matinée ou qui durent toute la journée comme c'est le cas 3 jours par hiver en moyenne à Agen.

Les précipitations sont plus fréquentes sur la bande côtière que dans la vallée de la Garonne jusqu'au Tarn-et-Garonne. Les hauteurs de précipitations sont très importantes sur la côte basque qui, pour cette période, est la région la plus arrosée de France ; ces hauteurs diminuent ensuite suivant un axe sud-ouest nord-est pour atteindre un minimum dans la région toulousaine.

Le contraste plaine/Pyrénées est également bien marqué pour le paramètre insolation par effet de foehn, la zone favorisée s'étendant sur toutes les Pyrénées. On note par exemple 290 heures d'ensoleillement en valeur médiane saisonnière à Pau et 331 heures à Saint-Girons contre 262 heures à Toulouse.

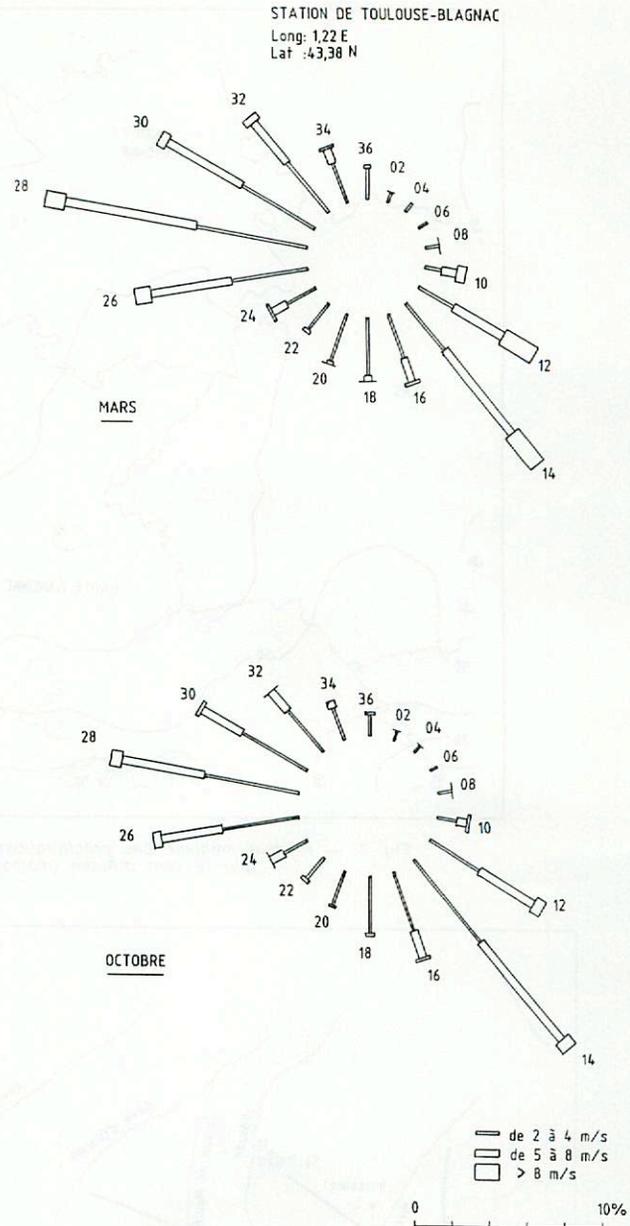


Fig. 6. — Roses des vents à Toulouse-Blagnac pour les mois de mars et d'octobre.

En ce qui concerne la température moyenne de l'air en hiver, on note un maximum centré sur Biarritz, l'effet océanique se faisant ressentir à l'intérieur jusqu'au Gers et au Lot-et-Garonne [3]. Les températures minimales moyennes varient peu spatialement dès que l'on se situe à l'écart des massifs montagneux et du rebord côtier.

LE PRINTEMPS

Cette saison est marquée par une augmentation de la durée d'insolation et par conséquent, des températures.

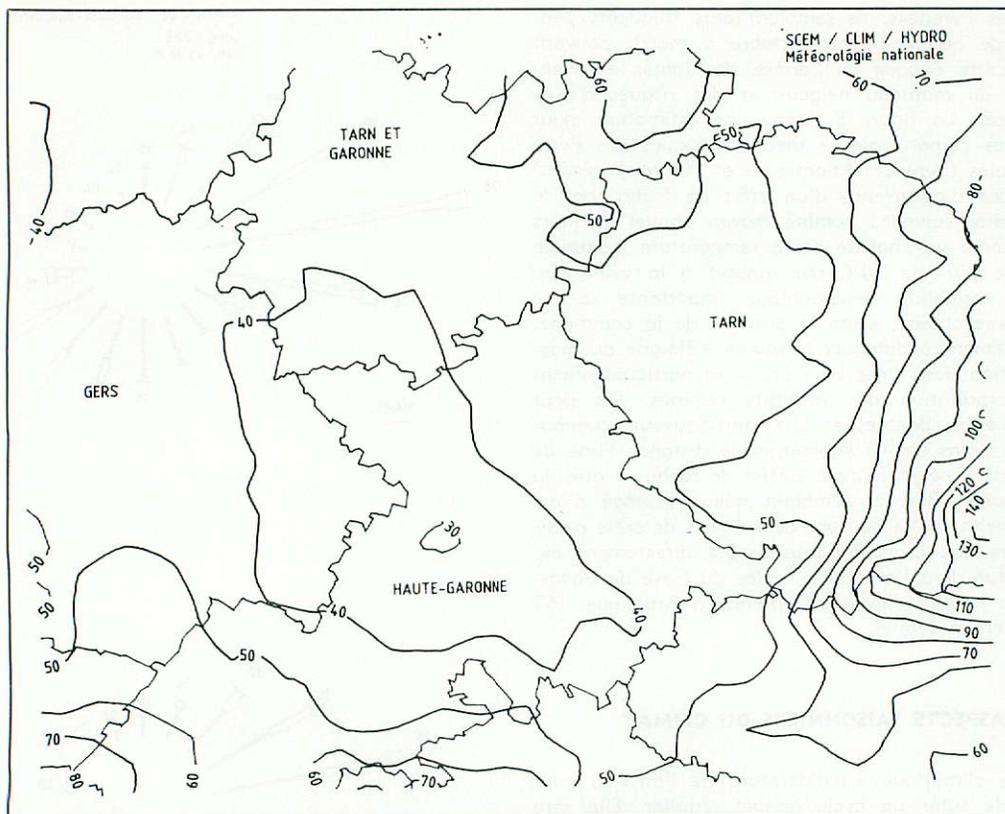


Fig. 7. — Hauteur médiane des précipitations du mois d'octobre dans la zone concernée par le vent d'Auran (méthode Aurelhy ; côtes en mm).

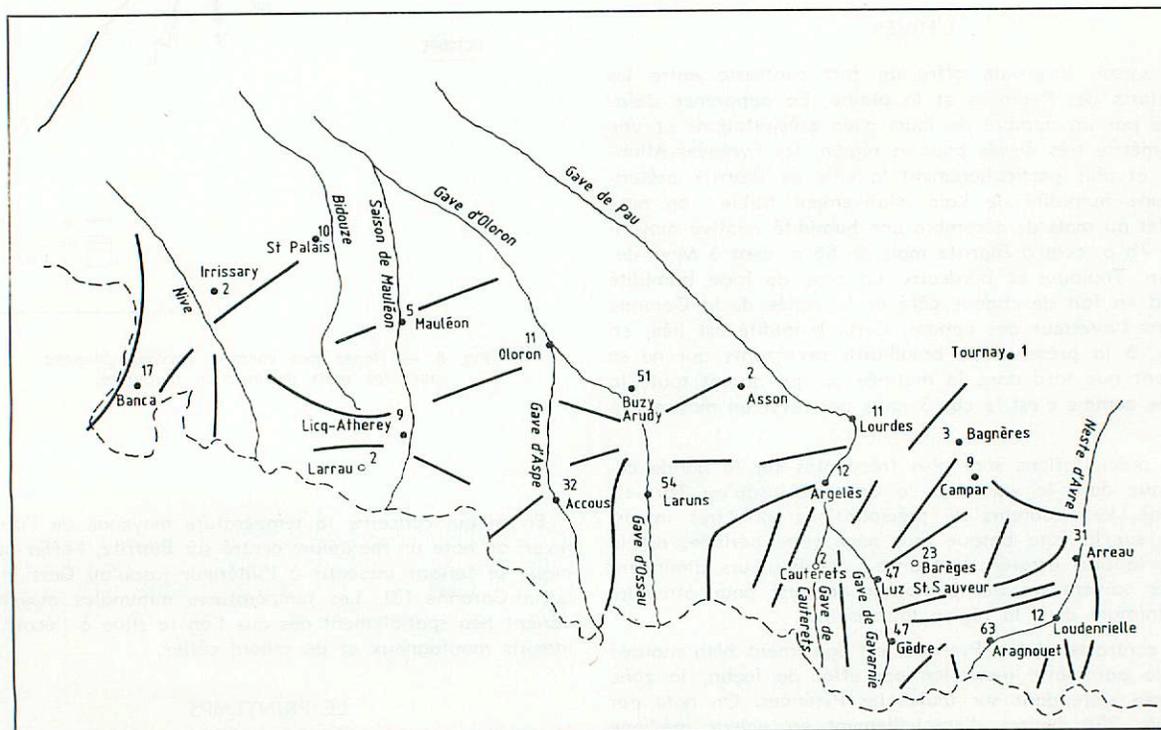


Fig. 8. — Nombre moyen annuel de jours avec effet de foehn dans les Pyrénées-Occidentales (les traits gras indiquent les lignes de crête).

TABLEAU I. — Températures moyennes mensuelles des stations synoptiques et de postes climatologiques du Sud-Ouest de la France

Station ou poste et département	alt. (m)	hiver (°C)	mars (°C)	avril (°C)	mai (°C)	juin (°C)	juillet + août (°C)	septembre (°C)	octobre (°C)	novembre (°C)
Bordeaux (33)	45	6,2	8,9	11,2	14,5	17,5	19,5	17,5	13,5	8,7
Cazaux (33)	33	6,7	9,0	11,1	14,4	17,4	19,4	17,6	13,8	9,2
Bergerac (24)	33	5,8	8,1	10,8	14,2	17,6	19,7	17,2	13,4	8,2
Gourdon (46)	261	5,1	8,2	10,6	14,1	17,2	19,2	16,9	12,8	7,8
Mont-de-Marsan (40)	63	6,1	9,0	11,3	14,9	18,0	20,1	17,8	13,4	8,5
Dax (40)	32	7,2	9,5	11,8	15,1	18,1	20,4	18,5	14,6	9,6
Biarritz (64)	71	8,4	10,0	11,4	14,5	17,1	19,4	18,4	15,1	10,5
Pau (64)	185	6,4	8,8	10,9	14,2	17,2	19,3	17,4	13,5	8,7
Tarbes (65)	363	5,5	7,9	9,9	13,3	16,4	18,7	16,8	12,8	8,0
St-Girons (09)	412	5,5	7,8	9,8	13,3	16,4	18,8	16,8	12,6	7,7
Agen (47)	60	5,6	8,7	11,1	14,7	18,0	20,1	17,7	13,3	8,2
Montauban (82)	112	6,0	8,9	11,7	15,2	18,8	20,9	17,9	13,9	8,3
Toulouse (31)	153	5,8	8,8	11,1	14,8	18,1	20,6	18,1	13,6	8,4
Auch (32)	174	6,7	8,4	10,9	14,4	17,7	20,4	17,9	13,8	8,6
Carmaux (81)	286	4,7	7,3	9,9	13,7	17,0	19,8	16,7	13,1	7,7
Quins (12)	607	3,9	5,9	8,1	12,1	15,6	18,6	15,8	12,0	6,9

La bande côtière des Landes et de la Gironde est privilégiée pour son ensoleillement comme pour la saison précédente ; à l'opposé la côte basque, de Biarritz aux Pyrénées ariégeoises, présente un minimum relatif pour la région. Le reste de la zone présente une insolation homogène. Il faut noter un doublement de la durée d'insolation de l'hiver au printemps sur toute la région.

Les températures suivent, bien sûr, cette évolution : les valeurs les plus élevées se trouvent le plus souvent à l'intérieur des Landes, des Pyrénées-Atlantiques et sur le Lot-et-Garonne. L'amplitude thermique journalière, autour de 10°C, est légèrement supérieure aux normes nationales pour cette saison. Les dernières gelées se produisent, en valeur médiane, dans la première décade de mars sur le Pays Basque, la haute vallée de la Garonne et la côte de la Gironde, sur l'intérieur, la date du 1^{er} mai est la valeur médiane la plus tardive.

Le nombre de jours avec brouillard est en nette diminution par rapport à l'hiver, le maximum est toujours situé sur l'intérieur des Landes (tableau II). A cette période de l'année, on n'observe plus de brouillard persistant toute la journée. L'humidité relative est également plus faible que pour la saison précédente avec une influence océanique bien marquée à l'ouest.

Les précipitations sont importantes sur les Pyrénées-Atlantiques et Centrales, elles s'atténuent sur le Gers pour atteindre un minimum à l'approche de la vallée de la Garonne. Le renforcement des pluies observé au mois de mai (cf régimes pluviométriques) est peu marqué à l'échelle saisonnière.

L'ÉTÉ

Pour cette saison également, la Côte Basque se distingue par une humidité relative élevée résultant d'« entrées d'air maritime » : on relève par exemple 81 p. cent d'humidité relative moyenne saisonnière à Biarritz en été contre 78 p.

TABLEAU II. — Nombre de jours médian avec brouillard de la période automne-hiver pour 12 stations synoptiques du Sud-Ouest de la France

	Automne	Hiver	Oct.	Nov.	Déc.
Bordeaux	30,5	24	10,5	10,5	9
Cazaux	26,5	23	10,5	8	8,5
Dax	37	29	14,5	13	12,5
Biarritz	12	8,5	4	3	3
Mont-de-Marsan	39	30	15,5	12	13
Pau	21,5	13	6,5	5,5	6
Tarbes	9,5	10	3	3	3,5
Agen	30,5	29	11,5	11	11
Toulouse	18,5	22	7	8,5	9
Saint-Girons	7	5,5	3	2	2
Millau	13	20	3,5	5	7,5
Gourdon	23	21	9	8	7,5

cent en décembre. Sur le reste de la région, l'humidité relative est assez faible sur l'intérieur jusqu'aux abords du Massif Central.

Les précipitations sont toujours les plus élevées sur le pays basque, pour aboutir à un minimum sur la région toulousaine. En analysant ces pluies, on remarque que, par rapport au printemps, il pleut environ 10 jours de moins dans la saison. Les situations orageuses sont minimales près des côtes avec cependant en valeur médiane 12 jours d'orage à Biarritz et 11,5 jours à Cazaux, les valeurs maximales se situent à l'intérieur des terres et près du relief avec 16,5 jours à Millau, 17 jours à Pau et 15 jours à Agen.

L'insolation est, bien sûr, à sa valeur maximale annuelle, cependant, on remarque un minimum relatif centré sur Tarbes, s'étendant de Dax à Saint-Girons. Les températures de

l'air les plus élevées sont observées dans l'intérieur des terres notamment sur le Gers avec plus de 29°C de température maximale en juillet et août, le rebord montagneux connaissant les températures les plus basses. Sur la côte basque, on note une faible amplitude thermique notamment sur Biarritz correspondant à une température minimale relativement élevée et un maximum journalier assez bas pour la région.

L'AUTOMNE

Le fait marquant de cette saison est l'augmentation des précipitations sur la moitié ouest de la zone : à cette période de l'année, Biarritz est la ville la plus arrosée de France avec plus de 420 mm dans la saison. A l'opposé, l'arrière-pays est plus favorisé avec des quantités de précipitation deux fois moins importantes. Le nombre de jours avec précipitations est également élevé (plus de 40 jours sur toute la côte) surtout si l'on s'intéresse aux précipitations importantes (plus de 5 mm/j) : Biarritz, avec 25 jours par an, présente la valeur la plus élevée de France ; à l'opposé, sur l'intérieur, on observe de faibles valeurs sur l'axe de la Garonne avec 9 jours à Toulouse avec une pluie journalière supérieure à 5 mm. L'ensoleillement en subit les conséquences : on note un accroissement du nombre d'heures d'insolation de l'ouest vers l'est, le régime océanique ne se faisant ressentir que jusqu'à la limite du Tarn-et-Garonne.

Le brouillard refait son apparition, on observe en automne sur toute la zone des jours de brouillard supérieurs

à ceux des autres saisons, plus particulièrement sur l'arrière pays landais (tableau II).

Les premières gelées se produisent en moyenne durant la première décennie de novembre avec la plus tardive sur Biarritz fin novembre. Ces faibles valeurs ne doivent pas faire oublier que l'on atteint, en valeur moyenne, plus de 16° de température maximale sur la Gironde et plus de 13° sur l'Ariège au mois de novembre.

Remarque : Les valeurs d'humidité relative de l'air citées dans cet article ont été obtenues par une pondération entre l'humidité relative maximale et l'humidité relative minimale journalière, le poids affecté à l'humidité relative maximale étant plus élevé, il est de 0,61 pour la saison hiver (poids maximal) et de 0,54 pour la saison été (poids minimal) [1].

CONCLUSION

Le Sud-Ouest de la France est marqué par des contrastes spatiaux importants, notamment aux saisons printemps et automne. Six régimes pluviométriques différents ont été identifiés. Dans la zone soumise au vent d'Auran, celui-ci est particulièrement fréquent en mars et octobre. Ce dernier mois correspond à une période particulièrement sèche du Lot au Gers et à la Haute-Garonne.

Remerciements :

Les auteurs remercient D. Rossiaud (BCIR de Bordeaux) et J.L. Champeaux (EERM - Toulouse) de leurs remarques.

REFERENCES

1. Choissel E. — *L'humidité de l'air et ses variations. Météorologie Nationale*. Paris, Note technique du Service Météorologique Métropolitain, 1978 (15 p.).
2. Choissel E. — Les climats régionaux français. *Presse therm. clim.*, 1986, 123, pp. 34-39.
3. Choissel E., Payen D., Lamarque Ph. — *Climatologie de la zone du projet Hapex-Mobilhy*. Paris, Direction de la Météorologie, 1987 (80 p.).
4. Coudert O., Léon L., Labrot Ph., Moll P. — *Etude statistique du vent d'Auran. Projet de climatologie*. Toulouse, Document interne ENM, nov. 1985.
5. Coutant J.C. — *Contribution à l'étude du foehn pyrénéen. Rapport de stage de recherche*. Toulouse, Ecole Nationale de la Météorologie, juillet 1984 (71 p.).
6. Edwell M. — *Climatologie dynamique de l'auran. Rapport de stage de recherche*. Toulouse, Ecole Nationale de la Météorologie, 1984 (65 p. + figures).
7. Guillemot P., Ruckebush Y. — Le vent d'Auran : structure météorologique et effets sur l'activité nyctémérale. *Rev. Méd. Vétér.* (nouvelle série), 1970, 33, 6, 537-557.
8. Le Gall M.A. — Les types de temps du Sud-Ouest de la France. In : *La Météorologie*, pp. 306-408. Paris, SMF, 1934.

REPertoire DES ANNONCEURS

Eurothermes, p. 26.

Expansion Scientifique Française - 36-15 therm,
2° de couv. - Les cures thermales, 3° de couv.

Maison du Thermalisme - Pour votre cure, 4° de
couv.

Evolution simultanée de la réactivité bronchique spécifique et du RAST aux acariens en séjour climatique d'altitude

H. RAZZOUK, F. FARAJ, M. TOUMI, J. LE COZ

et le Collège des Médecins de Briançon
(Briançon)

INTRODUCTION

Le terrain de l'asthmatique est caractérisé par l'hyper-réactivité bronchique aux différents stimuli physiques, chimiques, pharmacologiques et allergéniques.

Cette hyperréactivité a suscité un certain nombre de travaux et des hypothèses cherchant à expliquer sa physiopathologie.

En effet, le mécanisme physio-pathologique n'est pas totalement élucidé jusqu'à nos jours.

Quel que soit le véritable mécanisme, il reste cependant que l'hyper-réactivité bronchique demeure l'élément caractéristique essentiel de l'asthme.

MISE EN EVIDENCE

Elle est mise en évidence par les tests de provocation à divers agents :

- *médiateurs* : histamine, acétylcholine, leucotriène... ;
- *agents pharmacodynamiques* : carbachol - métacholine... ;
- *agents physiques* : hyper-ventilation air sec et froid, SO₂..., eau distillée, exercice.
- *allergènes* : acariens, graminées...

Modification de l'hyper-réactivité bronchique : des facteurs immunologiques, infectieux, climatiques, thérapeutiques et l'environnement peuvent influencer la réactivité bronchique.

L'étude de cette réactivité et son évolution chez l'asthmatique, présente un grand intérêt diagnostique, pronostic et thérapeutique car son intensité est le plus souvent en relation avec la gravité de l'asthme.

Actuellement, les différents auteurs s'orientent de plus en plus vers les moyens thérapeutiques capables de modifier d'une façon durable cette réactivité bronchique. Depuis quelques années, nous nous sommes attachés à l'étude de la réactivité bronchique chez les asthmatiques et son évolution sous l'effet des différents traitements notamment la cure climatique d'altitude.

METHODE ET MATERIEL

Paramètre fonctionnel utilisé

Nous avons choisi la résistance spécifique des voies aériennes en raison de sa sensibilité largement supérieure, de sa reproductibilité et du peu de participation exigée de la part du patient pour la réalisation de cette mesure.

La résistance est déterminée par pléthysmographie corporelle (Gould 2800 barovolumétrique) par la technique de halètement.

Les agents utilisés

Carbachol, histamine, acariens, air sec et exercice. Dans notre étude, c'est l'extrait de dermatophagoïdes lyophilisé.

Inhalation

Mise en suspension par générateur « Aérosolan Gauthier » délivrant des particules de 0,1 à 5 μ réparties selon une courbe gaussienne.

L'inhalation se fait à volume courant et il est demandé au patient de maintenir une apnée de 4 sec à la fin de chaque dose.

Patients

Dans tous les cas, il s'agissait de patients asthmatiques en état de rémission stable, loin de toute influence thérapeutique ou saisonnière (pour les allergiques aux pollens) au cours d'un séjour en milieu climatique d'altitude.

ETUDE EFFECTUEE

Méthode

Nous avons utilisé un extrait de DP (Alyostal) lyophilisé, conditionné en flacon de 100 IR (Laboratoires Stallergènes) la dilution s'est faite de façon instantanée au moment de l'examen. Le produit n'a pas été conservé.

Les doses cumulatives administrées varient :

- chez l'enfant : de 0,02 IR à 1,2 IR,
- chez l'adulte : de 0,1 IR à 5 IR.

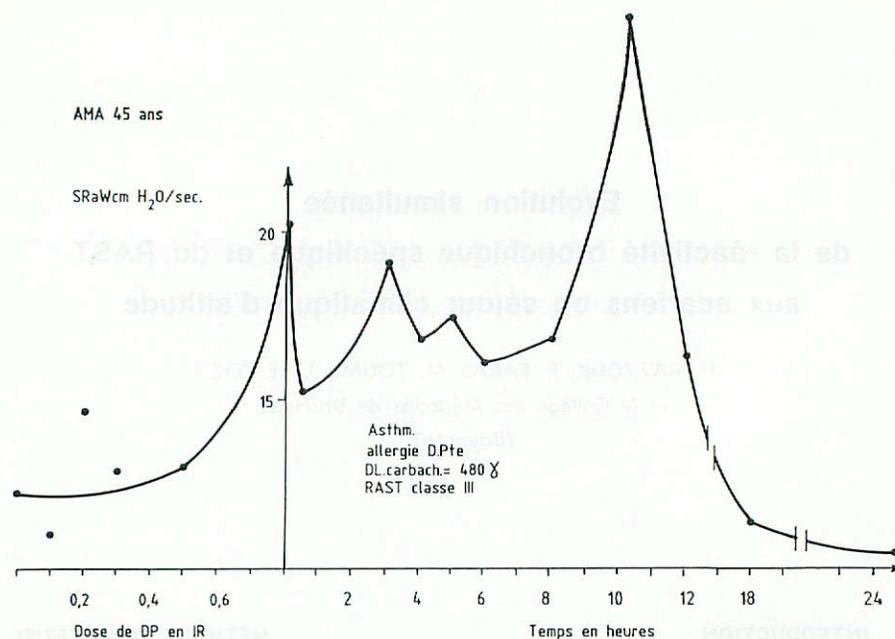


Fig. 1. — Réactivité bronchique au dermatophagoïdes pteronyssinus.

La mesure de RVA spécifique est faite après inhalation à 5 min, 10 min et 15 min.

La progression des doses a toujours été prudente et, en aucun cas, nous n'avons procédé par doublement de la dose précédente.

Nous avons considéré comme sensibilité ou dose liminaire, celles qui permettent une augmentation de 75 p. cent de la RVA initiale.

Lorsque cette dose liminaire est atteinte, nous pratiquons un contrôle régulier de la RVA spécifique toutes les heures, ou toutes les deux heures, jusqu'à la 12^e heure et un contrôle à la 24^e heure.

En cas de dyspnée paroxystique, le Salbutamol aérosol a été administré à la dose nécessaire pour être efficace.

Dans tous les cas, un test de provocation bronchique au carbachol a été pratiqué au préalable, de même qu'un dosage des IgE spécifiques.

RESULTATS

Nous avons pratiqué 32 tests de provocation aux acariens chez 21 sujets :

- 20 asthmatiques,
- 1 rhinite apériodique, allergique aux acariens.

Parmi ces 20 cas asthmatiques, on relève :

- 4 enfants âgés de 7 à 14 ans,
- 16 adultes âgés de 18 à 45 ans.

La réactivité cutanée aux acariens a été fortement positive dans 18 cas :

- 1 cas d'asthme intrinsèque avec une réactivité totalement négative,

- 1 cas d'allergie aux poussières, aux poils d'animaux, avec tests aux acariens totalement négatifs,
- 1 cas de rhinite positive aux acariens.

En ce qui concerne la rhinite apériodique, la réactivité cutanée a été très positive. Il s'agit de sujets qui sont tous hyperréactifs au carbachol.

Les courbes doses-réponses que nous avons obtenues sont très démonstratives. On constate que la réaction immédiate est suivie, dans la majorité des cas, d'une période de récupération spontanée variant de 2 à 4 heures. Ensuite, nous assistons à l'apparition d'une réaction retardée d'une grande intensité, nécessitant une intervention thérapeutique quelquefois très énergique. Chez les sujets hyperréactifs, cette réaction s'étale sur 24 heures à 48 heures (fig. 1 et 2).

Tout d'abord, chez les enfants, les doses totales cumulées ont été faibles, de l'ordre de 0,05 et 1,2 IR, ce qui a entraîné une réaction retardée très importante dépassant largement l'acmé de la réaction immédiate.

Chez les autres sujets adultes jeunes, on observe que la réaction immédiate quelquefois très faible, est le plus souvent suivie d'une réaction retardée violente et étalée dans le temps et ceci avec des doses cumulées faibles variant de 0,2 à 4 IR.

La seule fois où nous avons poussé la dose cumulée jusqu'à 5 IR, nous avons obtenu une réaction brutale avec choc anaphylactique qui nous a beaucoup inquiétés.

Un jeune de 18 ans, avec réactivité positive aux acariens, n'a pas réagi jusqu'à la dose de 3 IR, mais il a présenté un malaise lipothymique avec hypotension nécessitant une intervention thérapeutique cortisonique, mais sans que nous puissions constater ni une réaction immédiate, ni une réaction retardée.

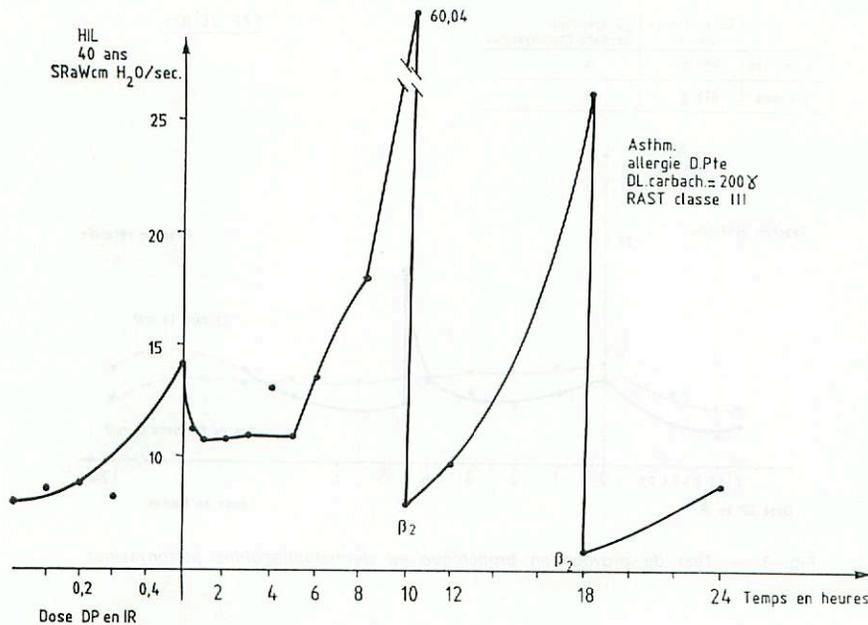


Fig. 2. — Réactivité bronchique au dermatophagoïdes pteronyssinus.

Le cas de rhinite allergique aux acariens, n'a présenté aucune réaction ni immédiate, ni retardée, même avec la dose de 4 IR.

En ce qui concerne les deux cas d'asthme : l'un allergique aux poussières et négatif aux acariens, l'autre avec asthme intrinsèque et tests cutanés entièrement négatifs, aucun des deux n'a présenté de réaction avec la dose de 5 IR.

Le contrôle du RAST a été fait chez l'ensemble de ces patients et nous avons constaté une concordance parfaite entre l'évolution du RAST et l'hyperréactivité bronchique.

Ces constatations nous incitent à l'extrême prudence et il est, à notre avis, conseillé :

- 1) de ne pratiquer les tests de provocation aux acariens qu'en milieu hospitalier spécialisé ;
- 2) de choisir comme paramètres fonctionnels de mesure, la résistance des voies aériennes qui exige peu de participation de la part du sujet exploré et qui présente une sensibilité de variation très importante ;
- 3) d'être extrêmement prudent chez les enfants jeunes en commençant par des doses faibles de l'ordre de 0,01 IR pour arriver à une dose cumulée de 1,2 IR ;

Chez l'adulte, d'ailleurs, cette prudence s'impose également et il est bon de commencer avec des doses cumulatives de l'ordre de 0,1 IR pour plafonner à la dose maximale cumulée de l'ordre de 4 IR en évitant de doubler les doses précédentes.

4) Il s'est avéré de l'étude comparative de la RVA spécifique et du VEMS, que la sensibilité de cette dernière est irrationnelle pour éviter le surdosage, car, dans certains cas, nous avons constaté des variations importantes de la résistance spécifique des voies aériennes pendant que le VEMS restait inchangé.

Cette réaction retardée nous incite également à quelques réflexions :

— S'agit-il d'une réaction inflammatoire ? Et, si c'est le cas, pourquoi les bêta-2 arrivent-ils à la réduire totalement ? Tous les auteurs admettent le caractère inflammatoire de cette réaction retardée.

— D'autre part, il serait intéressant de réfléchir sur les moyens thérapeutiques capables de modifier cette réaction retardée qui semble être le facteur important de la gravité de l'asthme.

EVOLUTION DE L'HYPERREACTIVITE BRONCHIQUE AUX ACARIENS APRES UN SEJOUR CLIMATIQUE

Chez 10 patients présentant un asthme bronchique et venus séjourner à Briançon, nous avons pratiqué :

- un test de provocation bronchique au carbachol,
- un RAST au dermatophagoïdes pteronyssinus et
- un test de provocation bronchique au dermatophagoïdes pteronyssinus.

Ces tests ont été faits à l'arrivée et après un séjour de trois à quatre mois.

Les résultats montrent que la résistance spécifique des voies aériennes est comparable (5,23 contre 6,28 cmH₂O/s) au début des différents tests.

La réaction immédiate montre une diminution de 1/3 de la réponse à l'issue du séjour.

La réaction retardée est très amortie avec une diminution de 40 p. cent de l'aire sous la courbe, et une diminution de près de 60 p. cent de la RVA spécifique maximum (fig. 3 et 4).

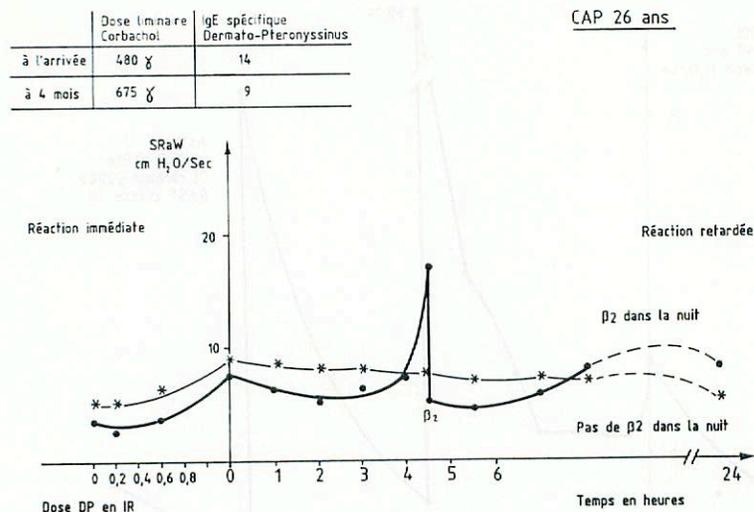


Fig. 3. — Test de provocation bronchique au dermatophagoïde pteronyssinus.

La dose moyenne de dermatophagoïdes administrée a été de $0,58 \text{ IR} \pm 0,22$.

On note parallèlement une augmentation de la dose limite carbachol de 225 à 342 γ et une diminution des IgE spécifiques de 13,13 à 8,56 PRU.

QUELLES EXPLICATIONS DONNER ?

Il est certain que :

— l'environnement climatique, sans allergènes notam-

ment acariens, sans pollution atmosphérique et les conditions météorologiques favorables, jouent un rôle incontestable ;

— il est aussi vrai que le malade lui-même, grâce à la cure, la rééducation fonctionnelle et le réentraînement à l'effort en plein air, obtient une amélioration appréciable.

Mis à part tous ces faits bien établis, nous ne sommes pas en mesure, actuellement, de certifier la raison exacte et le rôle propre de l'altitude sur la variation de cette hyper-réactivité de l'asthmatique.

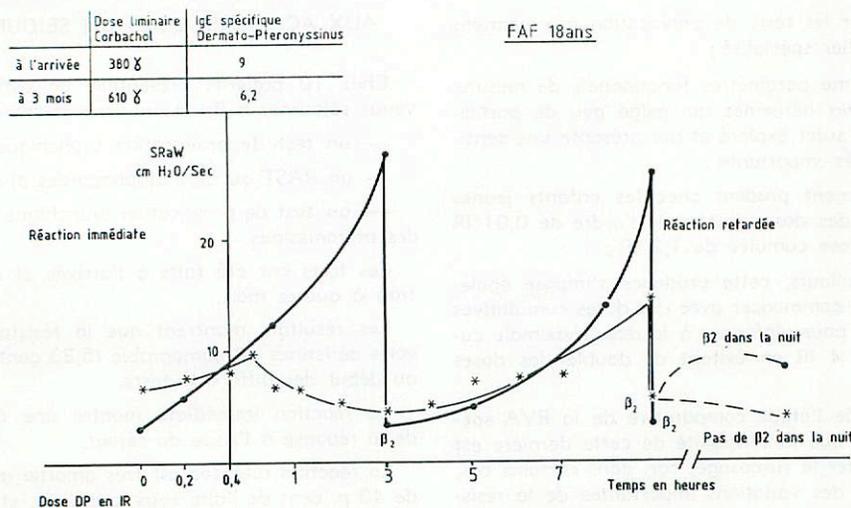


Fig. 4. — Test de provocation bronchique au dermatophagoïde pteronyssinus.

CONCLUSION

L'hyperréactivité bronchique pourrait être déterminée d'une façon non spécifique au moyen des médiateurs, des agents pharmacodynamiques ou agents physiques, ou d'une façon spécifique dans le cas d'allergies bien déterminées, notamment aux acariens et aux graminées.

Cette hyperréactivité bronchique non spécifique se modifie d'une façon significative au-delà de 2 mois de séjour en cure climatique d'altitude.

En ce qui concerne l'hyperréactivité bronchique spécifique aux acariens, sa détermination nécessite une méthodologie bien adaptée en milieu hospitalier spécialisé, pour éviter les accidents inhérents aux réactions retardées, quelquefois très graves, induits par le surdosage. Ces variations en cure climatiques sont très significatives dans 5 cas sur 6 avec une évolution concomitante dégressive du taux de RAST. Le seul cas où l'hyperréactivité bronchique spécifique aux acariens n'a pas varié, intéresse un sujet qui, pour des raisons familiales, a été obligé d'aller 20 jours en permission et la

réactivité bronchique a été contrôlée 10 jours après son retour.

Enfin cette intensité de la réaction retardée aux extraits d'acariens, démontre le grand rôle que jouent ces allergènes dans l'asthme bronchique et incite les différents auteurs à rechercher les moyens thérapeutiques capables de modifier son évolution.

DISCUSSION AU COURS DE LA SEANCE

Dr R. Jean :

Ne pensez-vous pas qu'en raison de l'importance des réactions syndromiques bronchiques à l'introduction d'acariens, on pourrait utiliser les tests de provocation nasale aux acariens ?

Réponse :

Oui. Nous faisons des travaux actuellement sur la relation entre les tests de provocation nasale et bronchique vis-à-vis des acariens.

Particularité des trois climats de mer, montagne, plaine et de leurs variantes de lac, de forêt, de ville

G. PLAISANCE *

(Dijon)

On se propose ici de définir trois climats ou plutôt familles de climat : mer, montagne, plaine.

Par ailleurs, chacun d'eux fait l'objet de variantes, au bord des lacs, sous forêt, en ville ; ceux-ci conservent l'essentiel du climat-type, mais avec des modifications de facteurs (accroissements ou diminutions).

CLIMAT DE MER

Climat côtier (hors forêt).

Caractéristiques

Forte pression atmosphérique, humidité plus élevée, insolation forte (surtout en UV), amplitude thermique faible, vent moyen (sauf quelques cas) avec alternance de brise de mer (plus humide, charge spatiale électrique élevée, conductivité faible, porteuse d'embruns) et de brise de terre : plus

sèche ; air chargé en iode, sel marin... (en haute mer la teneur en iode est 16 fois plus forte) ; les algues, à marée basse, émettent des vapeurs (terpènes, sulfures...) et modifient l'état électrique. En mer le balancement d'une barque est réputé produire un auto-massage favorable.

Effets présumés

Augmentation du nombre des globules rouges, ralentissement des battements du cœur, élévation de la tension artérielle, amplitude de la respiration accrue, diurèse augmentée, glandes à sécrétion interne activées, métabolisme activé.

Ce climat est à la fois tonique car la forte pression atmosphérique entraîne une meilleure oxygénation, en même temps qu'il est sédatif puisque les mouvements respiratoires sont ralentis, mais souvent la tonicité l'emporte.

Variabilité

Il y a de grandes différences suivant la latitude, suivant la mer concernée (avec ou sans marée), les courants marins au large, suivant le régime régional des vents, l'état de l'arrière-pays, la forme (rectiligne ou avec abris : baies, caps)

* Ingénieur en chef honoraire des Eaux et Forêts, 8, Petite-Rue-du-Prieuré, 21000 DIJON.

TABLEAU I. — Climat marin : variabilité (8 zones)

	<i>T° moy.</i>	<i>T° max. été</i>	<i>T° min.</i>	<i>HR max. %</i>	<i>HR min. %</i>	<i>TV mb</i>	<i>PB mb</i>	<i>V. moy. Vent m/s</i>	<i>Insol. (h)</i>	<i>Brouillard jours</i>	<i>Nb jours pluie</i>	<i>Nb jours neige</i>	<i>Pluie mm</i>
Manche (Belgique)	10,1	20	2	98	58	10,8	15,6	3,6	1 650	36	165	10	630
Atl. Nord (Brest)	10,7	20	4	96	65	11,4	16,3	5,0	1 800	82	200	9	1 160
Atl. Moy. (Sables-d'Olonne)	12,2	22	4	98	57	11,9	17,4	3,1	2 200	22	156	3	700
Atl. Extrême (Biarritz)	13,4	24	4	98	56	11,9	17,6	2,5	1 900	29	177	4	1 470
Médit. Oc. (Cap Béar)	15,1	26	6	85	40	11,8	16,1	4,9	2 700	15	70	1	590
Médit. Centrale (Marignane)	14,5	29	3	89	40	11,6	15,6	4,4	2 700	11	76	2	530
Méd. Or. (Cap Ferrat)	15,7	26	7	90	57	13,2	14,5	3,7	2 800	1,4	75	2	710
Ajaccio	15,6	26	8	95	48	13,5	15,0	2,6	2 700	2	95	8,4	650

T° : il s'agit de moyennes mensuelles ;

HR : il s'agit des moyennes mensuelles d'humidité relative ;

TV : il s'agit de tension de vapeur (humidité absolue) ;

sur les îles le climat est encore plus doux (de 2° par exemple) et plus régulier (écart réduit de 13° au lieu de 19°) ; la pluie totale plus faible, mais plus fréquente.

et le relief de la côte (plage, rochers, falaise...), la couleur et la perméabilité du sol (tableau I).

Ainsi température maximale (*T*) 20 °C à 29 °C, temp. min. 2 °C à 8 °C, humidité relative (*HR*) minimum 40 à 65 p. cent, vent (*V*) 2,6 à 5,0 m/s, insolation 1 650 à 2 800 heures, brouillard 1,4 à 82 jours, pluie 70 à 200 jours (ces derniers facteurs importants au point de vue psychologique).

Indications générales classiques

(J. Hameau, Lalesque, Dubarry...) : tuberculose extrapulmonaire, insuffisance de l'orthosympathique (Laignel-Lavastine) ; insuffisance endocrinienne, affections osseuses et articulaires, dermatoses, anémie, lymphatisme...

Mais les indications varient beaucoup suivant la mer concernée : Manche (été) : rachitiques, ostéopathies, convient aux tempéraments ossez robustes capables de bénéficier du froid (Duhot). Atlantique-Nord : (de la Bretagne à Bordeaux) convient aux broncho-pulmonaires. Atlantique-Sud : asthmatiques, broncho-pulmonaires. Méditerranée occidentale et centrale : fatigués, convalescents. Côte d'Azur et Corse, plus humide, mieux amorti : bronchitiques, arthritiques, convalescents, senescents, porteurs de plaies, ulcères.

Contre-indications : tuberculose en évolution, cardiopathies, affections rénales, hyperorthosympathiques...

CLIMAT DE MONTAGNE

Au-dessus de 400 m ou 500 m (hors forêt) (fig. 1).

Caractéristiques

Par rapport à la plaine : pression atmosphérique plus faible, pression de l'oxygène plus faible. Température plus froide. Humidité relative de l'air plus faible. Insolation plus forte. Proportion d'UV plus forte. Air plus pur physiquement, chimiquement, microbiologiquement, sans acariens au-dessus de 1 100 m. Teneur en ozone plus élevée. Potentiel électrique plus faible en hiver (10 fois ?). Ions plus nombreux. Pluies plus importantes (au moins, souvent, jusqu'à 2 000 m). Neige en hiver, épuration, amortissement des bruits...

Effets

Ventilation pulmonaire augmentée (fréquence respiratoire augmentée). Diminution du quotient respiratoire CO_2/O_2 . Fréquence cardiaque augmentée (par exemple de 10). Dilatation des capillaires. Augmentation des globules rouges si séjour suffisant (1/5 pour 2 400 m), surtout des plus petits. Augmentation du taux d'hémoglobine. Augmentation de la fixation d'oxygène. Augmentation des lymphocytes et monocytes. Diminution de la glycémie. Accroissement de production des glandes à sécrétion interne. Augmentation du métabolisme basal. Augmentation du Ca, Mg, P. Diminution du potassium. Parfois déshydratation. Diminution de l'oxygène fourni aux tissus (hypoxie). Augmentation de la pression artérielle. Parfois vertiges, maux de tête. Diminution des globules blancs.

Variabilité

Il est variable suivant l'altitude, la latitude, la situation (fond de vallée, pente, sommet), l'exposition, l'intensité de la pente, la nature du sol, l'abri des hauteurs voisines, la végétation locale (tableau II, fig. 1).

Altitude

La pression barométrique diminue d'environ 8 mm pour 100 m (760 mm à 0 m ; 590 mm à 2 000 m) ; la tension partielle d'oxygène passe de 160 à 125 mm à 2 000 m ; la température moyenne diminue de 0,55 °C par 100 m ; les écarts annuels, diurnes, horaires sont beaucoup plus grands.

La quantité d'UV est augmentée de 30 p. cent par 1 000 m (le nombre de calories correspondant est 5 fois plus fort au mois de mai-juin qu'au mois de janvier). Le nombre d'ions est plus grand (au Pic du Midi il y avait 42 fois plus d'ions qu'à Pau et 17 fois plus d'ions négatifs).

La conductivité électrique plus forte (3 fois). La radioactivité plus forte. La pluie varie de 70 cm à 240 cm ; elle augmente (jusqu'à 2 000 m seulement) de 10 cm par 100 m.

Exposition

(Nord ou Sud, surtout avec une pente de 45°. Différence moyenne de 2 °C, suivant le versant ; elle atteint parfois

TABLEAU II. — Climat de montagne : variabilité (7 zones)

Moyenne estimée pour la région (vers 800 m d'alt.)	T° moy.	T° max.	T° min.	HR max. %	HR min. %	Vt moy. vent	Nb jours brouillard	Nb jours pluie	Nb jours neige	Pluie mm
Vosges	7,5	24	- 4	97	50	12	70	190	40	1 700
Jura	7,5	23	- 4	97	50	12	30	180	35	1 700
Alpes Nord	7,7	19	- 4	93	40	15	30	170	52	1 400
Alpes Sud	10	25	- 4	88	32	15	15	110	32	800
Pyrénées	8	15	- 4	97	48	15	40	170	30	1 400
Massif central	7	15	- 4	94	43	15	60	190	30	1 400
Montagne Corse	11	15	+ 2	95	45	12	10	110	10	1 400

L'indice d'aridité annuel varie de 40 à 65, celui de juillet de 20 à 45.

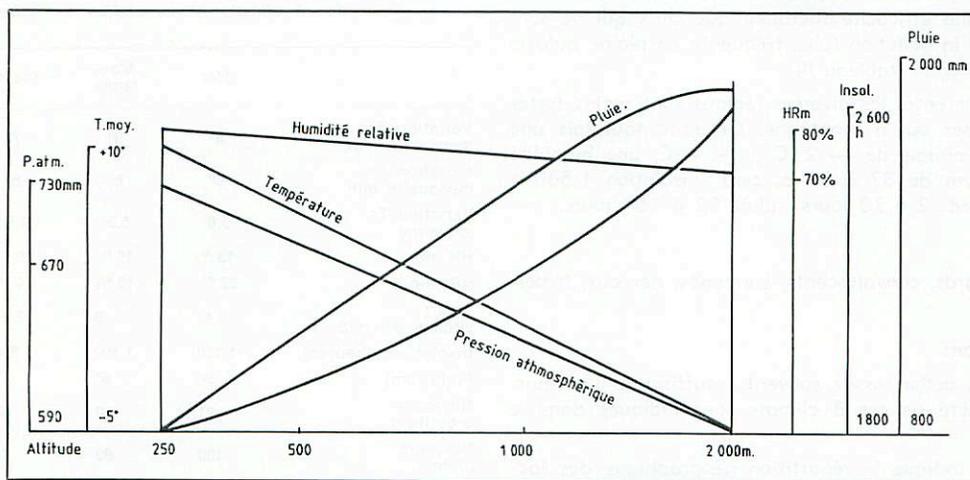


Fig. 1. — Climats de montagne : variations de quelques valeurs en fonction de l'altitude.

10 °C. Elle agit sur les vents ; celui exposé à l'ouest en reçoit souvent davantage.

Position

Dans les dépressions on constate des inversions de température surtout s'il n'y a pas d'écoulement de l'air (« trous à gelée »). Les pentes bien exposées reçoivent plus de chaleur que les sommets. Les cols sont souvent très venteux. Les versants exposés aux vents humides sont plus nuageux, plus arrosés, plus froids. Les pieds de pente opposés aux vents humides sont souvent plus secs et plus chauds.

Sol

La radioactivité est plus forte sur sol de roches éruptives (granit...).

Végétation

Plus ou moins dense ; la végétation arborée s'arrête au-dessus de 1 800 ou 2 300 m.

De la sorte on a les valeurs extrêmes d'une région à l'autre : température moyenne 6 °C à 13 °C, température maximum 15 °C à 24 °C, humidité relative 32 à 50 p. cent, insolation 1 600 à 2 500 heures, brouillard 10 à 70 jours, pluie 110 à 190 jours.

Indications

Affections broncho-pulmonaires et asthme (Lombard, Peltier). Fatigue. Affections nerveuses (Ribes). Convalescence. Tuberculose (concurrentement avec les autres médications) (Gartmann). Neurodermites (H. Brenn). Maladies de la peau (P. Popchristov, St. Chebarov).

Contre-indications

Certaines affections cardio-vasculaires. Prendre des précautions si tempérament fragile, frileux.

CLIMAT DE PLAINE

Pour plusieurs facteurs il est constitué de valeurs moyennes.

Effets

Ce sont des climats sédatifs ; leur action est modérée.

Variabilité

Elle est due surtout à la latitude et à l'éloignement de la mer : variations annuelles et diurnes plus fortes à l'Est, en

TABLEAU III. — Climat de plaine : variabilité (7 stations)

	T° max.	T° min.	HR max.	HR min.	Vent m/s	Insolat. h	Nb jours brouil- lard	Nb jours pluie	Nb jours neige	T° moy.	Pluie cm
St-Quentin	22	0	97	51	4,5	1 500	60	164	18	9,7	68
Colmar	25	— 2	97	48	2,8	1 750	65	150	31	10	61
Châteauroux	25	+ 1	97	45	2,9	1 800	48	154	15	10,9	74
Mâcon	25	— 1	98	37	2,5	2 000	51	157	16	10,8	86
Pau	25	+ 1	98	47	1,7	1 900	70	166	12	12,4	108
Nîmes	29	+ 2	88	40	3,4	2 700	9	92	4	14,2	71
Ajaccio	28	+ 4	95	48	2,6	2 800	2	95	2	14,6	65

zone « continentale ». Seuls peuvent être considérés comme climat ayant une efficacité thérapeutique ceux qui ne sont pas altérés par la pollution (plus fréquente en plaine qu'à la mer ou la montagne (tableau III)).

Les variations entre les diverses régions sont moins fortes que pour la mer ou la montagne. On note toutefois une température minimale de — 2 °C à + 4 °C, une humidité relative minimum de 37 à 51 p. cent. Insolation 1 500 à 2 800. Brouillards 2 à 70 jours ; pluie 92 à 164 jours.

Indications

Bébés, vieillards, convalescents, surmenés, nerveux, hypersensibles.

Contre-indications

Rares ; mais action assez souvent insuffisante. Les marges de variabilité de ces 3 climats sont indiqués dans le tableau IV.

La figure 3 indique la répartition géographique des facteurs. La figure 4 résume les comparaisons.

TABLEAU IV. — Comparaison des variabilités en France des 3 climats (d'une station à l'autre)

	Mer	Mon- tagne	Plaine	Moyenne
Variation T° mensuelle max.	9°	9°	7°	8,3°
Variation T° mensuelle min.	6°	6°	6°	6°
Variation T° moyenne	5,6°	5,3°	4,9°	5,2°
HR max.	13 %	15 %	10 %	13 %
HR min.	25 %	10 %	14 %	16 %
Vent ; vitesse en m/S	2,4	3	2,8	2,8
Insolation (heures)	1 150	1 100	1 300	1 183
Pluie (cm)	94	60	47	67
Nb jours brouillard	81	60	68	69
Nb jours pluie	130	80	74	95
Nb jours neige	9	42	29	26

VARIANTES DES CLIMATS REGIONAUX

C'est celui de la région, mais corrigé sur certains facteurs.

Caractéristiques et effets

Le climat de lac (lac naturel ou lac de barrage, grand plan d'eau) :

1) une atténuation des variations de température (diurne et annuelle), la masse d'eau constituant un volant thermique ; par exemple la différence de température air - température eau : + 4 °C en été et — 1 °C en hiver. La différence de température entre l'air sur l'eau et sur les rives est en moyenne de + 0,5 °C.

2) Par rapport aux régions voisines la température moyenne sur les bords est supérieure de 0,5 °C en hiver, de 0,25 °C en été ; le nombre de jours de gel y est plus petit ; les variations plus faibles et plus lentes.

3) Une augmentation de la luminosité par suite de la réflexion sur le miroir de la surface de l'eau et sur les nuages issus du lac ; elle s'exerce surtout sur les rives Nord et Est ; la réflexion est de 5 p. cent pour une hauteur du soleil de 40° et de 75 p. cent pour une hauteur de 5° ; cette augmentation est à comparer à celle du climat de montagne. La lumière est plus riche en UV.

4) Des brises (perpendiculaires au rivage) de lac (le jour

et de terre (la nuit) ; la brise de lac en été est fraîche et agréable.

5) Une légère augmentation de l'état hygrométrique (5 à 10 %) et la présence, parfois de brouillards, ou dans certains cas de nuages stratus.

6) Parfois, une augmentation des précipitations en saison sèche. L'influence s'étend à 1 ou 2 km.

7) Selon Piéry la radioactivité est plus forte et elle est sédative.

8) Gros ions : absents ; petits ions : nombreux.

9) Un lac constitue un beau et agréable paysage ; la vue de l'eau a toujours été considérée comme sédative, d'autant plus qu'elle est horizontale.

Variabilité

L'effet dépend surtout de l'étendue du lac, de sa profondeur sur les bords et aussi des pentes des alentours du lac.

Indication de la limnothérapie

(Pedrazzoni, Caspani, Deschwanden, Huet). Malades nerveux, agités, surmenés, insomniaques, spasmophiles, conva-

lescents, hypertendus, dérèglement du système sympathique, réhabilitation respiratoire...

Contre-indications

Rhumatisants, dépressifs graves.

CLIMAT DE FORET

Intérieur de la forêt, sous-bois (fig. 2).

C'est le même que le climat régional, dépendant des conditions météorologiques, c'est-à-dire cosmiques, mais avec une correction de certains facteurs. Dans l'ordre d'importance (semble-t-il), c'est : vent arrêté ou fortement diminué ; éclairage total très diminué. Sous feuillus, par temps ensoleillé, forte majoration des infra-rouges ; par temps couvert diminution des rayons bleus et rouges ; sous résineux peu de différence qualitative. Etat électrique et ionique : potentiel faible ou nul, petits ions négatifs très mobiles ; variations de potentiel amorties. Pureté de l'air (soit par absence de source, soit par tamisage des poussières et poussières atomiques, soit par absorptions de CO_2 , NxOy , SO_2 ..., soit par acidité du sol qui tue les bactéries). Bruits généralement atténués. Arômes des résineux (huiles essentielles des carbures d'hydrogène : teneur, par exemple, de 1 ppm ; on estime à 30 kg l'oléorésine envoyée dans l'air par ha et par an) et phytoncides (flavonoïdes...) des feuillus : ils sont

désinfectants et fortifiants. D'ailleurs les odeurs de la forêt ont un effet généralement « agréable », donc plus ou moins bienfaisant par effet psychosomatique.

Température

Par suite de la réflexion de la radiation sur les cimes et de l'absorption par le feuillage : légère diminution de la moyenne, environ 1°C , diminution des maxima de 1 à 4°C , augmentation des minima de $0,5$ à 3°C , réduction des périodes de gels, atténuation de la vitesse de variation de température.

Humidité

Augmentation de l'humidité relative 3 à 10 p. cent (sauf en zone méditerranéenne) ; souvent (pas toujours) moins de brouillards.

Pression barométrique : atténuation des variations brusques ; teneur en ozone plus forte sous les résineux : 0,03 ppm.

Pluies : au-dessus des arbres elle est augmentée de 2 à 20 p. cent, mais sous le couvert diminuée de 50 p. cent.

Variabilité

Elle dépend :

1) De l'essence forestière ; à couvert dense et intermittent (hêtre, châtaignier) ou moins dense (chêne, pin sylvestre) ; à couvert dense et permanent : seuls les résineux

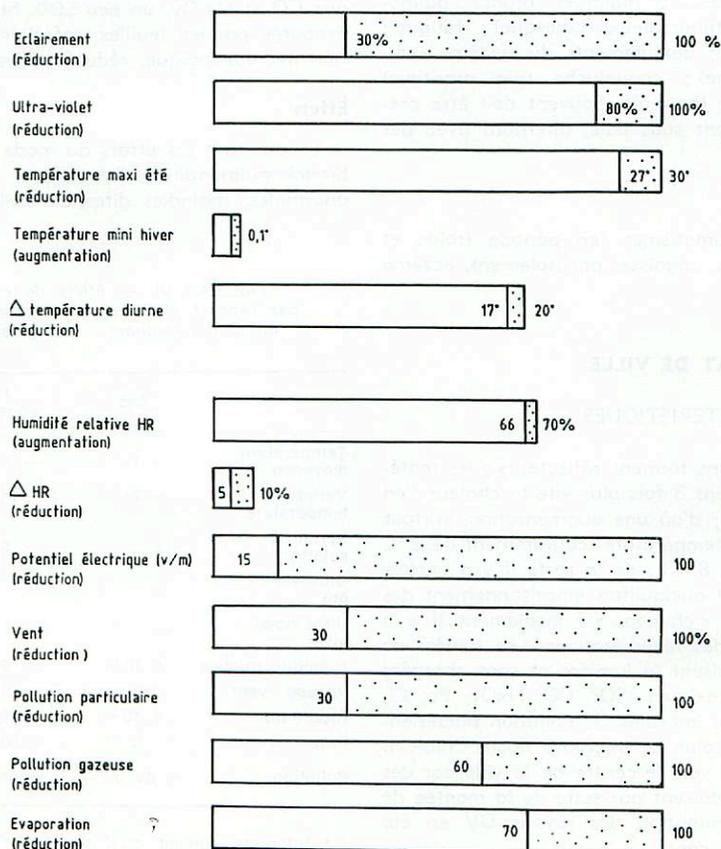


Fig. 2. — Effet correcteur de la forêt (ordre de grandeur).

(sauf le mélèze) conservent leur feuillage en hiver (sapin, épicéa) ; à feuillage émetteur, ou non, d'arômes (en plus ou moins grande quantité) : sapin, pin maritime...).

2) Les formes de peuplement agissent de façons diverses : les futaies pleines de résineux agissent fortement, sauf après forte éclaircie ; les futaies pleines de feuillus agissent de même sauf en hiver, ou hors des coupes de régénération ; les taillis sous futaie agissent assez fortement dans les dernières années de la révolution (de 20, 25 ou 30 ans), nettement moins après la coupe ; les taillis ont un couvert bas, une action assez forte seulement après une révolution.

Effets

La diminution de lumière est calmante. Les alternances de lumière et d'ombre provoquent des excitations alternées et sont probablement très favorables (Duborj). En conséquence on peut penser que le couvert forestier est capable de réduire les déshydratations, poussées congestives. Préventivement il peut éviter les effets divers des vents violents (névralgies, infarctus, prurits, dérèglement cortico-surréaliens (Rivolier), les effets de la pollution (maladies des voies respiratoires, cancers...) et les effets des excès de lumière (érythème, leucite...).

L'effet physiologico-psychique ou purement psychique est très généralement favorable : couleur verte, beauté de la végétation, silence, petits bruits...

Indications

(Joly, Branère, du Cournaud, Guinon, Lalesque, Brom, Loubic, Perarnaud, J. Thomas...) : maladies broncho-pulmonaires ; asthme ; état pré-tuberculeux (Lalesque) : fatigue ; surmenage ; convalescence ; dérèglements du système sympathique (Laignel-Lavastine) ; coqueluche (pin maritime) (Festal) ; post-cure de cure thermale. Souvent doit être préconisé un séjour intermittent sous bois, alternant avec des séjours au soleil.

Contre-indications

Anémie, rachitisme, rhumatismes (en période froide et humide), dépressions graves, angoisses par isolement, eczéma sylvestre...

CLIMAT DE VILLE

CARACTERISTIQUES

Les murs des constructions forment réflecteurs ; les matériaux absorbent et conduisent 3 fois plus vite la chaleur ; en hiver il y a les chauffages ; d'où une augmentation, surtout au centre de la ville, de la température (couramment de 2 °C sur la moyenne, parfois de 8 °C) ; de la sorte il y a parfois inversion de température et quelquefois emprisonnement des éléments toxiques sous le « chapeau » ; localement il y a des abris ou au contraire des réverbérations. Les fumées de cheminées et d'usines réduisent la lumière et sont chargées de poussières et produits toxiques (SO₂, CO, NxOy, Pb, Cl, Br, acroléine, hydrocarbures imbrûlés...). Pollution bactérienne ; couramment 100 fois plus de microbes nocifs (tableau V). La pollution est accrue vers le centre de la ville car des courants centripètes se produisent par suite de la montée de l'air chaud au centre. Diminution des rayons UV en été 20 p. cent, en hiver 50 p. cent.

Brouillards : les particules constituent des noyaux de condensation d'eau et engendrent des brouillards (30 %

TABLEAU V. — Pollution (moyennes, en µg/m³)

	Acidité forte	Fumées noires	Monoxyde d'azote	Ozone	Monoxyde de carbone
Paris	48	40	55	20	5 000
Dijon	33	16			
Montbéliard	32	26			
Seuil réputé	30	40	8	80	8 000

Les concentrations en ville sont plus élevées que dans la campagne, par exemple (au moment des pointes) :

SO₂ : 140 fois ; CO : 20 000 fois ; NO : 32 fois ; O₃ : 25 fois.

de plus en été ; 100 % de plus en hiver). Humidité relative souvent plus petite de 2 p. cent en hiver et 8 p. cent en été. Vent (en général) fortement réduit ; gros ions plus nombreux (4 ou 5 fois) ; petits ions moins nombreux. Bruits (métalliques, aigus, stridents, continus...).

Variabilité

Très grande suivant qu'il s'agit de la rue (orientée ou non vers le soleil ou vers le vent), d'une place, d'une maison, d'une cour, d'un jardin, de la présence d'usines, des dimensions de l'espace découvert, de la hauteur des façades, des couleurs, de la présence ou de l'absence de verdure.

La végétation apporte une compensation partielle à certains inconvénients (tamisage des poussières, absorption des gaz CO et NxOy, un peu SO₂), humidification grâce à l'eau évaporée par les feuilles, rafraîchissement de l'air, purification microbiologique, réduction des bruits (5 à 20 décibels).

Effets

En ajoutant les effets du mode de vie en ville : maladies bronchopulmonaires (bronchites, emphysèmes...), fatigues anormales, maladies dites de civilisation. Tous effets de la

TABLEAU VI. — Effets de corrections moyennes par rapport à la région environnante des 3 variantes du climat régional : + augmentation, — diminution

	Lac	Forêt (sous bois) *	Ville
Température moyenne	+ 1°	— 2°	+ 2°
Variations de température	— 2°	— 3°	— 2°
Variation solaire	+	— 0 à 60 %	— 15 %
Ultra-violet été	+	—	— 15 %
Ultra-violet hiver	+	—	— 30 %
Humidité relative	+ 10 %	+ 0 à 10 %	— 6 %
Vitesse vent	0	— 20 à 80 %	— 10 à 50 %
Brouillard	+ 10 %	— 10 %	+ 60 %
Pluie au sol	0	— 60 %	+ 10 %
Pollution	— de 50 %	— de 50 %	+ de 1 à 10 fois ou +

* Différents suivant qu'il s'agit de feuillus en été, feuillus en hiver, ou résineux.

+ augmenté.

— diminué.

TABLEAU VII. — Facteurs climatiques

Excitants	Stimulants	Sédatifs	Débilissants
Trop forte insolation	Assez forte insolation	Faible insolation	Obscurité
Trop grande abondance	Abondance d'UV	Peu d'UV	Très peu d'UV
Vent très violent > 30 m/s	Vent 10 — 25 m/s	Brise < 5 m/s	Absence totale de vent
Grands froids	Écarts de température assez forts	Écarts faibles de température	Chaleur humide
	Présence d'arômes	Variations lentes	Absence ou excès de certains arômes
Bruits forts (surtout aigus)	Silence ou bruits agréables	Arômes agréables	Silence total
		Silence et petits bruits	Bruits assourdissants

pollution : irritations, suffocations, destruction des hématies, altérations des nerfs, concrets, infarctus, troubles psychiques... L'amortissement des variations (qui est parfois un bénéfice) est donc payé cher !

Indications

Néant.

Contre-indications

Intoxiqués, arthritiques...

Le tableau VI indique l'effet des corrections par les 3 variantes lac, forêt et ville. On peut rappeler brièvement les effets physiologiques des facteurs climatiques (tableau VII et fig. 3).

Effets

— Sont considérés habituellement comme stimulants, toniques : l'éclairement fort, des variations amples de la température, la sécheresse (tension de vapeur 9,7 mmHg ; humidité relative 50 %), une brise ou vent modéré (3 à 4 m/s), un air pur (ou purifié).

— Comme calmant, sédatif : l'éclairement faible (éclairage relatif inférieur à 10 %), la constance thermique, l'humidité (tension de vapeur 16, humidité relative 90 %), le calme de l'air. Mais l'effet tonifiant semble s'exercer surtout sur le système cardio-vasculaire et l'effet sédatif sur les systèmes nerveux et sympathique. Il semble donc que l'on puisse parler de climat toni-sédatif, qui accélère sensiblement la circulation, la respiration, le métabolisme, les résistances et

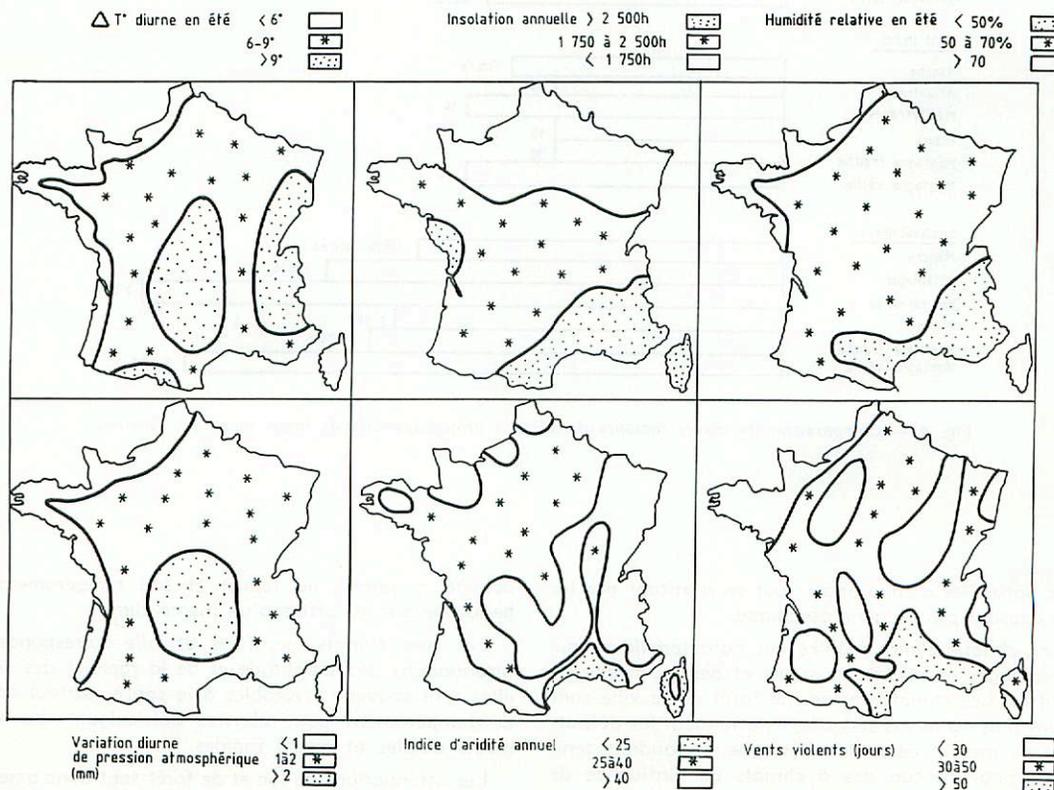


Fig. 3. — Répartition géographique de quelques facteurs.

Pression barométrique

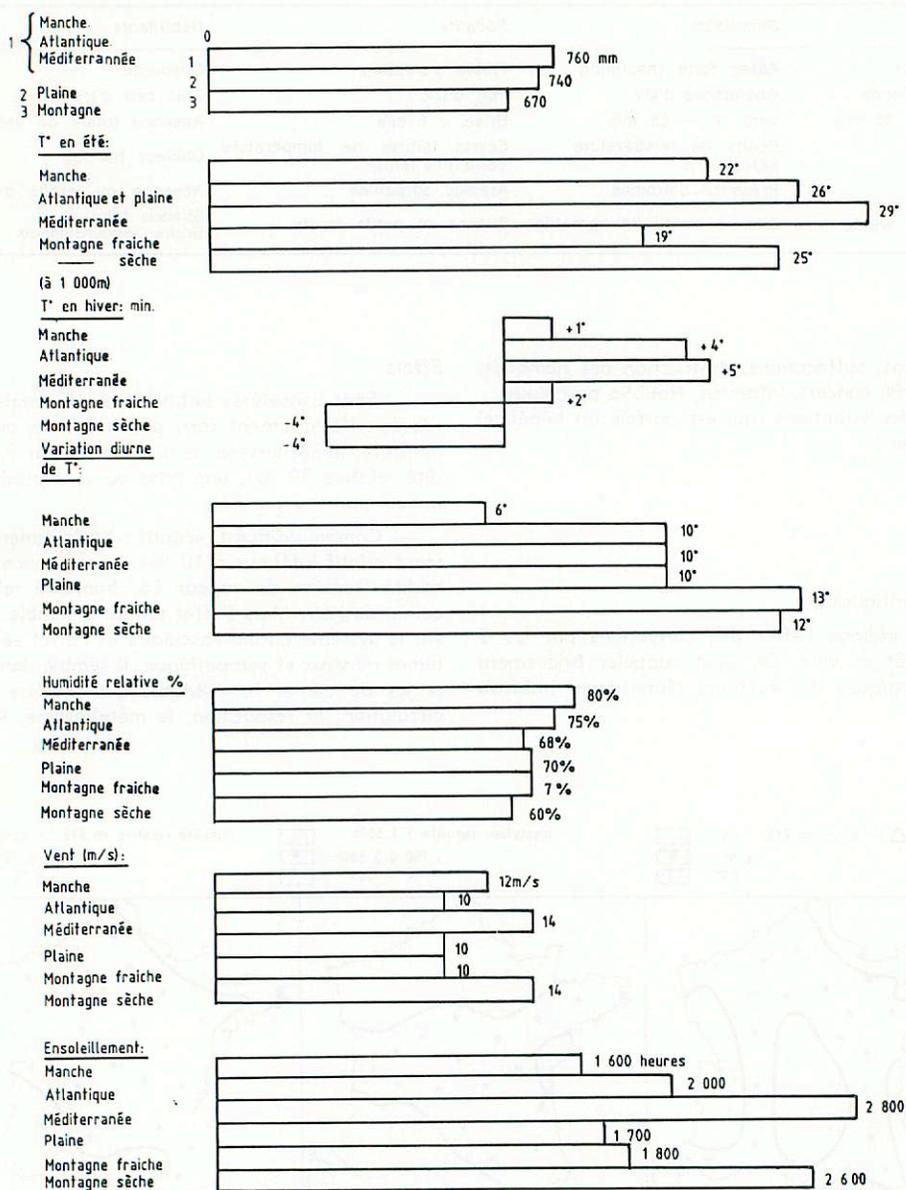


Fig. 4. — Comparaison de divers facteurs dans les 3 principaux climats (mer, montagne, plaine).

les mesures naturelles d'adaptation, tout en n'irritant pas les nerfs et ne causant pas de gêne psychique.

Ainsi donc chaque climat montre des caractéristiques qui sont des avantages pour certains sujets et des inconvénients pour les autres. Les climats de lac, de forêt et de ville sont généralement plus ou moins sédentaires, ils atténuent les défauts des climats de mer et ceux de montagne. Il faudrait tenir compte aussi pour chacun des 6 climats de l'influence de la nature du sol (fig. 4).

Bien entendu le comportement du sujet (activité forte,

activité moyenne, ou repos) et son tempérament influent beaucoup sur les effets d'un même climat.

Les trois climats lac, forêt et ville correspondent à des atténuations de l'amplitude et de la rapidité des variations : elles sont souvent favorables à la santé, surtout dans le cas de tempérament peu robustes qui exigent des variations, moins amples et moins rapides.

Les atténuations de lac et de forêt sont donc assez souvent bénéfiques pour les malades. Celles de la ville peuvent l'être, par contre la pollution y reste toujours néfaste.

Nos connaissances restent insuffisantes.

1) Il y a des microclimats *stationnels*, en particulier en ce qui concerne le vent et les radiations de diverses longueurs d'onde.

2) Certains des *facteurs sont mal étudiés* : électricité statique et ionisation, arômes en forêt même ; pollution par putréfaction « air impur » (du XVII^e siècle) ; effets des alternances à des rythmes différents...

3) On connaît ou pressent les actions directes des climats sur les organismes sains ou malades, tels que vaso-dilatation ou vaso-constriction, respiration, pouls, résistance à l'infection, effets psychologiques ou psychiques. Mais on connaît mal l'*écologie et l'éthologie des agents pathogènes* (pullulation, virulence...) ce qui est l'autre versant de l'épidémiologie.

De nouvelles recherches sont donc tout à fait nécessaires pour l'avancement de la climatologie médicale.

BIBLIOGRAPHIE

1. Balseinte R. — *Climats montagnards et stations climatiques d'altitude en France*. Thèse, Grenoble, 1966.
2. Besancenot J.P. — *Les bioclimats humains en façade méditerranéenne de l'Europe*. CRCB, 1987.
3. Boyer P. — La végétation : un remède aux pollutions et nuisances urbaines. *Cah. IAURIF*, 1978, n° J3.
4. Delore P., Milhaud M. — *Précis d'hydrologie et climatologie clinique et thérapeutique*. Paris, Doïn, 1951.
5. Deschwanden J. von et coll. — *Der Mensch im Klima der Alpen*, Intern. Kongress, Lugano, 1966. Berne, Verlag Hans Huber, 1968.
6. Escourrou G. — *Climat et Environnement*. Paris, Masson, 1981.
7. Escourrou P. — *Climat et tourisme sur les côtes françaises de Dinard à Biarritz*. Thèse Université Lille III, 1980 (2 vol.).
8. Lacustrine Climatology. — *Congrès International de Côte*, 1971. Ed. Chambre de commerce de Côte.
9. Landsberg H. — *Physical climatology*. Gray, Printing Co. Inc. Dubois Pennsylvania, 1962.
10. Piery M. et coll. — *Traité de climatologie et biologie médicales*. Paris, Masson, 1934 (3 t.).
11. Plaisance G. — *Forêt et santé*. St-Jean-de-Braye, Dangles, 1985.

Information

INCIDENCES SANITAIRES DE L'ÉLIMINATION DES DÉCHETS VIS-A-VIS DES RESSOURCES HYDRIQUES

Colloque organisé par
l'Association Pharmaceutique
Française pour l'Hydrologie
(APFH)

Lyon, 10-11 mai 1990

En collaboration avec l'Institut Pasteur de Lyon et le LCPAE-INSA de Lyon.

Ce colloque ne traitera que des déchets domestiques et industriels et non des effluents. On adoptera le distinguo suivant : l'industrie engendre des effluents, que l'on sait épurer par des voies et méthodes classiques, et des « résidus » liquides, pâteux ou solides, éventuellement toxiques, auxquels on réservera d'autres méthodes d'élimination ou de valorisation mieux adaptées à leur état physique et/ou composition et propriétés.

Ce sont ces « résidus » que l'on qualifiera de déchets industriels.

Les thèmes pouvant être abordés sont principalement :

— analyses physico-chimiques et bactériologiques, variabilité de composition,

— mise en évidence de la toxicité et de la biodégradabilité ; préparation des échantillons en vue des tests ;

— évolution des déchets en décharges : variabilité et diversité des résidus rassemblés, interactions, dégradation, lixiviation, diffusion ou immobilisation dans les sols, mécanismes de migration dans les eaux de surface et souterraines,

— altérations résultantes de ces eaux, mise en évidence des polluants ; risques sanitaires potentiels ou constatés ; mesures préventives techniques et réglementaires, réhabilitation d'aquifère, traitement d'eaux contaminées.

Les personnes intéressées par ces thèmes doivent en informer le Secrétariat du Colloque dès que possible (formule réponse rapide ci-joint) et adresser avant le 15 mars 1990 un résumé de leur communication comprenant : titre, nom des auteurs, adresse et texte de présentation, le tout tapé sur une seule page 21 X 29,7.

Le texte définitif des communications sélectionnées par les organisateurs, à partir des résumés, devra parvenir au Secrétariat du Colloque le 2 mai au plus tard.

Secrétariat du Colloque : M. le Pr P. Chambon, Institut Pasteur, avenue Tony-Garnier, 69365 LYON CÉDEX 07. FAX : 78 72 39 89.

Le Journal Français d'Hydrologie, organe de l'APFH publiera, en un numéro spécial, les communications originales (travaux expérimentaux ou mises au point) retenues par son comité de lecture.

LE MONT-DORE

Indications rhumatologiques et kinébalnéothérapie

La station du Mont-Dore, spécialisée dans le traitement de l'asthme et des affections des voies respiratoires, a vu ses indications thérapeutiques largement étendues au domaine rhumatologique, surtout depuis l'utilisation des gaz thermaux en infiltration et la mise en place d'un service de kinébalnéothérapie.

Cependant, la pratique du thermalisme au Mont-Dore dans le traitement des maladies rhumatologiques ne date pas de ces dernières années, puisque de nombreux ouvrages soulignent l'ancienneté de la vocation rhumatologique de la station, en décrivant les effets bénéfiques des eaux du Mont-Dore sur les rhumatismes.

Indications thérapeutiques

Ce sont principalement :

— Les rhumatismes dégénératifs type arthrose : arthrose vertébrale (cervicarthrose, dorsarthrose, lombarthrose) ; arthrose des grosses articulations (coxarthrose, gonarthrose) ; arthrose des extrémités (main, pied).

— Les discopathies dégénératives et les algies vertébrales.

— Les rhumatismes ab-articulaires, type péri-arthrite, tendinite.

— Les séquelles articulaires et osseuses post-traumatiques, type algie, raideur articulaire.

Contre-indications

Ce sont les contre-indications générales à toute crénothérapie :

- insuffisance cardiaque,
- insuffisance rénale,
- affections hépatiques graves,
- troubles infectieux urinaires ou autres,
- néoplasie.

Les contre-indications rhumatologiques :

- rhumatisme articulaire aigu,
- rhumatisme inflammatoire en poussée évolutive,
- collagénose,
- arthrite et ostéo-arthrite infectieuse,
- tuberculose ostéo-articulaire.

En fait, ces contre-indications sont une question de bon sens, elles dépendent surtout de l'état du malade.

Modes d'utilisation des eaux et techniques de cure

Outre la cure interne qui consiste en l'ingestion journalière d'eau, les différentes techniques utilisées sont :

1) la douche de vapeur mobile : le jet étant dirigé électivement sur la région douloureuse ou contracturée.

2) L'hydrothérapie : elle est commune à toutes les stations à orientation rhumatologique avec :

- la douche générale,
- la douche locale brisée,
- l'affusion locale à la palette.

3) La balnéothérapie : on peut utiliser :

- le bain général simple,
- l'aérobain avec dégagement de gaz thermal dans la baignoire,
- le bain ou aérobain avec douche sous-marine, permettant l'adjonction d'une douche dans l'eau, sur les articulations à traiter.

4) L'hydroxeur à programmation pneumatique avec jets d'eau sous-marin émulsionnés d'air.

5) Les injections de gaz thermaux, par voie sous-cutanée ou mésodermique, en regard des régions à traiter, le gaz carbonique constituant l'élément principal du gaz thermal.

6) La kinébalnéothérapie ou mobilisation active en piscine. Il s'agit d'une hydrokinésithérapie, par mobilisation sous la direction d'un kinésithérapeute.

Équipement

La kinébalnéothérapie au Mont-

Dore s'effectue dans une piscine d'une superficie de 72 m² ayant une profondeur constante de 1,20 m. Elle peut recevoir jusqu'à 15 curistes. Un escalier en permet l'accès. La durée d'une séance est de 20 minutes.

Le bassin se trouve dans une enceinte protégée dont les abords et la plage sont régulièrement traités à la vapeur sèche et au désinfectant.

Le patient une fois déshabillé passe par un circuit obligatoire de douches et de pédiluve. La pièce est abondamment ventilée par un circuit d'air pulsé pour éviter le dépôt d'humidité sur les murs.

Au niveau de la sécurité, un surveillant assiste à toutes les séances, prêt à intervenir en cas de besoin, ayant à sa disposition un équipement complet de premiers secours.

La piscine est enfoncée dans le sol. Les kinésithérapeutes sont hors de l'eau. Ils ont ainsi un champ de surveillance agrandi car peu gênés par l'indice de réfraction de l'eau et conservent une grande mobilité pour se déplacer d'un endroit à l'autre prodiguant les conseils ou corrigeant les erreurs des patients.

L'eau de la piscine recueillie par un écoulement de fond est continuellement recyclée : une installation complète de traitement se situe à côté du bassin dans les sous-sols. Des écumeurs tout autour du bassin évacuent l'eau ainsi recueillie vers les égouts.

En fait il s'agit d'un outil tout à fait moderne et performant.

Matériel

Dans la piscine du Mont-Dore, il n'y a aucun accessoire sauf de petites barres parallèles individuelles ou accoudoirs, ainsi qu'une main courante tout autour du bassin. C'est une piscine de mobilisation active et non de rééducation fonctionnelle. Le but est avant tout de faciliter un mouvement encore existant et non de le recréer chez un patient l'ayant perdu.

D'ailleurs le curiste vient lui-même dans le bassin, ce qui suppose une certaine autonomie dans ses mouvements.

Avantages

L'ennemi n° 1 chez l'arthrosique c'est l'immobilisation liée à la douleur. Immobilisation involontaire due à des contractures musculaires réflexes ou volontaires pour limiter le mouvement. Cette immobilisation altère les muscles qui se fibrosent, les ligaments et les fascias qui se rétractent, les espaces de glissement tels que synoviales, cils-de-sac articulaires et surfaces de glissement entre deux muscles qui se sclérosent.

Pour supprimer cette raideur articulaire, il existe une arme efficace : l'eau chaude thermale. En effet :

— la température de l'eau 35° à 36° élève le seuil de la douleur ;

— la température de l'eau entraîne une vaso-dilatation et relâche la tension des tissus ;

— la poussée d'Archimède combat la pesanteur. Un corps en immersion sternale ne pèse plus qu'environ 8 à 10 kg ;

— le maintien dans l'eau est facilité par le couple de force entre la pesanteur et la poussée d'Archimède qui redresse tout corps immergé dans l'eau ;

— la pression hydrostatique progressive ou gradient de pression facilite la circulation veineuse de retour sans pour autant gêner la circulation artérielle ;

— l'eau réalisant un enveloppement permanent agit sur les terminaisons extéroceptives et proprioceptives par des stimuli continus ;

— sans oublier les aspects psychologiques de cette rééducation : le curiste dans un milieu d'apesanteur n'a plus le souci des muscles antigravitaires et peut se consacrer uniquement à faire les mouvements que lui dicte le kinésithérapeute. Grand handicapé hors de l'eau, il devient dans l'eau un être dont le corps peut répondre aux pulsions de son esprit. La rééducation lui redonne confiance et il cherchera ses limites articulaires qu'il fera reculer au fur et à mesure des séances.

Les inconvénients

L'inconvénient majeur, c'est l'asthénie, car les bains en eau chaude ainsi que les exercices peuvent après quelques jours fatiguer le patient. Ainsi le rythme souhaité pour des curistes qui par ailleurs peuvent encore avoir d'autres soins de balnéothérapie, est d'une séance tous les

deux jours en alternance avec ces autres soins.

Les effets de refroidissement à la sortie de la piscine sont limités car les curistes mettent très rapidement le peignoir chaud qui leur est proposé.

Contre-indications

— Affections de la peau : plaies, dermatoses, eczémas,

— varices et troubles trophiques des membres inférieurs,

— contre-indication physique comme la taille du curiste, qui ne doit être guère inférieure à 1,50 m ou le volume du curiste qui peut être transformé en bouée vivante incapable de garder les pieds sur le fond de la piscine.

Buts recherchés

Les buts recherchés sont simples :

— rendre la mobilité,

— améliorer la qualité du geste,

— améliorer la trophicité et la force musculaire,

— diminuer et effacer les syndromes douloureux.

Pour arriver à cela, il faut faire une mobilisation de toutes les articulations importantes, à savoir le rachis dans son ensemble, les épaules et les coudes, les coxofémoraux et les genoux. Accessoirement certains mouvements font travailler les poignets et les chevilles.

Même si une personne ne souffre que d'un genou par exemple, il faut faire tous les exercices pour trois raisons :

1) l'handicap d'un genou entraîne des mouvements de compensation au niveau d'autres articulations qui peuvent ainsi se dégénérer plus rapidement compte tenu du terrain déjà existant.

2) La douleur dans une articulation ne veut pas dire que les autres soient en parfait état. Cette douleur peut être une sonnette d'alarme. Il est donc prudent de s'occuper également de celles qui peuvent se mobiliser sans peine.

3) Faire travailler une seule articulation durant 20 minutes décourage le plus optimiste des curistes.

Les mouvements respectent les axes physiologiques des articulations. On ne travaille qu'un seul mouvement à la fois de manière à ce que le patient « réfléchisse » son mouvement. Il faut

une participation à la fois du corps et de l'esprit afin de lutter contre les mauvaises habitudes et les a priori qui disparaissent dans l'eau chaude. Les mouvements sont répétés plusieurs fois. Le patient peut ainsi enregistrer les limites et mesurer les progrès réalisés.

Evolution

L'évolution du mouvement durant la cure suit en général le même schéma :

— le mouvement est difficile et raide lors des premières séances.

— Puis au fur et à mesure que le curiste sollicite ses articulations, les douleurs apparaissent soit sous forme de simples courbatures, soit sous forme de douleurs plus aiguës.

Puis le mouvement devient plus facile et les douleurs diminuent.

Le geste devient ensuite de plus en plus ample et la vie de relation plus facile.

Enfin la sensation de bien-être s'installe et le curiste veut et peut profiter du cadre magnifique que lui offre le Mont-Dore.

Les résultats ainsi obtenus sont pour la plupart confirmés l'année suivante puisque les curistes sont fidèles à la station et font remarquer eux-mêmes leurs performances.

Conclusion

La mobilisation active en piscine ou kinébalnéothérapie permet d'utiliser les effets sédatifs, décontractants et résolutoires de l'eau thermale.

Les avantages sont nombreux :

— facilité d'exécution du mouvement,

— travail sous mise en charge,

— tendance analgésique,

— réchauffement et action tropho-névrotique,

— relâchement musculaire.

La cure à vocation rhumatologique, longtemps oubliée, fait donc de nouveau partie des indications de la station du Mont-Dore.

L'utilisation des injections de gaz thermaux, en association avec la kinébalnéothérapie, apporte une plus grande efficacité au traitement rhumatologique du Mont-Dore, efficacité bien mise en évidence par les différentes études déjà réalisées.

J.P. BAUD, J.D. SPECHT

LA BOURBOULE

Étude des modifications physico-chimiques subies par l'eau thermale lors de sa pulvérisation *

Aux conditions habituelles de température et de pression, l'eau thermale est une solution hors d'équilibre. Elle subit des modifications lors de sa distribution dans la station thermale, et particulièrement lorsqu'elle est pulvérisée. Pour quantifier ces modifications, nous avons mesuré les variations de son pH et de son potentiel d'oxydo-réduction. Le pH nous donne des indications sur l'équilibre acide-base et l'équilibre des gaz dissous. Le potentiel d'oxydo-réduction est couramment utilisé en biologie comme indicateur de l'activité cellulaire.

Deux installations de soins ont été étudiées :

— la « salle d'inhalation » qui contient un brouillard dense de gouttelettes d'eau thermale produites par pulvérisation pneumatique. Ces gouttelettes atteignent rapidement une taille d'équilibre qui est imposée par leur contenu en sels dissous. Elles sont d'âge varié et leurs tailles vont de 0,5 à 20 μm en diamètre.

— Les « aérosols simples » sont des postes individuels où les curistes viennent respirer un aérosol d'eau thermale produit par pulvérisation. Un tuyau conduit jusqu'à leur bouche l'aérosol qui, à ce niveau, a presque atteint son équilibre avec des tailles allant de 0,5 à 10 μm . Les gouttelettes ont toutes à peu près le même âge.

Les aérosols ont été recueillis grâce à un petit cyclone normalisé par le BCURA pour l'échantillonnage des gaz des cheminées industrielles. Le cyclone a été installé au centre de la chambre d'inhalation, à 1,5 m du sol. Le temps de recueil était de 10 min et la quantité d'eau collectée allait de 9 à 13 ml. Pour échantillonner les « aérosols simples » on a installé un système qui recueillait à la fois des

aérosols sortant de vingt postes individuels. Après 10 min de fonctionnement, on recueillait environ 17 ml d'eau thermale.

Le pH et le potentiel d'oxydo-réduction ont été mesurés simultanément grâce à l'emploi de mini-électrodes. Quelques minutes étaient généralement nécessaires avant que le potentiel redox atteigne son équilibre.

Pour de l'eau arrivant au griffon, un pH de 6,6 et un potentiel d'oxydo-réduction de 260 mV sont typiques et stables. Les résultats expérimentaux apparaissent plus dispersés dans la salle d'inhalation qu'aux aérosols simples. La valeur moyenne du pH passe à 8,8 alors que le potentiel d'oxydo-réduction croît jusqu'à 500 mV, ce qui indique une régression des composés réducteurs.

Les résultats montrent que la pulvérisation de l'eau thermale provoque de rapides modifications des équilibres des différentes espèces chimiques dissoutes. Le départ des gaz thermaux, principalement le CO_2 , est accéléré par l'accroissement de la surface d'eau en contact avec l'atmosphère lors de la pulvérisation et peut expliquer les phénomènes constatés.

C. VAN DEN BERGHE
J.C. GUICHARD
P. DRUTEL

Différents aérosols utilisés en station thermale et la mesure de leur distribution granulométrique *

L'eau thermale est couramment utilisée pour soigner les désordres broncho-pulmonaires. Elle est alors administrée sous la forme d'un aérosol produit par pulvérisation pneumatique. Dans les « salles d'inhalation », un réseau de pulvérisateurs pneumatiques permet de remplir la salle avec un brouillard dense. Les curistes, assis dans la salle, inhalent l'aérosol durant environ une demi-heure. Les « aérosols simples » permettent l'exposition individuelle des curistes à un aérosol de gouttelettes qui arrive par un tube connecté à un pulvérisateur pneumatique travaillant avec un débit d'air de 24 l/min. Dans un troisième système appelé « électro-aérosol », la pulvérisation avec de l'air comprimé sec entraîne l'évaporation des gouttelettes initiales et la production de

noyaux secs des sels dissous. Les curistes sont assis dans la salle où ils inhalent l'aérosol de noyaux pendant vingt minutes en moyenne.

Il est important de bien connaître et de maîtriser la distribution granulométrique de ces différents aérosols, si on veut optimiser le dépôt dans l'arbre broncho-pulmonaire.

Nous avons fait des mesures à la sortie des postes dits « d'aérosols simples » et dans la salle « d'électro-aérosol ». L'instrument de mesure était le compteur à scintillation de Sartorius GmbH. C'est essentiellement un photomètre de flamme très sensible qui est capable de mesurer le contenu en sodium de particules d'aérosol que l'on envoie l'une après l'autre dans sa flamme. La réponse est directement proportionnelle à la masse de sodium contenue et un analyseur multicanal permet de répartir les réponses à partir de 0,03 μm . Mais comme les concentrations initiales des pulvérisations d'eau thermale sont très élevées, il est nécessaire de commencer par diluer en utilisant une chambre à dilution pour aérosols.

Un pulvérisateur de la salle « aérosols simples » est rempli d'une solution de chlorure de sodium et l'aérosol produit est envoyé dans un système à dilution à deux étages. Dans le premier étage, on dilue avec de l'air chaud, ce qui donne, en sortie, un aérosol de noyaux de chlorure de sodium secs. On en prélève une partie aliquote qui est de nouveau diluée jusqu'à mille fois, de sorte que le compteur à scintillation puisse travailler dans de bonnes conditions. Connaissant les concentrations et la distribution granulométrique à la sortie de l'ensemble de dilution, il est aisé de remonter aux caractéristiques de la pulvérisation initiale. Les concentrations ainsi trouvées sont de 3.10⁶ particules/ml pour des diamètres particulaires qui vont de 0,5 à 16 μm , alors que le diamètre médian en poids est de 6 μm . La concentration pondérale de l'aérosol d'eau thermale à la production est de 20 g/m³.

Les mesures pour les salles « d'électro-aérosol » ont été faites in situ, car la distribution granulométrique finale est fonction de phénomènes comme la sédimentation ou la diffusion vers les parois qui ne peuvent être simulés au laboratoire. Un système à dilution à deux étages a été monté dans la salle mais, à la différence du cas précédent, sans que l'on ait à chauffer l'air du premier étage.

* Résumés des communications faites lors du Congrès International sur les Aérosols en Médecine, Rochester, septembre 1988.

Un constituant majeur de l'eau thermale bourboulienne est le sodium, avec une concentration partielle de 1,9 mg/litre, alors que le résidu sec titre 5,7 mg/litre. Quand on a le contenu en sodium d'une particule, il est facile d'en déduire le diamètre du noyau sec correspondant. Les concentrations numériques étaient de 10 000 particules/ml, pour des diamètres particulaires qui allaient de 0,05 à 9 µm, avec une médiane en poids de 1,7 µm. La concentration pondérale en noyaux secs était de 0,6 mg/m³.

J.C. GUICHARD
P. DRUTEL

**Effet antispasmodique
d'une eau thermale administrée
par voie aérosol ou parentérale ***

Nous avons étudié les modifications de l'effet spasmogénique de l'histamine et de l'acétylcholine chez des rats Wistar, prétraités par une eau thermale ou par un sel d'arsenic pentavalent. Les résultats sont les suivants :

1) effet d'un aérosol d'eau thermale : l'aérosol n'a pas d'effet bronchospasmodique par lui-même. L'aérosol d'eau thermale donné juste avant l'administration d'histamine ou d'acétylcholine ne prévient pas le bronchospasme induit par ces substances.

2) Effet de l'eau thermale administrée en i.p. : des rats ont reçu quotidiennement, pendant 21 jours, une quantité d'eau thermale en i.p. équivalente à la dose prise oralement par les patients durant leur cure. Après ce traitement les animaux ont été soumis à un aérosol d'histamine ou d'acétylcholine, aux doses bronchospasmodiques expérimentales. Les résultats indiquent un retard systématique de l'apparition du bronchospasme, pour les deux médiateurs utilisés.

3) Effet d'administrations i.p. d'arsenic pentavalent : des rats ont été prétraités avec de l'arsenic pentavalent (7 µg/kg de poids corporel) suivant les mêmes modalités que celles utilisées pour les administrations d'eau thermale. Le retard d'apparition du bronchospasme est de moindre importance que celui obtenu avec l'eau thermale.

A. MAGNIN, P. DRUTEL,
T. TRAN MINH,
P. MAGNIN

**Impact cellulaire
d'une eau thermale naturelle
utilisée sous forme d'aérosol ***

L'eau de source thermale de La Bourboule (France) contient de 6,3 à 7 mg/l d'arsenic, essentiellement à l'état d'oxydation V (arséniate). L'impact cellulaire de plusieurs dilutions d'eau thermale et de solutions de même concentration en As V a été déterminé par la mesure de la vitesse de synthèse d'ARN et d'ADN sur cellules HeLa S3 en suspension. Une approche du métabolisme de l'arséniate : captation, réduction en As III, biométhylation en acides monométhylarsinique (MMA) et diméthylarsinique (DMA), a également été réalisée. Par ailleurs, l'exposition de macrophages alvéolaires à l'eau thermale a permis l'appréciation d'activités spécifiques de cellules pulmonaires (ATP, glutathion, production d'ions superoxyde).

La captation de l'arsenic par les cellules HeLa, exposées à l'eau thermale ou aux solutions d'As V, est dose-dépendante et ne présente pas de différence significative. Au contraire, la capacité de méthylation qui diminue dès la concentration de 1,25 mg/l pour les solutions d'As V n'est altérée que pour l'eau thermale (6,3 mg/l) et non pour ses dilutions. Dans l'ensemble, l'activité de l'eau de La Bourboule sur les synthèses d'ARN et d'ADN apparaît supérieure à celle des solutions d'As V.

Sur les macrophages exposés à l'eau thermale, la teneur en glutathion total n'est pas diminuée. En revanche, l'eau non diluée induit une diminution de la teneur en ATP et de la production d'ions superoxyde, tandis que la dilution au 1/100 exalte ces deux activités.

L'eau de La Bourboule semble donc stimuler le métabolisme de l'arsenic et exercer un effet protecteur sur les cellules dans le sens d'une détoxification.

F. ERB, A. BRICE,
C. VOISIN, C. AERTS,
A.E. PEEL, B. PIANTONI

**Étude du métabolisme
d'un élément trace
d'une eau thermominérale
après aérosolthérapie ***

Il a été démontré que la voie pulmonaire est favorable à l'absorption

de certains éléments. Un effet général ajouté à l'effet local peut donc être attendu de l'administration par aérosol. L'eau thermale de La Bourboule (France) renferme de l'arsenic à la concentration de 7 mg/l, l'étude du métabolisme de cet élément trace, caractéristique de l'eau a été entreprise chez l'homme et l'animal.

L'étude chez l'homme s'est adressée à deux groupes de malades, les uns traités par un brouillard humide, les autres traités par un aérosol sec. L'analyse des résultats a montré que l'élimination urinaire du groupe ayant reçu le traitement humide était plus importante, et que les malades traités par aérosolthérapie présentaient une diminution de l'élimination urinaire statistiquement significative au cours de la cure de 21 jours.

Une expérimentation animale a été mise en œuvre pour contrôler les résultats obtenus chez l'homme et pour comparer les résultats obtenus par administration d'eau minérale, et d'une solution de même concentration en arsenic sous forme d'arséniate de sodium.

Trois lots de cobayes ont été constitués : un lot témoin traité par un placebo et deux lots traités par l'arsenic pendant 21 jours, durée correspondante à celle de la cure thermale. Les urines ont été recueillies quotidiennement ; à l'issue du traitement, les animaux ont été sacrifiés et les poumons ont été prélevés. Pour l'ensemble des expérimentations, l'arsenic a été dosé par spectrophotométrie d'absorption atomique dans les urines et par activation neutronique dans le tissu pulmonaire.

L'expérimentation animale a permis de mettre en évidence l'efficacité du mode d'administration en raison de l'enrichissement en As⁺⁺⁺ du tissu pulmonaire chez les animaux traités par l'arsenic.

L'élimination urinaire est différente chez les animaux traités par l'eau minérale ou par la solution arsenicale, vraisemblablement en raison de la différence des formes chimiques de l'élément dans la solution arsenicale et dans l'eau minérale. L'élimination de l'arsenic présente également des variations importantes durant la cure.

D. PEPIN, J.L. FAUQUERT,
F. VERDIER, N. DESCHAMPS,
J.L. IRIGARAY

Étude de la qualité biologique des aérosols thermaux *

Les aérosols thermaux sont différents des aérosols classiques, ce sont des soins individuels préparés à partir d'une eau thermale distribuée collectivement par un réseau. Pour estimer la qualité hygiénique des soins, il convient de vérifier l'absence de germes tests de contamination et de germes opportunistes au niveau de l'eau. De plus, en raison de l'usage collectif des points de traitement, il convient de vérifier également l'absence de germes indicateurs de souillure ou de germes pathogènes. L'étude a comporté :

- le dénombrement des colonies revivifiables à 22° et à 37°,
- le dénombrement total des bactéries par épifluorescence,
- la recherche des germes tests de contamination,
- la recherche des staphylocoques,
- la recherche des Légionnelles,
- la recherche des amibes, ces dernières étant susceptibles de montrer un pouvoir pathogène et de constituer un réservoir de Légionnelles.

La qualité de l'eau utilisée pour la préparation des aérosols s'est toujours montrée satisfaisante. La qualité de l'aérosol est comparable à celle de l'air ambiant dans lequel on a toutefois noté la présence de champignons (*Aspergillus* et *Penicillium*) et d'amibes. Les *Naegleria* n'ont jamais été retrouvées.

De cette étude, on peut conclure que, pour tester la qualité sanitaire des aérosols thermaux, la détermination des bactéries viables ou le comptage des bactéries par épifluorescence après coloration à l'acridine est suffisant. Les résultats montrent de plus que les mesures prises pour préserver la qualité de l'eau et des aérosols sont suffisantes pour protéger l'hy-

giène des aérosols préparés à partir d'une eau thermale, distribuée collectivement.

D. PEPIN, J. ALAME,
M. CAMBON, O. DOENS-JUTEAU

Effets d'un aérosol sonore d'eau thermale dans le traitement des voies aériennes supérieures chez l'enfant *

L'aérosol sonore est une technique qui associe un aérosol et des vibrations infrasoniques. Ceci permet un dépôt de particules plus important qu'un aérosol simple, en particulier au niveau des sinus de la cavité nasale. Le but de cette étude est d'apprécier les effets d'un aérosol sonore d'eau thermale sur la pathologie des voies aériennes supérieures chez l'enfant.

Sujets et méthode

125 enfants (42 filles et 83 garçons), âgés de 6 à 14 ans, ont participé à l'étude. Ils présentaient une pathologie des voies aériennes supérieures (rhinites, sinusites allergiques ou infectieuses associées ou non à un asthme ou à une bronchite). Cette population a été divisée en deux groupes par tirage au sort. Le premier groupe (U) a reçu un traitement thermal ordinaire (électro-aérosol, gaz thermal, douche, inhalation, boisson), et en plus des séances d'aérosol sonore d'eau thermale (15 minutes par jour durant 18 jours). Le second groupe (NU) a reçu le même traitement de base mais sans aérosol sonore. Un auto-questionnaire clinique a été adressé aux parents avant la cure, 3 mois et 6 mois après la fin du traitement. 116 sujets ont répondu aux 3 auto-questionnaires (soit un faible pourcentage, 7,2 p. cent, de non réponses). Un score de gravité croissante

est établi individuellement en fonction des réponses, il peut varier de 0 à 33.

Résultats

Aucune différence significative n'a été trouvée entre les groupes U et NU en ce qui concerne les scores avant le traitement (les deux groupes sont donc comparables).

Il existe des différences significatives entre avant et 6 mois après traitement dans les deux groupes (U, avant : 19 ± 6 , après : $14,9 \pm 6,8$, $P < 0,001$; NU, avant : $17,7 \pm 6$, après : $15,6 \pm 5,5$, $P < 0,01$). L'amélioration, qui est plus importante dans le groupe U ($\Delta = 4,1$) n'est pas significativement différente de celle observée dans le groupe NU ($\Delta = 2,1$). Chez les sujets allergiques, lorsque l'on considère uniquement les signes cliniques importants (obstruction nasale, intensité des sécrétions nasales, fréquence des symptômes), on observe une amélioration significative après traitement dans le groupe U (avant $9,3 \pm 3$, après $7,5 \pm 3$, $P < 0,005$, $n = 32$), mais pas dans le groupe NU (avant $9,4 \pm 3$, après $8,6 \pm 4$, non significatif, $n = 36$). Chez les sujets présentant une pathologie infectieuse, on n'observe pas de différence significative entre avant et après traitement dans les deux groupes.

Conclusion

L'aérosol sonore ne semble pas apporter d'amélioration supplémentaire sur l'ensemble de la pathologie des voies aériennes supérieures de l'enfant. Cependant cette conclusion doit être modulée en fonction du type de la pathologie. Il existe une nette amélioration lorsque la pathologie est de type allergique. Par contre, ce traitement semble inefficace lorsque la pathologie est infectieuse.

M. FOURROT-BAUZON,
P. PERRIN, M. BEDU

Mieux comprendre

les cures thermales

En complément des admirables progrès réalisés par la médecine depuis 50 ans, on assiste à un regain d'intérêt pour les traitements qui mettent en œuvre des moyens naturels.

La crénothérapie ou traitement par les eaux minérales, est un moyen thérapeutique bénéficiant à la fois d'une longue expérience et de bases scientifiques solides.

Notre pays est particulièrement riche en sources minérales, mais ces eaux sont fort diverses. Leurs indications, leur prescription et leurs modes d'administration ont beaucoup évolué. Une mise au point s'imposait.

Le Dr René Flurin et le Dr Jean de La Tour sont parfaitement qualifiés pour rédiger cet ouvrage. Le premier, ancien interne et chef de clinique de Paris exerce la médecine thermale à Cauterets; le second exerce la médecine thermale à Vichy et participe à la recherche médicale dans une unité INSERM à la Faculté Xavier-Bichat (Paris).

Ce livre est à la fois :

- un guide de prescription des cures pour les médecins,
- une initiation à la médecine thermale pour les étudiants en médecine,
- un texte de référence pour tous ceux qui participent à la vie d'une station thermale.

Il aidera aussi les curistes à mieux comprendre le rôle et le mode d'action des cures et à tirer le meilleur bénéfice de leur séjour en station thermale.

Mieux comprendre

les cures thermales



R. FLURIN, J. DE LA TOUR

 Expansion Scientifique Française

par les Docteurs
R. FLURIN
et
J. DE LA TOUR

1 volume, 13,5 x 21 cm
96 pages, 11 figures
Prix Public TTC : 50 F
(57 F Franco domicile)

BULLETIN DE COMMANDE

Nom _____

Adresse _____

à retourner à : **L'Expansion Scientifique Française**
Service Diffusion
15, rue Saint-Benoît
75278 Paris Cedex 06

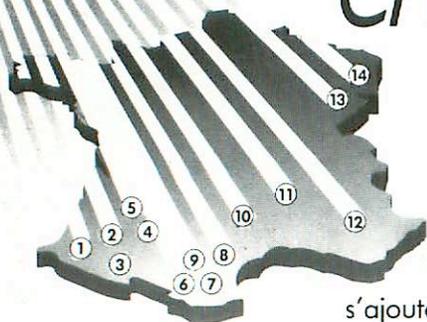
vous commande ex. de "Mieux comprendre les cures thermales" au prix de 57 F Franco domicile
règlement joint : chèque bancaire chèque postal CCP 370.70 Z

Date :

Signature :

ISBN 2-7046-1199-8

POUR VOTRE CURE, CHOISISSEZ VOTRE SOLEIL...



... parmi les stations de la Chaîne Thermale du Soleil, sélectionnées pour leur situation privilégiée dans les régions les plus ensoleillées, aux climats particulièrement valorisants pour la cure.

Dans une ambiance de détente absolue, à l'action bénéfique des eaux thermominérales venues des profondeurs de la Terre,

s'ajoute celle de l'air pur, richement oxygéné par la forêt, la mer ou la montagne.

Demandez notre brochure. Elle vous aidera à découvrir où et comment effectuer votre cure et deviendra votre "Livre de Jouvence".

CHAÎNE THERMALE DU SOLEIL



- 1. CAMBO-LES-BAINS (64)**
Rhumatismes, voies respiratoires, O.R.L.
- 2. EUGENIE-LES-BAINS (40)**
Rhumatismes, Voies Urinaires, Métabolisme
- 3. SAINT CHRISTAU (64)**
Dermatologie, Affections Bucco-linguales
- 4. BARBOTAN-LES-THERMES (32)**
Phlébologie, Rhumatismes
- 5. JONZAC (17)**
Rhumatismes, Traumatismes
- 6. LA PRESTE-LES-BAINS (66)**
Affections Génito-urinaires, Métabolisme
- 7. AMELIE-LES-BAINS (66)**
Voies respiratoires, O.R.L., Rhumatismes
- 8. LE BOULOU (66)**
Foie, Vésicule Biliaire, Voies Digestives, Métabolisme
- 9. MOLITG-LES-BAINS (66)**
Dermatologie, Voies Respiratoires, O.R.L.
- 10. LAMALOU-LES-BAINS (34)**
Neurologie, Rhumatismes, Traumatismes
- 11. SAINT-LAURENT-LES-BAINS (07)**
Rhumatismes, Traumatismes
- 12. GREOUX-LES-BAINS (04)**
Rhumatismes, Voies Respiratoires, O.R.L.
- 13. BAINS-LES-BAINS (88)**
Affections Cardio-artérielles



DEMANDEZ VOTRE LIVRE DE JOUVENCE

MAISON DU THERMALISME

32, av. de l'Opéra 75002 Paris
Tél. : (1) 47.42.67.91.
1, rue du Noyer - 67000 Strasbourg
Tél. : 88.23.53.00.
92, av. Louise B1050 Bruxelles
Tél. : 02.513.63.99.
Minitel : 36.14 code : Novotherm

M. Mme Mlle Nom, Prénom

N° Voie

Localité distribuée

Code postal (Bureau distributeur)

Pays Téléphone