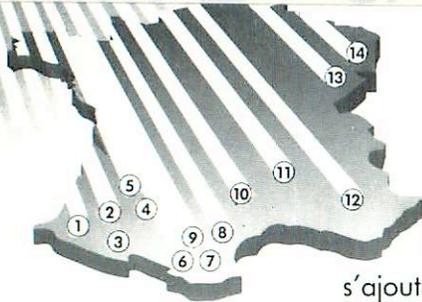


# La Presse Thermale et Climatique

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



# 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".

## CHAINE 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

### 14. PEHELBRONN (67)

Rhumatismes, Traumatismes



## 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

# 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 DUCHÊNE-MARULLAZ. — Professeur M. FONTAN. — Professeur GONIN. — GRISOLET, Ingénieur en chef de la Météorologie, Chef du Service d'Études Climatiques de la ville de Paris. — Professeur L. JUSTIN-BESANÇON, Membre de l'Académie de Médecine. — Professeur Cl. LAROCHE. — P. MOLINERY. — Professeur J. PACCALIN. — J. PASSA. — R. SOYER, Assistant au Muséum National d'Histoire naturelle. — 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 :** J. CANY, P. FLEURY. — **Biologie :** P. NEPVEUX. — **Cardiologie et Artériologie :** C. AMBROSI, J. BERTHIER, A. PITON. — **Dermatologie :** P. GUICHARD DES AGES. — **Études hydrologiques et thermales :** B. NINARD. — **Gynécologie :** Y. CANEL, G. BARGEUX. — **Hépatologie et Gastroentérologie :** G. GIRAULT, J. de la TOUR. — **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.

## 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 : 230 F ; Etudiants, CES : 120 F

ETRANGER : 285 F ; Etudiants, CES : 175 F

Prix du numéro : 74 F

# La Presse Thermale et Climatique

## SOMMAIRE

### Mémoires originaux

Isolement et purification de cyanobactéries provenant de la station thermale d'Amélie-les-Bains, par L. Codomier, J. Deruelles, R. Barrière .....	1
La pharmacologie clinique : un modèle pour l'étude scientifique du thermalisme ?, par J.L. Montastruc, P. Montastruc .....	5
Le traitement du psoriasis par les eaux thermales de la Mer Morte, par G.P. Husson, P. Choukroun .....	9
La température maximale tolérée par la peau pendant fangothérapie, par G. Vanderstraeten, J. Holvoet, M. Segers (Gand) .....	13
Etude d'une eau minérale naturelle oligométallique (eau de Volvic) sur l'élimination urinaire en milieu hospitalier, par H. Dabadie, J.F. Dartigues, M. Bernard, J. Paccalin ....	17

### SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'HYDROLOGIE ET DE CLIMATOLOGIE MÉDICALES

#### Séance du 8 décembre 1987

Compte rendu, par G. Girault .....	23
Les indices en bioclimatologie humaine, par E. Choissnel, I. Lilienthal .....	24
Protection physiologique des pilotes d'avions de transport contre le risque de décompression jusqu'à 45 000 ft, par H. Marotte, D. Lejeune, J.M. Clere, M. Kerguelen, H. Vieillefond ..	28
Evolution des catécholamines plasmatiques et de la réponse immunitaire lors d'un raid polaire, par G. Deklunder, C. Landault, P. Laurent .....	33
Environnement, espace et facteurs humains : orientations actuelles, par Cl. Bachelard, J. Rivolier .....	37
La thalassothérapie, par P. Obel .....	41
Thermalisme dans le monde : A propos du thermalisme mexicain, par S. Campenio, B. Garreau-Gomez, C. Garreau, R. Jean, C. Robin de Morhery .....	44
Livre .....	21
Informations .....	22, 45

# Isolement et purification de cyanobactéries provenant de la station thermale d'Amélie-les-Bains

L. CODOMIER \*, J. DERUELLES \* R. BARRIERE \*  
(Perpignan)

## INTRODUCTION

Les cyanobactéries sont les principaux organismes photosynthétiques à oxygène qui peuplent les eaux thermales à des températures variant entre 30° et 75° [2]. Une de ces espèces, *Phormidium uncinatum* (Agardh) Gomont, a été récoltée par Lefèvre dans les eaux thermales de Dax et Bagnères.

Une production (culture) en masse a été obtenue par cet auteur. Lefèvre et coll. [7] ont appliqué cette algue sur des plaies infectées qui ont cicatrisé. Lefèvre a pensé que des molécules qu'il appelle cyanostimulines excrétées par cette algue étaient responsables de la cicatrisation. Elles n'ont malheureusement pas pu être identifiées. Nous nous proposons d'isoler et de purifier les cyanobactéries récoltées à la station thermominérale d'Amélie-les-Bains, en vue de les produire en masse et d'en déterminer les potentialités thérapeutiques.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les cyanobactéries sont récoltées au griffon de la source Pascalone de la station thermominérale d'Amélie-les-Bains dont les eaux sont sulfurées sodiques d'après la classification de Jaltel [6]. L'eau s'écoule le long d'un petit mur de quelques centimètres de hauteur surplombant un bassin peu profond (10 cm environ) (fig. 1). Le pH de l'eau à l'émergence est de 8,5. La sélection des échantillons s'est faite en fonction de la température s'échelonnant de 44 °C à 31 °C.

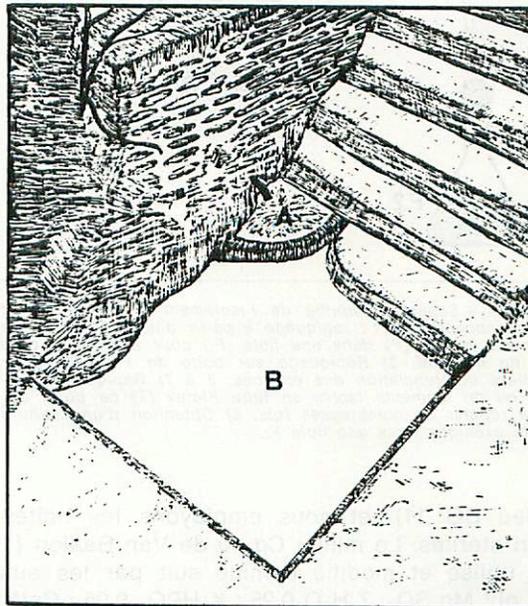


Fig. 1. — Source Pascalone (Amélie-les-Bains). A) Premier prélèvement de plancton au griffon (à la source même) température 44°. B) Deuxième prélèvement dans le petit bassin (température 31°).

L'observation microscopique des échantillons est réalisée au microscope Wild M20. Ces échantillons contiennent un certain nombre d'espèces appartenant à différents groupes taxonomiques : cyanobactéries, bactéries et autres sulfuraires (*Beggiatoa* sp) diatomées, paramécies et nématodes.

Pour isoler les cyanobactéries, nous utilisons le milieu minéral BG 11 décrit par Rippka et coll. [9] à pH 7,2, soit sous forme liquide pour les fioles erlenmeyers de 100 ml et les tubes à vis Kimax, soit solidifié à l'agar pour les boîtes de Pétri. Les fioles sont préalablement stérilisées (avec 40 ml de

\* Groupe de Recherches en Biologie et Chimie des Végétaux Marins, Université de Perpignan, 66025 PERPIGNAN CEDEX.

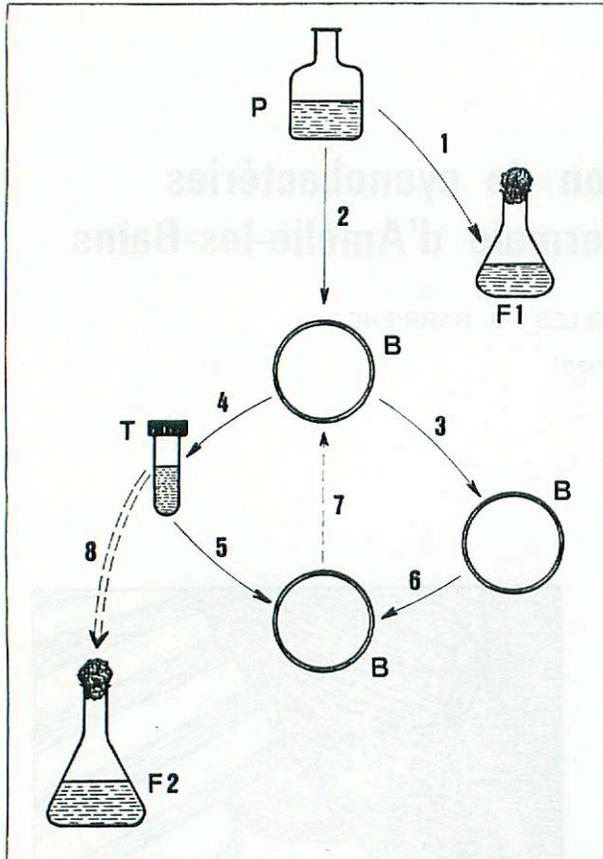


Fig. 2. — Schéma simplifié de l'isolement et de la purification des cyanobactéries. 1: repiquage à partir d'un échantillon de prélèvement in situ (P) dans une fiole (F1) pour assurer la conservation du matériel. 2) Repiquage sur boîte de Pétri (B) pour une première différenciation des espèces. 3 à 7) Repiquages de colonies ou de filaments isolés en tube Kimax (T) ou boîte de Pétri (B) à répéter de nombreuses fois. 8) Obtention d'une culture uniaalgale axénique dans une fiole F2.

milieu BG 11), et nous employons les boîtes de Pétri stériles. Le milieu Cg 10 de Van Baalen [12] a été utilisé et modifié comme suit par les auteurs (en  $g\ l^{-1}$   $Mg\ SO_4$ , 7  $H_2O$  0,25 ;  $K_2HPO_4$  0,05 ;  $Ca(NO_3)_2$  4  $H_2O$ , 0,025 ;  $NaNO_3$  1 ;  $Na_2\ EDTA$  0,01 ; acide citrique 0,006 ; citrate ammonium fer III, 0,006 ; glycylglycine 0,5 ; 1  $ml\ l^{-1}$  de microéléments (cf. milieu BG 11) ; pH 8,2.

Les cyanobactéries sont cultivées à une température de 37°, température intermédiaire entre les extrêmes relevées au griffon, dans une enceinte climatisée de marque Gallenkamp. L'éclairage est réalisé avec des tubes néon Philips TL 8W/33 made in UK. La photopériode est de 18-6, l'intensité lumineuse est de 500 à 1 000 lux.

Nous ensemençons les échantillons dans les fioles afin de les garder en réserve. Simultanément nous utilisons les boîtes de Pétri (fig. 2) pour séparer les lots d'espèces unicellulaires ou filamenteuses selon trois techniques d'isolement bactériologique classique déjà décrites par Rippka et coll. [9] (fig. 3).

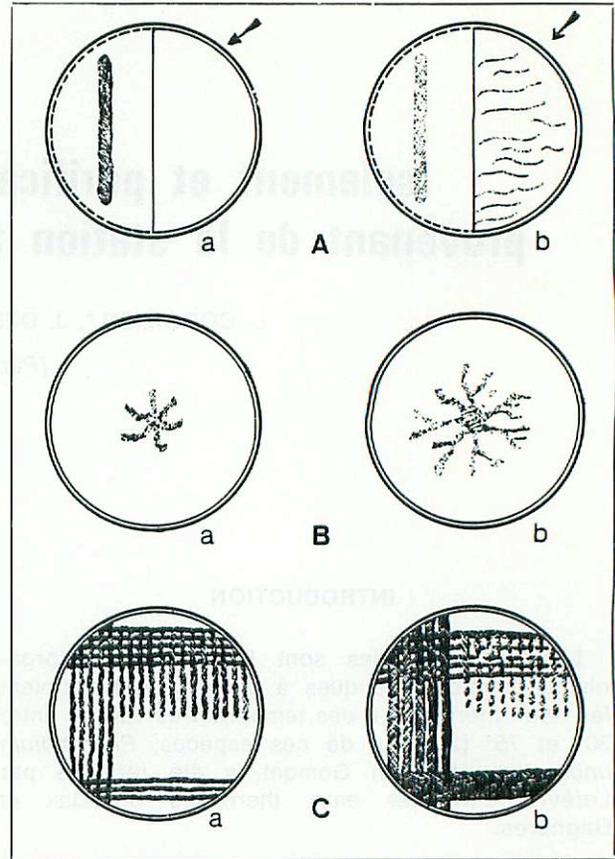


Fig. 3. — Différentes techniques d'isolement de cyanobactéries sur boîtes de Pétri. A) Phototaxie (cyanobactéries mobiles). La flèche indique la provenance de la lumière ; a) inoculum de départ masqué par un cache ; b) après quelques heures d'incubation, les filaments sont sortis de la zone cachée. B) Isolement classique de cyanobactéries mobiles ; a) inoculum de départ au centre de la boîte ; b) après quelques jours d'incubation les filaments envahissent la boîte de Pétri. C) Isolement pour les cyanobactéries unicellulaires ou filamenteuses peu ou pas mobiles ; a) stries de départ ; b) après quelques jours d'incubation, des colonies isolées se sont formées dans le dernier quart de la boîte de Pétri.

Nous observons chaque jour à la loupe bino-culaire la croissance des cyanobactéries dans les boîtes de Pétri, jusqu'à l'apparition de colonies séparées (espèces unicellulaires ou filamenteuses immobiles) ou de filaments isolés (espèces filamenteuses mobiles). Nous repiquons alors la colonie ou le filament dans un tube à vis ou dans une nouvelle boîte de Pétri.

Après de nombreux repiquages (fig. 2, de 3 à 7), nous obtenons d'abord une culture uniaalgale et ensuite axénique d'une espèce donnée.

## RÉSULTATS

L'identification des espèces est due à Monsieur Bourrelly, Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle à Paris. Les ouvrages systématiques consultés sont ceux de Starmach [10] et de Bourrelly [1].

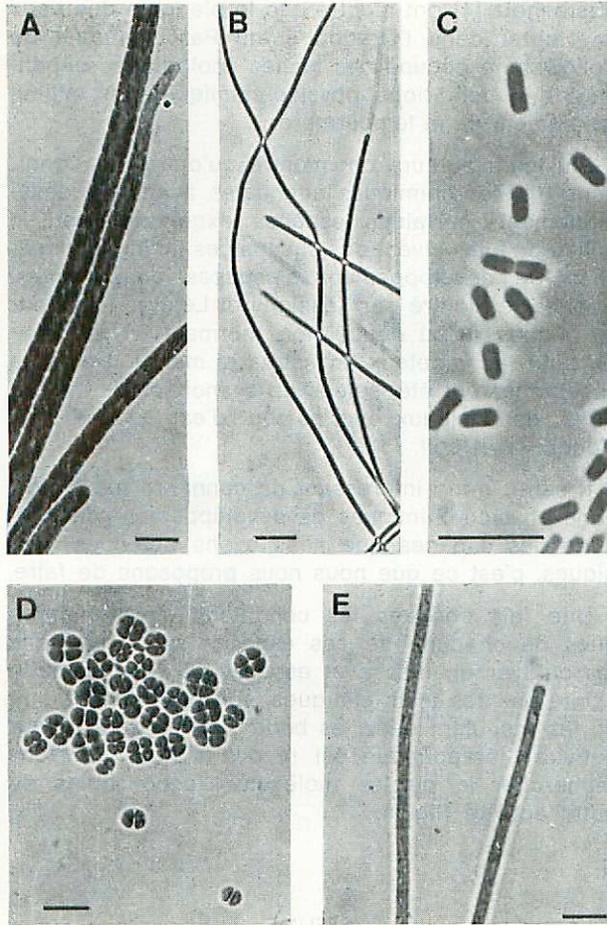


Fig. 4. — Aspects des cinq espèces purifiées ou en voie de l'être. A) *Oscillatoria terebriformis*; B) *Phormidium valderianum*; C) *Synechococcus elongatus*; D) *Chroococcus membraninus*; E) *Phormidium purpurascens*; échelle 10  $\mu\text{m}$ .

Six espèces ont été isolées de ce plancton thermal (fig. 4). Quatre ont été purifiées et sont axéniques : *Phormidium valderianum* Gomont, *Oscillatoria terebriformis* Gomont, *Phormidium purpurascens* (Kützing) Gomont, *Chroococcus membraninus* (Menegh.) Näg. Une espèce est en voie de purification : *Synechococcus elongatus* Naegeli. Une espèce isolée au tout début de la culture a disparu en cours de purification : *Oscillatoria curviceps* Gomont.

Parmi ces six espèces, deux sont issues du griffon où la température de l'eau est de 44° : ce sont *Oscillatoria terebriformis* et *Oscillatoria curviceps*, quatre sont issues de ce griffon au point de contact de l'eau d'écoulement et du bassin de retenue où la température est de 31°. Ce sont *Phormidium valderianum*, *Synechococcus elongatus*, *Phormidium purpurascens*, *Chroococcus membraninus*.

Parmi ces six espèces, trois sont des espèces dominantes appelées majoritaires : *Phormidium val-*

*derianum*, *Oscillatoria terebriformis*, *Oscillatoria curviceps*. Trois de ces espèces (appelées minoritaires) sont apparues 10 jours à 1 mois après la mise en culture, ce sont : *Synechococcus elongatus*, *Phormidium purpurascens*, *Chroococcus membraninus*.

Depuis que *Phormidium valderianum* et *Phormidium purpurascens* ont été purifiées ces dernières ne se développent qu'en milieu Cg 10.

Nous avons donc pu suivre le développement de cinq d'entre elles. Outre les caractéristiques microscopiques décrites par Burrelly [1] et Starmach [10], nous donnerons l'aspect macroscopique qu'elles présentent en fiole et en boîte de Pétri, aspects nouveaux et caractéristiques.

*Oscillatoria terebriformis* est une algue filamenteuse verte (diamètre des cellules 6 à 7  $\mu\text{m}$ ) très mobile, se présentant en milieu liquide sous forme d'une plage vert franc flottant à la surface de l'eau ou accolée aux parois de la fiole. En milieu solide, elle recouvre toute la boîte de Pétri en émettant des filaments qui s'incurvent pour former de petits cercles visibles à l'œil nu et migrant dans la gélose.

*Phormidium valderianum* est aussi une algue filamenteuse de couleur verte, mais de plus faible diamètre (1 à 2  $\mu\text{m}$ ) et peu mobile. En milieu liquide, elle se présente en plage vert pâle fixée ou flottante. En milieu solide, elle recouvre la boîte de Pétri en plage uniforme.

*Phormidium purpurascens* est aussi une algue filamenteuse de diamètre 4 à 5  $\mu\text{m}$ , mais de couleur marron. En milieu liquide, elle se présente en voile marron fixé ou flottant. En boîte de Pétri elle forme une plage marron recouvrant progressivement toute la boîte de Pétri.

*Chroococcus membraninus* est une espèce se présentant au microscope en unités globuleuses de plusieurs cellules (3 à 4, diamètre des cellules 2 à 3  $\mu\text{m}$ ) entourées d'une paroi; ces masses globuleuses sont vertes et immobiles. En milieu solide, elle forme des colonies visibles à l'œil nu.

*Synechococcus elongatus* est une espèce se présentant au microscope sous forme de bâtonnets (diamètre des cellules 1 à 1,5  $\mu\text{m}$ ) dépourvus de gaine, et parfois groupés par deux après une division transversale. Cette espèce est de couleur verte et immobile. En milieu liquide elle se présente sous forme de très petites colonies vertes à peine visibles colorant uniformément le milieu. En milieu solide, elle forme de petites colonies visibles à l'œil nu, recouvrant progressivement toute la boîte de Pétri.

## DISCUSSION

A notre connaissance, aucun travail d'isolement et de purification de cyanobactéries d'eau thermique française n'a été réalisé jusqu'à ce jour. Lefèvre a certes cultivé une espèce d'eau thermique *Phormi-*

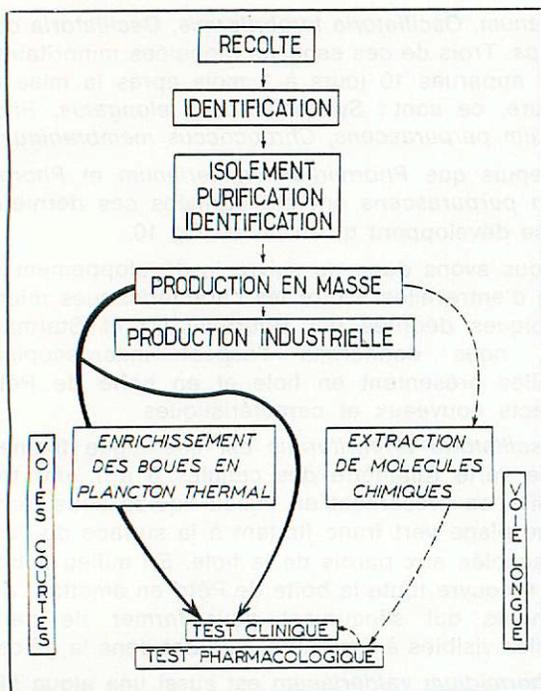


Fig. 5. — Schéma résumant les différentes étapes à suivre pour démontrer l'incidence thérapeutique des cyanobactéries du plancton thermal.

*dium uncinatum* de la station de Dax, mais elle n'était pas axénique.

Les cyanobactéries d'eau thermale, se développent à des températures variant entre un minimum et un maximum. Elles sont dominantes lorsque la température de développement est optimum. C'est pourquoi au fur et à mesure des repiquages nous avons isolé d'autres espèces qui étaient présentes mais ne pouvaient se développer concurrencées qu'elles étaient par les premières.

Sur le plan écologique des études effectuées sur les eaux chaudes des Etats-Unis par Brock [3] et

Castenholz [4] ont montré que le plancton des eaux de Hunter dans l'Oregon et du Parc National de Yellowstone occupe des niches écologiques dépendant des conditions physico-chimiques du milieu, notamment de la température.

Plusieurs auteurs ont montré qu'outre les conditions physico-chimiques adéquates à un bon développement, certaines espèces excrètent dans le milieu où elles vivent des substances toxiques empêchant le développement d'espèces concurrentes. Ceci a été montré par Tassigny et Lefèvre [11] pour les algues d'eau douce non thermale et par Rice [8] pour les végétaux terrestres et marins. De telles substances ont été isolées de cyanobactéries vivant dans des milieux marins ou d'eau douce (cf. Codomier et coll. [5]).

Il serait donc intéressant de connaître les conditions physico-chimiques de développement de chacune des espèces que nous avons obtenues axéniques, c'est ce que nous nous proposons de faire.

Une fois connues les conditions physico-chimiques de chacune de ces espèces, nous pourrions les cultiver en masse et essayer de voir leur efficacité par des tests cliniques, soit directement, soit en les inoculant dans les boues. Après quoi si leur activité thérapeutique est reconnue nous pourrions rechercher la ou les molécules responsables de cette activité (fig. 5).

## RESUME

Six espèces de cyanobactéries ont été isolées du plancton thermal (entre 31 et 44 °C) de la station d'Amélie-les-Bains. Quatre ont été purifiées : *Phormidium valderianum* Gomont, *Oscillatoria terebriformis* Gomont, *Phormidium purpurascens* (Kützing) Gomont, *Chroococcus membraninus* (Menegh.) Næg.

Une espèce est en voie de purification *Synechococcus elongatus* Naegeli et une autre a disparu au cours des repiquages : *Oscillatoria curviceps* Gomont.

## REFERENCES

- Bourrelly P. — *Les algues d'eau douce (III)*. Paris, Editions N. Boubée 1970 (512 p.).
- Brock T.D. — Life at high temperature. *Science*, 1967, 158, 1012-9.
- Brock T.D. — The biology of the blue green algae. In : Carr. N.G., Whitton B.A., *Botanical monographs*, vol. 9, pp. 487-500. Oxford, Londres, Blackwell scientific publications, 1973.
- Castenholz R.W. — The biology of the blue green algae. In : Carr. N.G., Whitton B.A. *Botanical monographs*, vol. 9, pp. 379-414. Oxford, Londres, Blackwell scientific publications, 1973.
- Codomier L., Francisco C. — Les potentialités thérapeutiques des Cyanobactéries du plancton thermal. *Presse therm. clim.*, 1987, 124, 135-137.
- Jaltel M. — *La santé par les eaux. 2000 ans de thermalisme. L'instant durable*, pp. 1-174. Soprep Diffusion, 1983.
- Lefèvre M., Laporte G., Flandre O. — Cyanostimulines et cicatrisation. In : *Colloque du CNRS*, 1965, pp. 217-227.
- Rice. — Allelopathy and update. *Botan. rev.*, 1979, 45, 65-70.
- Rippka R., Waterbury J., Stanier R. — Isolation and purification of cyanobacteria. Some general principles. In : M.P. Starr, H. Stolp, H.G. Trüper, A. Balows, H.G. Schlegel, *The prokaryotes*, pp. 212-218, Berlin, Springer-Verlag, 1981.
- Starmack K. — Cyanophyta-sinice glaucophyta-glaucophyta. *Flora Słodkow. Polski 2. Polsk. Ak. Nauk. Inst. Bot.*, Warszawa, 1966.
- Tassigny M., Lefèvre M. — Auto-hétéroantagonisme et autres conséquences des excréments d'algues d'eau douce ou thermale. *Mit. Internat. Verein. Limnol.*, 1971, 19, 26-38.
- Van Baalen C. — Further observations on growth of single cells of coccoid blue green algae. *J. Phycol.*, 1967, 3, 154-157.

# La pharmacologie clinique : un modèle pour l'étude scientifique du thermalisme ?

J.L. MONTASTRUC, P. MONTASTRUC

(Toulouse)

Selon l'article C 511 du Code de la Santé Publique, « on entend par médicament toute substance ou composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales ainsi que tout produit pouvant être administré à l'homme ou à l'animal en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier leurs fonctions organiques ». La pharmacologie clinique participe à toutes les phases d'évaluation clinique du médicament. Son nécessaire développement procède de l'obligatoire évaluation des différences pharmacologiques ou toxicologiques entre les études expérimentales menées chez l'animal et les effets observés chez l'homme. De ce fait, l'étude des nouveaux médicaments exige une méthodologie nouvelle, objet de la pharmacologie clinique, pour une recherche systématique de preuves scientifiques convaincantes. Dans cette revue, nous discuterons l'application des règles et des méthodes de la pharmacologie clinique à l'étude du thermalisme chez l'homme sain ou malade (« hydrologie clinique »).

## ÉTAPES DE L'ÉTUDE D'UN MÉDICAMENT

Selon la classification américaine de la Food and Drug Administration [10, 11, 12], on divise l'étude clinique des médicaments en quatre phases qui succèdent à l'expérimentation animale.

### Phase 1

Elle comprend les toutes premières administrations à l'homme pour déterminer la dose minimale active (but pharmacodynamique), les paramètres pharmacocinétiques du nouveau produit (but pharmacocinétique) et la caractérisation des effets indésirables et toxiques à court terme (études dites

de « tolérance »). Elle permet aussi une première approche des interactions médicamenteuses. Cette phase 1 est codifiée depuis peu en France. Elle se conduit habituellement chez le volontaire sain en raison de la méconnaissance totale des effets du nouveau produit chez l'homme. Cette règle ne souffre que quelques exceptions comme les produits toxiques, les anticancéreux par exemple. La phase 1 permet donc une première caractérisation des effets de la substance (ce n'est pas encore un « médicament ») chez l'homme.

### Phase 2

Durant cette étape, l'intérêt thérapeutique de la substance s'évalue au cours d'essais rigoureux, sur de petits échantillons de malades, aussi homogènes que possible, avec des administrations limitées dans le temps. Les effets pharmacologiques du produit s'apprécient lors d'études « ouvertes » (phase 2 a) ou « comparatives » contre placebo ou substance de référence (phase 2 b).

### Phase 3

C'est la grande phase des essais cliniques. Il s'agit maintenant d'étudier les propriétés thérapeutiques du produit pharmaceutique sur de larges effectifs (plusieurs centaines de sujets) et sur des durées prolongées. La réalisation d'essais de phase 3 nécessite des essais multicentriques nationaux et internationaux.

Les études de la phase 3 se conduisent en « essais contrôlés » soit contre placebo (lorsqu'il n'existe pas de médicament dont l'efficacité clinique soit prouvée dans la même classe thérapeutique) soit contre substances de référence lorsqu'il s'agit de prouver l'efficacité voire la supériorité du nouveau produit étudié sur ceux déjà commercialisés. En effet, seule une **méthodologie rigoureuse** permet d'exclure la subjectivité de l'expérimenta-

Institut d'Hydrologie et de Climatologie Médicales et Laboratoire de Pharmacologie Médicale et Clinique, Faculté de Médecine, 37, allées Jules-Guesde, 31073 TOULOUSE CEDEX.

tion (et du malade !) et de démontrer clairement l'action thérapeutique du futur médicament. Les essais « en ouvert » seront donc exclus et remplacés par des études « randomisées » (on tire au sort par exemple des malades recevant le produit actif ou le placebo) réalisées « en double aveugle » (ni le médecin ni le malade ne connaissent le traitement reçu) ou parfois seulement en « simple aveugle » (seul le médecin connaît le type de traitement administré, produit actif ou placebo). On peut séparer les malades en deux groupes parallèles (l'un recevant le produit actif et l'autre le placebo) ou utiliser la procédure de « cross-over » (chaque sujet recevant alternativement le produit actif puis le placebo dans un ordre aléatoire)... L'évaluation finale de l'effet du médicament fait appel aux techniques statistiques les plus sophistiquées. La nécessité d'établir le profil thérapeutique mais aussi pharmacocinétique du produit conduit à l'évaluer sur des populations variées de malades chez qui l'intensité de la pathologie n'est pas la même ou dont la pathologie associée, insuffisance rénale ou hépatique par exemple, est susceptible d'en modifier les taux sanguins, les effets, voire l'acceptabilité et donc la posologie.

A la fin de cette phase 3, le laboratoire pharmaceutique rédige un épais dossier soumis aux autorités administratives qui décident après consultation de commissions de spécialistes de l'autorisation de mise sur le marché (AMM) : le produit pharmaceutique est devenu un « médicament ».

#### Phase 4

Cette phase débute dès l'autorisation de mise sur le marché. Des années durant, elle doit chercher à :

- recenser les effets indésirables et connaître les interactions médicamenteuses fâcheuses établissant ainsi les critères d'inocuité : c'est le but de la pharmacovigilance [2] ;
- vérifier, affiner et éventuellement étendre ou restreindre les indications thérapeutiques : phase de vérification thérapeutique [11] ;
- suivre la consommation des produits en fonction de la prescription médicale, de la tendance consumériste ou non, des caractéristiques des populations, de la logique des essais préalables, des informations de la pharmacovigilance, de la pression commerciale... C'est là l'objet de la pharmacologie épidémiologique, nouvelle branche de la pharmacologie clinique [8].

### LES ESSAIS CLINIQUES DES EAUX THERMALES

Lors des premières étapes du développement, les effets sur l'homme du médicament industriel restent méconnus. Le « médicament thermal » possède

au contraire des effets cliniques connus ou appréhendés de façon empirique. Cependant, les différentes phases des essais cliniques peuvent s'appliquer en crénothérapie. Nous allons essayer de décrire ce que pourraient être les phases d'étude d'une eau thermale.

#### Phase 1

Elle envisage les effets du médicament chez un sujet sain. En crénothérapie une phase identique pourrait étudier le métabolisme et la tolérance de l'eau sur des sujets sains. Cette phase serait évidemment primordiale pour des sources nouvellement captées dont on veut éprouver les possibilités thérapeutiques. Mais, la majorité des eaux étant connues depuis longtemps, les effets secondaires s'avèrent en général décrits de façon empirique. Néanmoins, le thermalisme gagnerait en crédibilité si on acceptait de pratiquer des essais sur les sujets sains. On sait par exemple que l'eau soufrée de certaines sources peut provoquer chez les curistes des troubles digestifs bénins mais bien réels. Si par exemple, on pouvait établir des relations entre la concentration de soufre et l'importance des troubles digestifs chez le sujet sain, il serait possible par la suite d'adapter la quantité et la variété d'eau soufrée. Le problème des crises thermales pourrait également trouver un bénéfice dans l'expérimentation chez le sujet sain. Ces crises sont connues de manière empirique chez le malade, ou chez l'animal de laboratoire, mais il existe peu de données sur l'effet cumulatif des pratiques thermales chez un sujet sain [9].

Nous avons vu que cette phase permettait également de tester les interactions du produit étudié avec d'autres médicaments. En crénothérapie, le problème des interactions se pose pour chaque patient. Il pourrait être intéressant, par exemple, de savoir si les effets de l'eau thermale sont modifiés par la prise chronique de médicaments (anti-inflammatoires, corticoïdes, antidiabétiques...) [9]. Quelques essais cliniques chez le volontaire sain ont cependant été développés le plus souvent pour étudier l'activité des eaux minérales sur la diurèse. En comparant en milieu hospitalier, dans des conditions rigoureuses (double insu) trois types d'eau embouteillées (eau de distribution, eau oligométallique et eau sulfatée calcique), on a pu démontrer l'indiscutable supériorité des effets excrétoires des deux eaux d'indication diurétique par rapport à l'eau d'abduction [1].

#### Phase 2

La phase 2 existe depuis longtemps pour les eaux thermales puisque la plupart des essais en crénothérapie s'effectuent « en ouvert ». Mais, en raison de la durée, du faible effectif de malades et d'une méthodologie encore trop sommaire (beau-

coup d'essais de phase 2 s'avèrent en pharmacologie comme en hydrologie beaucoup trop subjectifs), la phase 2 ne saurait être considérée comme définitive ou décisive. Elle possède seulement une valeur d'orientation et ses conclusions ne s'avèrent jamais définitives. Cette phase 2 reste néanmoins indispensable puisqu'elle permet d'établir la posologie du médicament utilisée lors de la phase 3. Les posologies ou les règles d'administration de toutes les eaux thermales sont-elles définies de façon certaine ou empirique ?

### Phase 3

En pharmacologie, elle étudie et définit les indications, contre-indications et modalités pratiques d'utilisation du nouveau médicament. Ses conclusions s'avèrent fiables, en raison de l'utilisation d'une méthodologie rigoureuse. L'application de celle-ci pose, par contre, de nombreux problèmes en crénothérapie puisque sur les lieux de cure (mais pas en milieu extérieur, hospitalier par exemple) toute étude en double insu reste très difficilement réalisable. La notion même d'essai comparatif doit être discuté [3, 4]. En effet, en médecine thermale, il peut être difficile d'utiliser un placebo d'eau minérale [3, 4]. Ce type d'essai ne s'avère cependant pas irréalisable puisqu'il est possible de comparer après tirage au sort les effets du traitement thermal au médicament (ou pratique thérapeutique) de référence. Plusieurs techniques ont été proposées : ne soumettre les patients qu'un jour sur deux à la pratique crénotherapique ; les traiter tantôt le matin, tantôt l'après-midi ; comparer les effets de la cure thermale avec les résultats obtenus conjointement dans un centre de convalescence hors de la station thermale ; utiliser une pratique thermale tronquée, dans sa durée, son intensité, sa température [3]. Des règles pour la construction des essais en crénothérapie ont été édictées. Malgré ces difficultés, il faut souligner l'impérieuse nécessité de ces méthodologies en recherche crénotherapique. Finalement, en hydrologie comme en pharmacologie clinique, « deux cents malades sans tirage au sort sont moins démonstratifs que deux lots de quinze malades tirés au hasard » [4].

### Phase 4

Cette dernière étape concerne tout d'abord la pharmacovigilance, c'est-à-dire la surveillance et le recueil des effets secondaires. Il existe quelques exemples en crénothérapie en dehors du problème déjà discuté des crises thermales. Récemment, des observations de fluorose osseuse secondaire à l'ingestion prolongée d'eau de Vichy Saint-Yorre ont été rapportées et imputées [5]. Ces observations ont conduit l'Académie de Médecine (à l'instar de la Commission de Pharmacovigilance) à recommander l'inscription de la teneur en fluor sur les étiquettes de bouteilles de Vichy Saint-Yorre et Vichy Célestins [6]. On pourrait proposer que les effets adverses de la crénothérapie soient déclarés systématiquement aux Centres Régionaux de Pharmacovigilance, afin que la notion de fréquence réelle de ces complications soit évaluée...

Plusieurs enquêtes thérapeutiques ont envisagé l'intérêt à moyen et long terme des cures thermales en évaluant le suivi médical après la cure, le nombre d'actes médicaux, l'absentéisme, la consommation médicamenteuse [1]... Parmi les études les plus récentes, citons le suivi de cohorte de 3 000 curistes thermaux sur trois cures effectué par la Commission de Concertation Thermale, la Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés et la Fédération Thermale et Climatique Française. On peut cependant regretter que ce type d'enquête n'ait pas été comparatif.

### CONCLUSION

Même si les eaux minérales ne sont pas des « médicaments », au sens strict du terme, elles doivent désormais être considérées et étudiées comme telles. Il nous paraît hautement souhaitable que les Services de Pharmacologie Clinique rompus aux méthodologies d'étude des médicaments participent à l'évaluation rigoureuse des pratiques thermales.

#### Remerciements :

Les auteurs remercient Madame Giralt pour la mise en page du manuscrit.

#### REFERENCES

1. Aupy G., Canellas J., Paccalin J. — Thermalisme. *Encycl. méd. chir.*, Thérapeutique, 1987, 25975A10, 4-12-03 (14 p.).
2. Begaud B., Eureux J.C.I. — Etude des effets indésirables des médicaments. *Sem. Hôp. Paris*, 1986, 62, 1531-1541.
3. Besançon F., Lamarche M. — Essai de méthodologie en Hydrologie Clinique. *Ann. Institut. Hydrol. Clim.*, 1977, 47, 9-18.
4. Besançon F. — Modalités de tirage au sort dans l'évaluation de la thérapeutique thermale. *Press. therm. clim.*, 1981, 118, 103-105.
5. Boivin G., Chavassieux P., Chapuy M.C., Baud C.A., Meuniez P.J. — Profil histomorphométrique de la fluorose osseuse induite par l'ingestion prolongée d'eau de Vichy Saint-Yorre. Comparaison avec le taux de fluor osseux. *Sem. Hôp. Paris*, 1986, 34, 33-39.
6. Cottet J., Desgrez P. — Sur l'incidence croissante des fluoroses osseuses secondaires à l'ingestion prolongée d'eau de Vichy Saint-Yorre. *Bull. Acad. Natl. Med.*, 1987, 171, 27-28.
7. Cuvelier R. — Méthodes d'appréciation des effets de la crénothérapie. *Presse therm. clim.*, 1970, 107, 129-134.
8. Laporte J.R., Tognoni G. — *Principios de epidemiologia del medicamento*. Barcelone, Salvat SA, 1983, (1 vol., 249 p.).
9. Pucheu J.F. — *Réflexions sur l'approche scientifique du traitement thermal*. Mémoire pour l'Attestation Nationale d'Hydrologie et de Climatologie Médicales, Toulouse, 1987 (1 vol. 80 p.).
10. Spriet A., Simon P. — *Méthodologie des essais cliniques des médicaments*. Paris, Prospective Médicale, 1980 (1 vol., 229 p.).
11. Spriet A., Inbs J.L. — Essais cliniques de Phase 4. *Sem. Hôp. Paris*, 1987, 63, 47-49.
12. U S Government Printing Office. *General consideration for the clinical evaluation of drugs*. Washington, 1977.

# DES SOURCES D'ENERGIE POUR UNE SANTE DE FER

PTC

**CAPVERN**

REINS - FOIE  
Vésicule biliaire  
Nutrition  
Rhumatologie  
Piscine de mobilisation  
neuve  
LA DOUCEUR DES PLAINES

**CAUTERETS**

ORL  
Voies respiratoires  
Rhumatismes  
Etablissements neufs  
LA MONTAGNE SAUVAGE

**ROCHFORT SUR MER**

RHUMATOLOGIE  
Phlébologie  
Dermatologie  
2 Etablissements neufs  
"L'empereur" et "Colbert"  
LE SOUFFLE DE L'OCEAN



**EUROTHERMES**

Nom ..... Prénom .....

Adresse .....

Code postal ..... Ville .....

CAPVERN 65130  CAUTERETS 65110  ROCHFORT/MER 17300

## 21 JOURS POUR RENAÎTRE

EUROTHERMES  
168, rue du Faubourg St-Honoré. 75008 PARIS

# 36-15 THERM

## CURES ET STATIONS FRANÇAISES

### expliquées aux malades

**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

# Le traitement du psoriasis par les eaux thermales de la Mer Morte

G.P. HUSSON, P. CHOUKROUN

## INTRODUCTION

Le thermalisme possède une longue histoire et subsiste toujours parmi la gamme des différentes thérapeutiques, il jouit même actuellement, d'un renouveau d'intérêt.

C'est pourquoi nous avons voulu nous intéresser au traitement d'une dermatose difficilement guérissable, le psoriasis, par certaines eaux thermales, comme celles, en particulier, de la Mer Morte en Israël [7].

## SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La Mer Morte, qui a une frontière commune avec la Jordanie, tient son originalité dans le fait qu'elle se situe à moins quatre cent mètres sous le niveau des mers, altitude par ailleurs unique au monde. A cause de cela son air est plus riche en oxygène de 10 p. cent par rapport à la normale, la pluviosité est minimale et l'évaporation au contraire maximale.

Si c'est seulement au 20<sup>e</sup> siècle, que toutes les sources autour du lac salé furent connues et étudiées, permettant ainsi la création de centres thermaux, c'est dès l'époque de la Bible que l'on trouve les premiers témoignages des propriétés particulières accordées à ces eaux (fig. 1).

## HYDROGÉOLOGIE DU SITE THERMAL DE LA MER MORTE

Au niveau géologique on se trouve dans une région de failles et dans une zone où s'intercalent

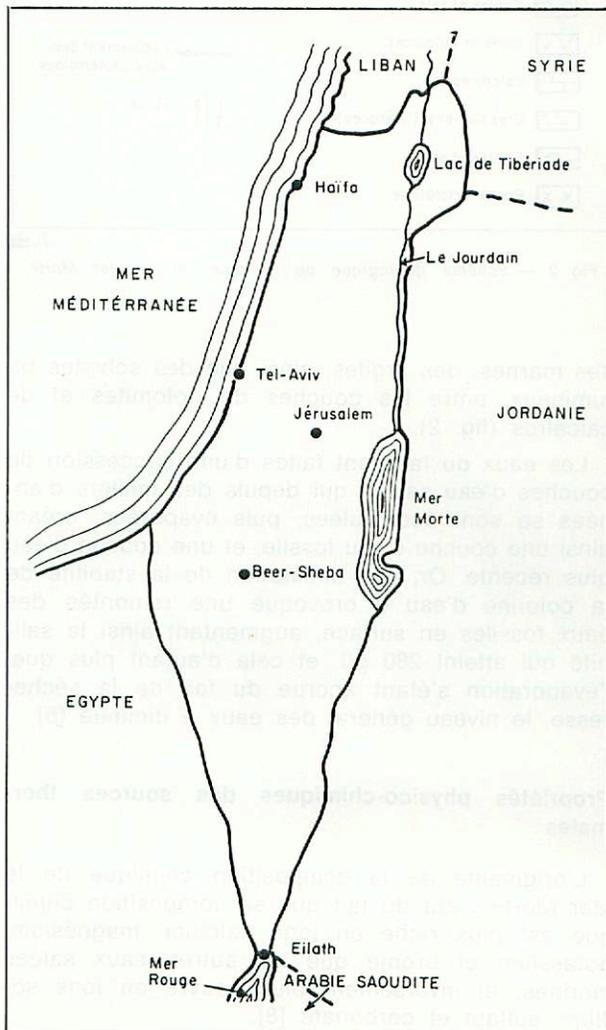


Fig. 1. — Situation géographique de la Mer Morte.

Faculté de Pharmacie, Laboratoire d'Hydrologie, 4, avenue de l'Observatoire, 75270 PARIS.

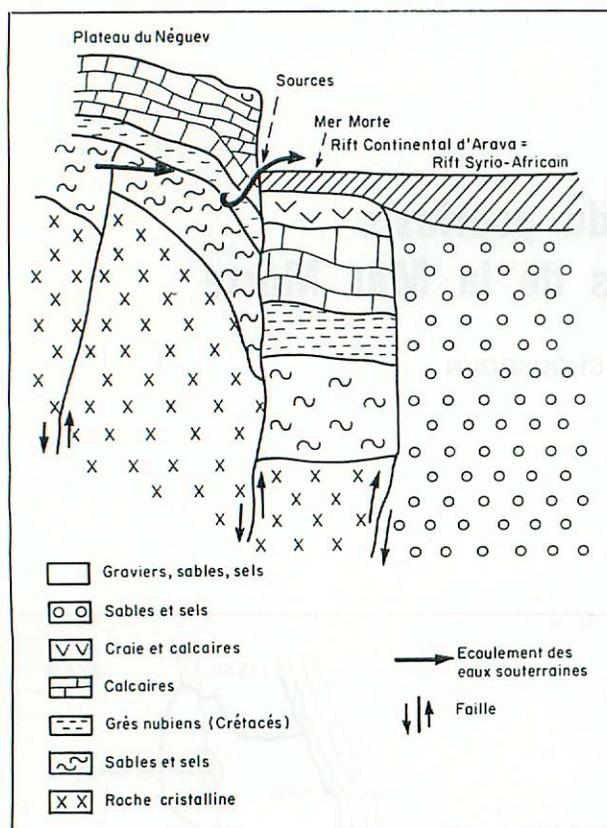


Fig. 2. — Schéma géologique de la zone de la Mer Morte.

des marnes, des argiles, ainsi que des schistes bitumineux, entre les couches de dolomites et de calcaires (fig. 2).

Les eaux du lac sont faites d'une succession de couches d'eau salées qui depuis des milliers d'années se sont accumulées, puis évaporées, créant ainsi une couche d'eau fossile, et une couche d'eau plus récente. Or, une diminution de la stabilité de la colonne d'eau a provoqué une remontée des eaux fossiles en surface, augmentant ainsi la salinité qui atteint 280 g/l, et cela d'autant plus que, l'évaporation s'étant accrue du fait de la sécheresse, le niveau général des eaux a diminué [5].

### Propriétés physico-chimiques des sources thermales

L'originalité de la composition chimique de la Mer Morte vient du fait que sa composition chimique est plus riche en ions calcium, magnésium, potassium et brome que les autres eaux salées marines, et inversement plus pauvre en ions sodium, sulfate et carbonate [8].

De nombreuses recherches ont amené à penser que la plupart des sels sont apportés au lac, non

TABLEAU I. — Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la Mer Morte et des sources avoisinantes.

Caractéristiques physico-chimiques	Mer Morte	Hameï-Yesha	Zohar	Ein-Nouit	Ein-Boqeq
Température	26,5°	40,5°	28°	39°	28°
pH	8,3	6,4	6,1	6,5	6,3
Densité g/cm <sup>3</sup>	1,38	1,17	1,08	1	1,38
Radon MmCu/l	2.10 <sup>-1</sup>	3,5.10 <sup>-3</sup>	6.10 <sup>-6</sup>		1,9.10 <sup>-7</sup>
Chlorures mg/l	212,400	117,530	35,509	2 018	257,240
Bromures mg/l	5,120	2,206	770	4,9	6,495
Bicarbonates mg/l	220	142	185,5	204,2	376,1
Sulfates mg/l	470	1 060	677,5	1 687	305,3
Sodium mg/l	39,150	27,800	8,595	1,212	12,520
Potassium mg/l	7,260	3,500	825	59,2	10,600
Calcium mg/l	16,800	10,300	3,600	606	23,023
Magnésium mg/l	40,650	18,700	5,830	130	64,666
Strontium mg/l		204	3,600	5	540

pas par le Jourdain, mais par les sources et les eaux d'infiltration locales [5].

Quatre sources principales bordent le lac, ce sont : Hameï-Yesha, Hameï-zohar, Ein-Nouit, Ein-Boqeq [6].

Dans le tableau I se trouvent rassemblées les principales données physiques des sources précédemment citées ainsi que celles de la Mer Morte. Cela permet de noter que ce sont donc des eaux thermales et hyperthermales (26° à 43°), très minéralisées, à pH acide et à forte concentration en sels minéraux (sensiblement 330 g/l), ce sont essentiellement des chlorures de calcium, de sodium, de magnésium et de potassium, ainsi que de bromures.

La radioactivité est présente dans les eaux des sources et dans celle de la Mer Morte sous forme de radon 222 et de radium 226, cependant à une plus forte teneur dans les eaux de la Mer Morte.

La concentration élevée en sels de ces eaux thermales permet de les qualifier d'eaux hyperminérales chlorurées. Il est à noter que les eaux d'Ein-Boqeq sont chlorosulfatées et que celles de Hameï-Yesha sont chlorurées soufrées.

D'autre part, des gaz sous forme de gaz carbonique et d'anhydride sulfureux sont présents partout, sauf à Ein-Boqeq.

Enfin la haute teneur en chlorures (212 g/l) de la Mer Morte provoque l'absence de végétaux et d'animaux dans ces eaux ; cependant en 1936, B. Elazari-Volcani [8] a établi la présence d'une algue verte, *Dunaliella*, qui s'adapte au milieu hypersalin en synthétisant du glycérol qui permet à la pression osmotique intérieure d'augmenter, s'opposant ainsi à la pénétration des sels.

Des bactéries aérobies et halotolérantes (tolérantes aux halogènes) ont été observées, mais seu-

lement dans la partie Nord de la Mer Morte, là où les eaux sont mélangées à celles, moins minéralisées du Jourdain.

### Les rayonnements solaires au niveau de la Mer Morte

Après avoir traversé les couches atmosphériques habituelles, les rayonnements ultra-violetts vont se trouver face à une couche d'air supplémentaire due à l'évaporation de l'eau au-dessus du lac. Grâce à cette couche d'air supplémentaire, les rayons ultra-violetts C, dangereux (230 à 290 nm) et ultra-violetts B (290 à 320 nm) verront leur intensité notablement diminuée, alors que les rayons ultra-violetts A arriveront plus facilement au niveau de la Mer Morte. Or, ce sont ces rayons ultra-violetts A, qui sont le plus bénéfiques pour la peau de l'Homme et ne provoquent pas de brûlures dans des conditions normales d'exposition. Ces rayons participeront donc également à la thérapeutique du psoriasis [4].

### Le traitement du psoriasis à la Mer Morte

Le thermalisme est un des moyens du traitement du psoriasis dans les centres thermaux de la Mer Morte, mais on l'associe étroitement à l'héliothérapie, à cause de la bonne influence des rayonnements ultra-violetts A, plus intenses en ce lieu, et encore accru d'avantage par la présence des solutions salines.

Si la cure interne n'est pas le principal élément du traitement, en revanche la cure externe est le principe fondamental de la Mer Morte. L'eau va en effet agir en ayant un pouvoir stérilisant, désinfectant, décongestionnant mais aussi bactéricide. L'utilisation de la cure externe va se faire selon une seule méthode : les bains qui seront associés éventuellement à des boues (abondantes notamment à Ein-Boqeq). Ainsi l'immersion dans les bains va causer trois stimulations : thermale, mécanique et chimique. La vasodilatation, due à la température des eaux, la résistance aux mouvements, due aux eaux hypersalines, le contact de la peau malade avec les solutions très riches en sels, vont faire que peu à peu la peau du malade retrouve un aspect sain.

Toutes les formes cliniques du psoriasis sont traitées à la Mer Morte : les formes étendues et les formes graves qui nécessitent une hospitalisation, forme érythrodermique, forme pustuleuse, forme généralisée. Le rhumatisme psoriasique est aussi une indication fréquente ; les bains et les phénomènes de flottaison entraînent des mouvements plus amples de l'articulation, ce qui facilite la guérison [2].

La cure va se dérouler en quatre semaines au cours desquelles le psoriasique sera suivi quoti-

diennement. Celui-ci va être d'abord soumis à un questionnaire où seront notés ses antécédents dans sa maladie ainsi que les différents traitements auxquels il a été soumis et qui sont en règle générale totalement supprimés pendant la cure, sauf dans de rares cas particuliers où des topiques non stéroïdiens pourront être conservés. Les bains sont ensuite prescrits, associés ou non aux rayonnements solaires et aux boues selon la nature de la peau et l'état des lésions dont les analyses exactes auront été établies [3].

Au cours du traitement, le psoriasique est vu tous les jours par des infirmières spécialisées et deux fois chaque semaine par un dermatologue qui va faire évoluer la durée d'immersion dans les piscines, ou dans le lac lui-même, et les temps d'exposition au soleil, en fonction de l'évolution de la maladie.

Il ne faut pas non plus sous-estimer le facteur psychologique qui reste très important, car il intervient dans la poussée de la dermatose ; et pour les psoriasiques, le fait de se trouver dans un monde où tous les malades vivent leur maladie avec plus ou moins de facilité, leur permet d'avoir l'esprit plus libre et sans angoisse. L'accès de cette station thermale est réservée aux seuls psoriasiques, et de ce fait, un climat de confiance et d'échange entre les malades venus de différents horizons est créée. Cet ensemble de faits psychologiques favorables assure, en plus du traitement thermal, une évolution favorable de la maladie vers une guérison par blanchiment des lésions dès le quinzième jour dans certains cas.

Mais on ajoute souvent le système de la thérapie de groupe, organisée par les médecins, sous forme de rencontres entre les psoriasiques.

Les résultats obtenus laissent apparaître que quatre semaines de traitement sont suffisantes pour que 65 p. cent des patients soient guéris (totalement blanchis), que 20 p. cent aient une nette amélioration de l'état de leur peau et des lésions, et que 15 p. cent seulement ne voient aucune modification [2].

En 1983, le docteur Abel [1] de l'université du Neguev de Beer-Sheva étudie les cas de 110 patients. Les psoriasiques furent soumis aux bains de soleil et de mer, mais aussi aux bains de boues lorsqu'ils avaient un psoriasis arthritique. Tous les patients ont estimé que les symptômes de leur maladie allaient en s'améliorant au fur et à mesure du déroulement de la cure et ceux qui étaient atteints de psoriasis arthritique ont même signalé avoir diminué, voir supprimé, dans certains cas, les médicaments traitant spécifiquement l'arthropathie. Les résultats de cette étude sont rapportés dans le tableau II.

Ces résultats démontrent que le climat et les eaux de la Mer Morte ont un effet très bénéfique

TABLEAU II. — Données statistiques sur l'évolution des malades psoriasiques après la cure à la Mer Morte.

Evolution de la maladie	Nombre de patients	Pourcentage de patients
Le psoriasis empire	0	0
Pas de changement	0	0
Amélioration minimale	0	0
Amélioration nette	1	0,9
Amélioration importante	15	13,6
Excellente amélioration	32	29,1
Blanchiment total	62	56,4

- Amélioration minimale : moins de squames et/ou d'érythèmes.
- Amélioration nette : diminution modérée des plaques. Reste d'un minimum de squames et d'érythèmes.
- Amélioration importante : nette diminution des plaques, minimum de squames et d'érythèmes.
- Excellente amélioration : disparition des plaques, minimum de squames et d'érythèmes.
- Blanchiment total : disparition totale de toutes les plaques, pas d'érythème ou de squame mais présence d'une légère pigmentation.

sur le psoriasis [2]. La plupart des rémissions ainsi obtenues le furent à long terme permettant ainsi aux malades de supprimer, dans l'intervalle, la puva-thérapie et de limiter leurs traitements usuels, et même de les supprimer.

Quelques contre-indications restent néanmoins absolues dans le cas de la cure thermale à la Mer

Morte, à savoir les pathologies cardiovasculaires graves, la tuberculose et les inflammations aiguës plus ou moins récentes.

## CONCLUSION

Les propriétés naturelles de la Mer Morte, tout comme ses propriétés thérapeutiques, sont connues depuis des millénaires ; mais c'est seulement depuis vingt-cinq ans que la climatothérapie a trouvé un nouvel essor dans de nombreux domaines médicaux et particulièrement en dermatologie avec le traitement du psoriasis. Du fait de sa situation géographique qui lui donne un des airs le plus pur du monde, des rayonnements ultra-violetts bien tolérés, une concentration totale en sels de 33 p. cent, cette station thermale est largement utilisée dans un but thérapeutique ; et c'est en se fondant sur les données statistiques de ces dix dernières années que l'on peut dire que plus de 70 p. cent des psoriasiques quittent le lieu de cure de la Mer Morte avec un blanchiment total et voient une nette diminution des récurrences par rapport à un traitement hospitalier.

Il apparaît donc que le thermalisme tient une place essentielle dans le traitement du psoriasis, puisqu'il permet de nettes améliorations dans un cadre naturel et en évitant une hospitalisation.

## RÉFÉRENCES

1. Abel D.J. — Traitement du psoriasis à la Mer Morte. *J. Assoc. am.*, 1985, 72, n° 4, 639-643.
2. Avrach W. — Dix ans de climatothérapie à la Mer Morte. In : 3<sup>e</sup> Symposium international sur le traitement du psoriasis et de l'arthrite psoriasique, Israël, novembre 1984.
3. Azizi E. — Traitement par la climatothérapie du psoriasis à la Mer Morte. *J. Sci. méd. Israël*, 1982, 18, n° 2, 267-270.
4. Boert J. — Influence des solutions salines sur les irradiations UVB dans la photothérapie pour le psoriasis. In : 3<sup>e</sup> Symposium international sur le traitement du psoriasis et de l'arthrite psoriasique, Israël, novembre 1984.
5. Choukroun P. — *Traitement du psoriasis par les eaux thermales de la Mer Morte*. Thèse Pharm., Paris, 1985.
6. Eckstein Y. — *Sources thermominérales d'Israël*. Département de la santé (Health Resorts Authority of Israël), 1983.
7. Horn F. — Questions et faits sur la climatothérapie à la Mer Morte, du point de vue du dermatologue. In : 3<sup>e</sup> Symposium international sur le traitement du psoriasis et de l'arthrite psoriasique, Israël, novembre 1984.
8. Laugier R. — Caractères généraux des eaux géothermales minéralisées en Israël. *Presse therm. clim.*, 1987, 124, 58-65.
9. Steinhorn I., Gat J. — La Mer Morte. *Pour la Science*, 1983, n° 74, p. 96.

# La température maximale tolérée par la peau pendant fangothérapie

G. VANDERSTRAETEN, J. HOLVOET, M. SEGERS

(Gand)

Le traitement par la chaleur reste en médecine physique un moyen thérapeutique très important à visée principalement analgésique, myorelaxante et préparatoire à un traitement décontracturant.

On discerne thermothérapie profonde et superficielle ; cette dernière est fréquemment utilisée grâce à sa bonne tolérance calorifique déterminée par le bon pouvoir de rétention calorifique du matériel utilisé.

Une meilleure compréhension de cette rétention calorifique exige une remise en mémoire de certains principes thermodynamiques :

La rétention calorifique (W) est déterminée par la formule suivante :

$$W = \frac{C_{vol}}{\lambda}$$

$C_{vol}$  : capacité de chaleur par unité de volume d'un corps,

$\lambda$  : coefficient de conduction calorifique.

## Spécifications $C_{vol}$

La capacité calorifique et la densité calorifique, très rapprochées l'une de l'autre, sont des caractéristiques typiques d'un corps :

lorsqu'un corps accumule (ou perd) de la chaleur, la température de ce corps augmentera (ou diminuera).

Le rapport chaleur accumulée Q/augmentation de température  $\Delta T$  est nommé **capacité calorifique C d'un corps** avec comme unité  $J/^{\circ}K$ .

La formule devient  $Q = C\Delta T$  (exprimé en Joule ; le joule étant égal à 0,2984 calories).

— La densité calorifique  $c$  d'un corps homogène à masse  $m$  et capacité  $C$  devient :

$$c = \frac{C}{m} \text{ avec comme unité le } J/kg^{\circ}K$$

(exemple typique :  $c$  de l' $H_2O = 1 \text{ cal/g}^{\circ}C$ ).

— La capacité par unité de volume

$$c_{vol} = \frac{C}{V} = c \times \rho \text{ dans lequel,}$$

$$C = c \times m \text{ et } \rho = \frac{m}{V} \text{ (kg/m}^3\text{),}$$

$C_{vol}$  s'exprime donc en  $J/m^3^{\circ}K$ .

— De la formule  $C = \frac{Q}{\Delta T}$  nous pouvons déduire

qu'un corps à grande capacité accumulera plus de chaleur qu'un corps à capacité calorifique  $C$  moindre et ceci pour une même augmentation de température.

## Quelques exemples

— $H_2O$	: 1	cal/g $^{\circ}C$ ,
— Verre	: 0,184	cal/g $^{\circ}C$ ,
— Acier	: 0,110	cal/g $^{\circ}C$ ,
— Peau	: 0,9	cal/g $^{\circ}C$ ,
— Graisse	: 0,55	cal/g $^{\circ}C$ ,
— Muscle	: 0,83	cal/g $^{\circ}C$ ,
— Os	: 0,38	cal/g $^{\circ}C$ ,
— Corps humain	: 0,86	cal/g $^{\circ}C$ .

## Spécifications d'autre part $\lambda$ ou coefficient calorifique

— Quand il n'y a pas d'équilibre thermique il y a transport de chaleur se faisant par :

G. Vanderstraeten, Service de Physiothérapie et Orthopédie (Dir : Pr H. Claessens, Universitair Ziekenhuis, De Pintelaan 185, 9000 GAND.

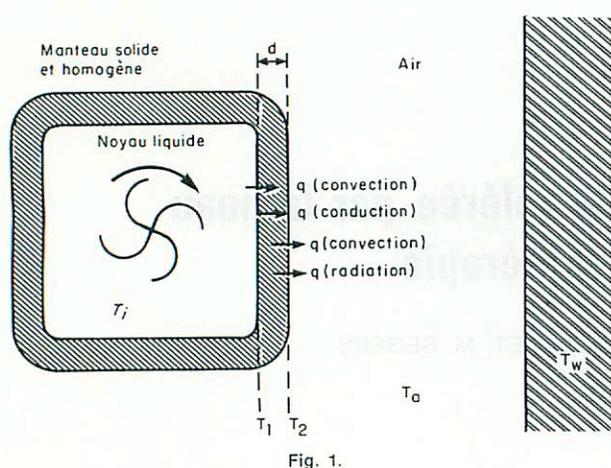


Fig. 1.

- conduction (surtout en cas de corps solides),
- convection (liquides et gaz),
- radiation (également dans le vide).

— Considérons maintenant un corps thermodynamique avec :

- un noyau liquide,
- un manteau solide et homogène (fig. 1).

$$q \text{ (convection)} = \alpha_i (T_i - T_1)$$

$$q \text{ (conduction)} = \frac{\lambda m}{d} (T_1 - T_2)$$

$$q \text{ (convection)} = \alpha_2 (T_2 - T_a)$$

$$q \text{ (radiation)} = \sigma e_m (T_2^4 - T_w^4)$$

(Fysica voor de Fysiotherapeut, Dr H.P. Wit, Uitg. Bunge, blz 270).

Ce croquis devrait représenter un modèle schématique du corps humain ou une partie de celui-ci dans une pièce (non réchauffée).

Le corps peut transmettre de la chaleur dans son environnement successivement par :

*Passage de chaleur du noyau vers le manteau par convection*

$$1. q_{\text{(convection)}} = \alpha_1 (T_i - T_1)$$

*Transport de chaleur à travers le manteau par conduction*

$$2. q_{\text{(conduction)}} = \frac{\lambda m}{d} (T_1 - T_2)$$

*Passage de chaleur du manteau vers l'environnement par convection*

$$3. q_{\text{(convection)}} = \alpha_2 (T_2 - T_a)$$

*Radiation*

$$4. q_{\text{(radiation)}} = \sigma e_m (T_2^4 - T_w^4)$$

Ce qui nous intéresse est le processus de conduction lors du transport de chaleur à travers le man-

teau, puisque c'est effectivement ce processus qui se produit lors de l'application fango.

Lors de la conduction de chaleur, le transport de la chaleur se fait par transfert d'énergie via collision ; en moyenne l'énergie des molécules d'énergie cinétique importante transfère à des molécules à énergie cinétique moindre ; les molécules s'échangent pour ainsi dire leur chaleur.

La chaleur par unité de temps qui serait ainsi transportée par moyen de conduction, en d'autres termes le courant calorifique  $Q^\circ$  à travers le manteau est fonction de :

1) la différence de température  $T_1 - T_2$ , donc dans notre exemple la différence de température entre les parois internes et externes avec  $^\circ\text{K}$  comme unité ;

2) du chemin que doit parcourir la chaleur via conduction ; en l'occurrence l'épaisseur du manteau exprimé en m ;

3) la superficie totale  $A$  du manteau :  $\text{m}^2$  ;

4) du matériel avec lequel le manteau est fabriqué : cette relation est exprimée en coefficient de conduction de chaleur (avec comme unité  $\text{W}/\text{m}^\circ\text{K}$ ).

L'inverse de ce coefficient s'appelle la résistance calorifique spécifique :

$$\frac{1}{\lambda} \text{ (en } ^\circ\text{K}/\text{W)}$$

En rapprochant ces quatre facteurs nous obtenons la formule suivante :

$$Q^\circ = \frac{dQ}{dt} = - \frac{\lambda A}{d} (T_1 - T_2) = \frac{\lambda A}{d} (T_2 - T_1)$$

dans lequel  $\frac{T_2 - T_1}{d}$  représente la variance de la température par unité de longueur perpendiculaire à la surface  $A$  du manteau, ou le gradient moyen de température dans le manteau.

Si on veut connaître la chaleur par seconde et par unité de surface dans une direction perpendiculaire à une certaine surface ou la densité de courant calorifique  $q$ , on doit diviser  $Q^\circ$  par  $A$  et nous obtenons donc :

$$\frac{Q^\circ \text{ conduction}}{A} = - \frac{\lambda dT}{dx} \text{ W}/\text{m}^2$$

Quelques exemples de  $\lambda$  ou coefficient de conduction :

- Cuivre : 387  $\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$ , 925,0  $\text{cal}/\text{s m}^\circ\text{C} \times 10^{-3}$
- Argent : 465  $\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$ , 966  $\text{cal}/\text{s m}^\circ\text{C} \times 10^{-3}$
- Verre : 1,09  $\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$ , 2,60  $\text{cal}/\text{s m}^\circ\text{C} \times 10^{-3}$
- Acier : 45,0  $\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$ , 107,0  $\text{cal}/\text{s m}^\circ\text{C} \times 10^{-3}$
- Eau : 0,595  $\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$ , 1,42  $\text{cal}/\text{s m}^\circ\text{C} \times 10^{-3}$

On a donc déterminé  $C_{\text{vol}}$  (capacité calorifique par unité de volume) ainsi que  $\lambda$  (le coefficient de con-

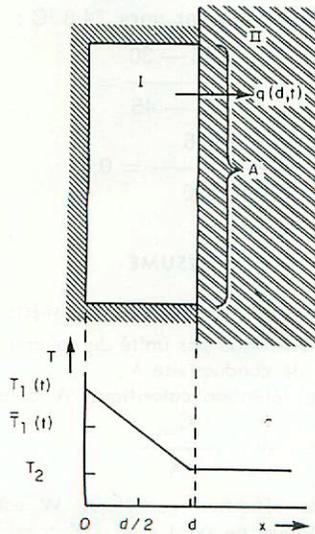


Fig. 2.

duction), qui déterminent à leur tour la valeur de W ou puissance de rétention calorifique.

Comment déterminer l'influence de cette dernière ?

Prenons un exemple de la pratique thermothérapie (fig. 2).

Un corps avec masse I (par exemple fango) et surface A appliqué sur une partie du corps II.

Le reste de la surface du fango est couvert d'une couche isolante ce qui veut dire qu'une déperdition de la chaleur peut être négligée. ( $T_2$  reste plus ou moins constant).

1) La densité de courant calorifique  $q(t)$  le long d'une surface A est :

$$\frac{q(t)}{A} = \frac{\lambda (T_2 - T_1(t))}{d} \text{ W/m}^2$$

2) La perte de chaleur par le fango pendant le temps dt est :

$$\begin{aligned} -d q(t) &= q(t) \times A \times dt \\ &= \frac{\lambda (T_2 - T_1(t))}{d} \times A \times dt \end{aligned}$$

— Dans le fango la température moyenne  $\bar{T}_1(t) = \frac{T_1(t) + T_2}{2}$  varie de  $d \bar{T}(t)$  ce qui vaut

$$d \bar{T}_1(t) = \frac{d Q(t)}{C} = \frac{-\lambda A}{m \times c \times d} (T_1(t) - T_2) \times dt$$

Après quelques calculs on peut trouver pour la différence de température :

TABLEAU I. — Exemples de rétention calorifique.

	c	$\rho$	$c_p$	$\lambda$	w
Eau	4,2	0,999	4,19	0,6	698
Fango	1,7	1,82	3,09	0,96	321
Paraffine	2,9	0,90	2,61	0,25	1 044
Acier	0,465	7,85	3,65	45,0	8,1
Verre	0,77	2,52	1,94	1,09	177

$$\bar{T}_{1(t)} - T_2 = \frac{T_{1(0)} - T_2}{2} (-t/C \text{ vol } d^2/\lambda)$$

donc :  $\bar{T}_{1(t)} - T_2$  diminue exponentiellement et la vitesse en est déterminé par :

— la capacité de déperdition de chaleur

$$\frac{1}{W} = \frac{\lambda}{C_{\text{vol}}}$$

— la rétention de chaleur  $W = \frac{C_{\text{vol}}}{\lambda}$

au plus grand W, au plus lent le processus de déperdition.

La capacité de rétention calorifique W est donc pour la thermothérapie une des caractéristiques de matériel primordiales déterminant en quel temps un corps perd sa chaleur en contact de conduction thermique avec un corps de température inférieure ; les corps à valeur W importante sont très utiles dans ces formes de thermothérapie dans lesquels un courant de chaleur entretenu est nécessaire ; ces corps peuvent retenir une certaine quantité de chaleur plus longtemps et donc le transmettre plus lentement, ce qui signifie une charge calorifique moindre pour le tissu sous-jacent ; ceci détermine en outre la haute tolérance de température de ces corps.

Exemples (tableau I)

Le fango a donc une bonne tolérance par rapport à la peau ; toutefois, lorsqu'on veut déterminer la température initiale nous devons tenir compte de plusieurs facteurs :

— d'une part la connaissance de la température maximale (cutanée) que la peau peut supporter sans risque de brûlure (admise aux alentours de 45 °C) ;

— d'autre part la connaissance des différentes caractéristiques thermiques du fango et de la peau : avec  $\lambda$ , la conductivité ; avec  $\rho$ , la densité ; avec c, la capacité calorifique.

Quelques exemples (tableau II)

En représentant la température de contact fango-peau par  $T_s$  on peut (selon Myers de New-York) utiliser la formule qui suit pour déterminer la température fango initiale :

TABLEAU II. — Quelques exemples de caractéristiques thermiques.

	$\lambda$	$\rho$	$c$
Peau	0,960	1,00	3,77
Muscle	0,642	1,05	3,75
Graisse	0,190	0,85	2,30

$$\frac{T_s - T(\text{tissu})}{\frac{T_f - T_s}{\lambda \rho c (f)}} = \lambda \rho c (\text{tissu})$$

ce qui devient au niveau de la peau :

a) pour une peau normalement ou moins bien irriguée :

$$\frac{45 - 30}{\frac{T_f - 45}{2,976}} = 1,4$$

$$1,417$$

On déduit 55,7°C comme température fango de sécurité ;

b) pour une peau très bien irriguée cette marge de sécurité peut se déplacer vers 74,8°C :

$$\frac{45 - 30}{T_f - 45} = \frac{2,976}{10,556} = 0,53$$

### RÉSUMÉ

Dans cet exposé nous avons traité les sujets suivants :

- 1) la capacité calorifique par unité de volume  $C_{vol}$  ;
- 2) le coefficient de conductivité  $\lambda$  ;
- 3) le pouvoir de rétention calorifique  $W$  déterminé par la

$$\text{formule suivante : } W = \frac{C_{vol}}{\lambda}$$

Le pouvoir de rétention calorifique  $W$  est responsable du fait que le fango ne perd que progressivement sa chaleur ; ceci explique que ce traitement est bien toléré par les patients.

En tant qu'illustration nous avons calculé la température maximale tolérée du fango qui permet d'éviter des brûlures.

Celle-ci est dans des conditions normales 55°C et dans des conditions idéales 74°C.

Toutes ces données se basent sur la connaissance actuelle des lois de la transmission de chaleur par conduction.

# 36-15 THERM

## CURES ET STATIONS FRANÇAISES expliquées aux malades

### 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

# Etude d'une eau minérale naturelle oligométallique (eau de Volvic) sur l'élimination urinaire en milieu hospitalier

## Essai comparatif en double aveugle contre une eau d'adduction

H. DABADIE \*, J.F. DARTIGUES \*\*, M. BERNARD \*, J. PACCALIN \*  
(Bordeaux)

### INTRODUCTION

L'existence d'effets excrétoires obtenus par ingestion d'eau minérale a été fréquemment rapportée, en particulier par Traeger et coll. La majoration de la diurèse hydrique, de l'excrétion de l'urée, sodium ou acide urique est généralement rattachée à une diminution de la réabsorption tubulaire. L'augmentation d'excrétion des solutés dépend de plusieurs paramètres dont bien sûr la minéralisation de l'eau, mais aussi le régime alimentaire ou les conditions d'environnement.

Il a été déjà montré que l'eau de Volvic améliore le débit urinaire, les excrétoires de chlore, sodium et potassium et la clairance de l'acide urique, par comparaison à une eau d'adduction.

A partir de cette étude, nous avons voulu comparer les effets de l'eau de Volvic à ceux d'une eau d'adduction quant à l'élimination urinaire dans une population privilégiée de sujets soumis à un régime alimentaire contrôlé en milieu hospitalier pour éviter les incertitudes liées aux essais réalisés en ambulatoire qui exigent la confiance la plus totale dans les consignes.

### MALADES ET MÉTHODES

14 sujets ont été initialement retenus, mais l'observation n'a été possible que pour 10 d'entre eux.

Ces 10 malades ne présentent aucune pathologie cardiaque, hépatique ou rénale et reçoivent durant toute l'étude un régime équivalent en particulier avec des apports sodés et hydriques connus et stables.

Il s'agit de 5 hommes et 5 femmes, d'âge moyen 46,9 ans (extrêmes 34-65 ans) hospitalisés pour des pathologies n'interférant pas (obésité : 3 sujets, hypercholestérolémie : 3 sujets, colopathie fonctionnelle : 2 sujets, bronchopathie chronique : 2 sujets). L'étude comporte 2 périodes séparées par un intervalle de 3 jours permettant une imprégnation tissulaire maximale pour l'eau étudiée :

— période A : le malade ingère 1 l/jour d'eau (E<sub>1</sub>) pendant 3 jours. Un premier bilan clinique et biologique a lieu à J3 ;

— période B : période d'étude de l'ingestion de E<sub>1</sub> ; elle dure 8 jours et le malade ingère 1 l/jour. Les bilans sont pratiqués à J7 et J11 ;

— période C : le malade ingère 1 l/jour d'une eau E<sub>2</sub> pendant 3 jours. Un bilan clinique et biologique a lieu à J14 ;

— période D : période d'étude de l'ingestion de l'eau E<sub>2</sub> ; elle dure 8 jours et le malade ingère 1 l/jour. Les bilans sont pratiqués à J18 et J22 (fig. 1).

Il s'agit d'une étude contrôlée en double aveugle contre une eau d'adduction. Les différentes compositions des eaux étudiées (Volvic, eau d'adduction) sont données dans le tableau I.

Les bilans cliniques et biologiques sont réalisés à J3, J7, J11, J14, J18 et J22, à savoir tous les 4 jours pendant les 3 semaines d'hospitalisation :

\* Service de Médecine Interne et Thérapeutique, Hôpital Saint-André, 1, rue Jean-Burguet, 33075 BORDEAUX CEDEX.

\*\* Département d'Informatique Médicale, Université de Bordeaux II, 146, rue Léo-Saignat, 33076 BORDEAUX CEDEX.

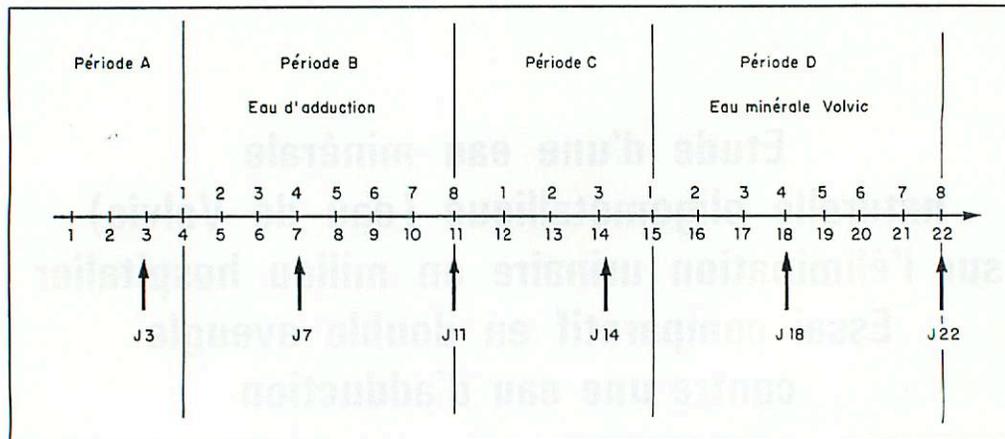


Fig. 1. — Synopsis du protocole.

TABLEAU I. — Caractéristiques physico-chimiques des eaux utilisées.

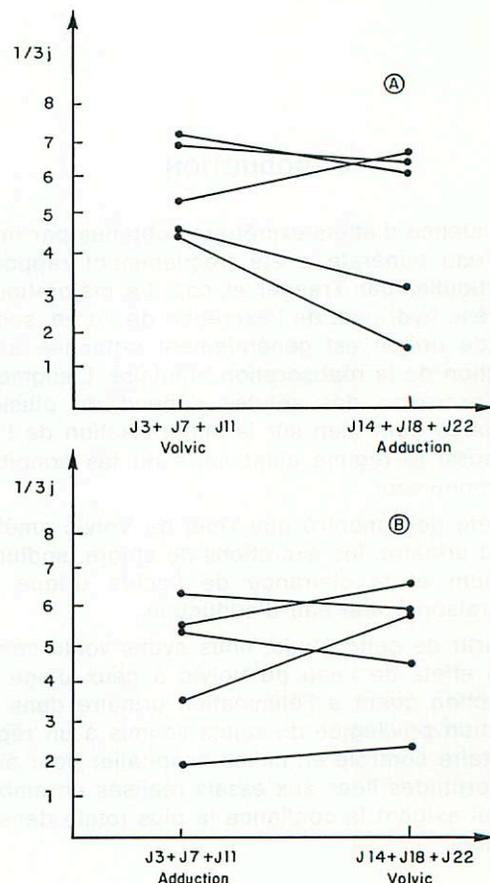
	Volvic	Adduction
Titre hydrotimétrique total (en degrés)	5,2	21,3
Résistivité (ohms/cm.cm <sup>2</sup> )	7 789	2 520
Extrait sec (mg/l) (à 180°)	110	350
pH	7	7,55
Sodium (mg/l)	8	14 - 46
Potassium (mg/l)	5,4	1,2 - 4,4
Calcium (mg/l)	10,4	78
Magnésium (mg/l)	6	4,4
Chlore (mg/l)	7,5	24,85
Bicarbonates (mg/l)	64	237,3
Sulfates (mg/l)	6,7	12
Nitrates (mg/l)	2	0,6
Silice (mg/l)	30	12

TABLEAU II. — Diurèse (1/3 j).

	Volvic J3 + J7 + J11	Adduction J14 + J18 + J22
ALM	4,5	3,1
AND (J3 + J7 / J14 + J18)	4,5	1,65
AUS	7,2	6
LEG	7	6,5
PEY	5,3	6,6

	Adduction J3 + J7 + J11	Volvic J14 + J18 + J22
AFF	6,2	5,8
LER	3,5	5,7
PAY	5,5	6,3
RIT	5,4	4,2
SAR	1,9	2,1

Fig. 2. — Diurèse (1/3 j). A) eau E<sub>1</sub> : Volvic ; B) eau E<sub>1</sub> : adduction.

— le bilan clinique porte sur le poids, la diurèse/jour ;

— le bilan biologique porte sur : 1) dans le sang :

sodium, potassium, chlore, calcium, phosphore, magnésium, urée, créatinine, acide urique, réserve alcaline, osmolarité, clairance de la créatinine ; 2) dans les urines : sodium, potassium, urée, acide urique.

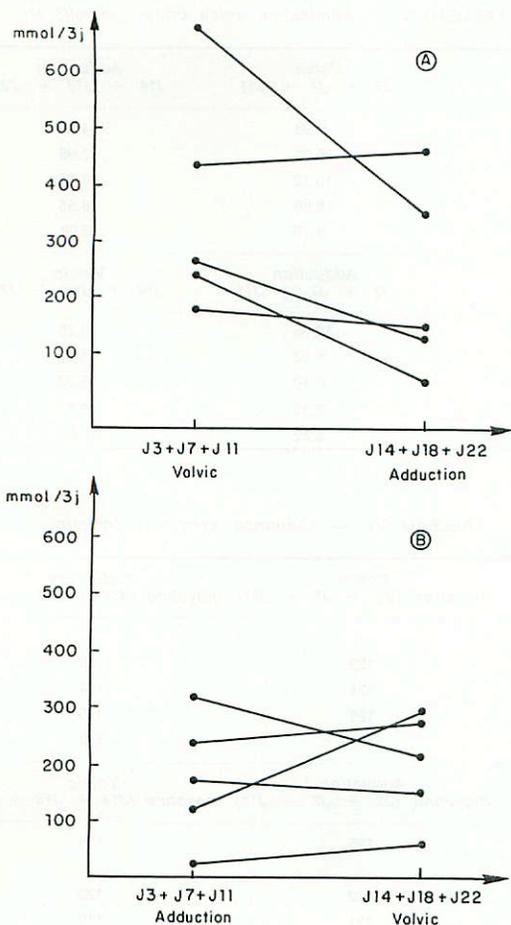


Fig. 3. — Elimination Na (mmol/3 j). A) eau E<sub>1</sub>: Volvic ; B) eau E<sub>1</sub>: adduction.

TABLEAU III. — Elimination Na (mmol/3 j).

	Volvic J3 + J7 + J11	Adduction J14 + J18 + J22
ALM	268,5	126
AND	239	77,8
AUS	426,2	474,3
LEG	667,2	355,4
PEY	186,3	131,4

	Adduction J3 + J7 + J11	Volvic J14 + J18 + J22
AFF	222,8	271,8
LER	169	152
PAY	309,3	205,8
RIT	122,4	294,8
SAR	20,6	45,5

La difficulté du recueil des urines a été dans cette étude un facteur à prendre en considération et l'idéal au plan méthodologique aurait été de mesurer les paramètres urinaires tous les jours pendant

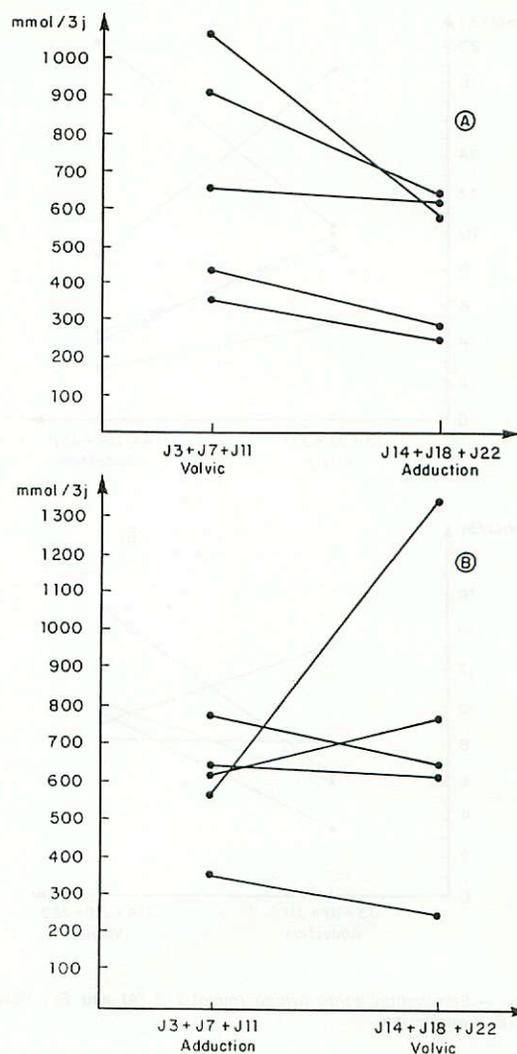


Fig. 4. — Elimination urée (mmol/3 j). A) eau E<sub>1</sub>: Volvic ; B) eau E<sub>1</sub>: adduction.

TABLEAU IV. — Elimination urée (mmol/3 j).

	Volvic J3 + J7 + J11	Adduction J14 + J18 + J22
ALM	423	286
AND	340	247
AUS	663,2	612,8
LEG	1 163	585
PEY	901	646,4

	Adduction J3 + J7 + J11	Volvic J14 + J18 + J22
AFF	654	618
LER	572	1 361
PAY	788	653
RIT	635	776
SAR	348,5	233

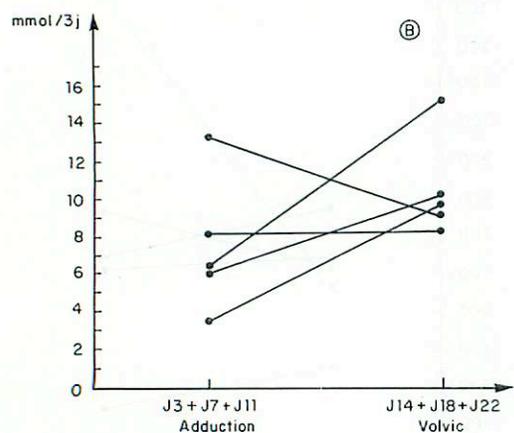
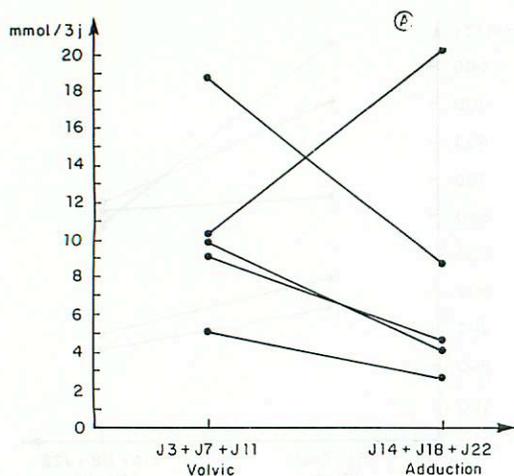


Fig. 5. — Elimination acide urique (mmol/3 j). A) eau E<sub>1</sub> : Volvic ; B) eau E<sub>1</sub> : adduction.

22 jours, pour chacun des 10 malades ; nous n'avons pas choisi cette méthode en raison de la lourdeur du protocole, mais le recueil des urines en milieu hospitalier a permis l'analyse exacte des paramètres.

## RÉSULTATS

Les paramètres plus particulièrement pris en compte dans cette étude ont été : la diurèse, l'élimination sodée, l'élimination de l'urée, de l'acide urique et la clairance de la créatinine. Pour chaque malade et pour chaque période étudiée (eau E<sub>1</sub> et eau E<sub>2</sub>), il a été fait la sommation des résultats, soit J3 + J7 + J11 et J14 + J18 + J22.

Les autres paramètres mesurés, en particulier sanguins, n'ont pas subi de variation significative entre l'eau de Volvic et l'eau d'adduction.

TABLEAU V. — Elimination acide urique (mmol/3 j).

	Volvic J3 + J7 + J11	Adduction J14 + J18 + J22
ALM	9,93	4,39
AND	5,27	2,96
AUS	10,12	20,76
LEG	18,60	8,95
PEY	9,10	5,08

	Adduction J3 + J7 + J11	Volvic J14 + J18 + J22
AFF	13,36	9,26
LER	6,52	15,5
PAY	8,10	8,23
RIT	6,12	10,9
SAR	3,72	10,6

TABLEAU VI. — Clairance créatinine (ml/min).

	Volvic moyenne (J3 + J7 + J11)	Adduction moyenne (J14 + J18 + J22)
ALM	/	/
AND	129	130
AUS	121	124
LEG	125	125
PEY	130	120

	Adduction moyenne (J3 + J7 + J11)	Volvic moyenne (J14 + J18 + J22)
AFF	115	118
LER	/	/
PAY	122	120
RIT	121	119
SAR	121	121

Parmi les 10 sujets arrivant en fin de protocole, 5 ont ingéré l'eau de Volvic et 5 autres ont ingéré l'eau d'adduction dans la première période (eau E<sub>1</sub>).

Résultats concernant la diurèse (l/3jours) (fig. 2 et tableau II) :

- moyenne adduction : 4,6,
- moyenne Volvic : 5,26.

Elimination Na (mmol/3 jours) (fig. 3 et tableau III) :

- moyenne adduction : 200,90,
- moyenne Volvic : 275,71.

Elimination urée (mmol/3 jours) (fig. 4 et tableau IV) :

- moyenne adduction : 537,47,
- moyenne Volvic : 713,12.

Elimination acide urique (mmol/3 jours) (fig. 5 et tableau V) :

- moyenne adduction : 8,
- moyenne Volvic : 10,75.

Clairance créatinine (ml/mn) (tableau VI) :

— moyenne adduction : 122,25,  
— moyenne Volvic : 122,80.  
Différence non significative.

Au total, il existe indiscutablement un « effet Volvic » sur l'excrétion urinaire par rapport à une eau

d'adduction. L'eau de Volvic améliore la diurèse, les éliminations de sodium, d'urée et d'acide urique.

#### Remerciements

Nous remercions M. le Professeur Pedoya qui a permis la réalisation de ce travail.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. Labeeuw M., Gerbaulet C., Pozet N., Zech P., Traeger J. — Dissociation of magnesium and calcium urinary excretions following water ingestion. *Magnesium*, 1983, 2, 156-163.
2. Pecqueux J.L. — Étude de la calciurie de sujets lithiasiques ou obèses au cours de cures de diurèse crénothérapeutiques avec les eaux minérales Vittel, Volvic et Charrier. *Méd. Nord Est*, 1979, 20, 2100-2105.
3. Pozet N., Hadjaissa A., Pellet M., Traeger J. — Étude des caractéristiques de la diurèse induite par l'ingestion d'eaux minérales naturelles. *J. fr. Hydrol.*, 1980, 31, 1-8.

## Livre

### TRAITÉ D'INITIATION A LA MÉDECINE MANUELLE

**Anatomie palpatoire  
et bases élémentaires  
des thérapeutiques manuelles  
du corps humain**

par le Dr J. Amoyel  
Paris, Vigot, 1988  
1 vol., 359 pages

C'est avec beaucoup de curiosité et d'intérêt que le médecin thermal, surtout s'il exerce en station à orientation rhumatologique et de séquelles de traumatismes, prendra connaissance du livre du Dr Amoyel, président des Sociétés internationales de médecines acupuncture et manuelle.

Chacun d'entre nous a entendu parler d'ostéopathie, de chiropraxie, de manipulations vertébrales et articu-

laires, mais souvent de façon péjorative et fragmentaire ne mettant en lumière que les incidents et accidents de ces techniques et la possibilité de méconnaître un diagnostic grave par le recours exclusif à ces techniques dérivées de l'empirisme des rebouteux et exploitées par des non-médecins. C'est pourquoi certaines Facultés de Médecine commencent à donner un enseignement de médecine manuelle.

Le livre du Dr Amoyel essaie de donner des bases anatomiques à ces techniques grâce à des illustrations dignes du traité d'anatomie de Rouvière et grâce à d'utiles considérations sur la biomécanique des différents segments de la colonne vertébrale et des membres, notamment de l'épaule et du pied. Surtout, ce traité est un plaidoyer pour la réhabilitation de

l'usage de la main chez le médecin, cette main que les grecs dénommaient « cheir » et qui a donné son nom à la chirurgie. Cette main, guidée par une meilleure connaissance de l'anatomie et de la physiologie, peut aider le médecin à compléter son diagnostic et sans doute aussi à l'aider à soulager le patient qui souffre et qui est las de ses médicaments antalgiques et anti-inflammatoires ou qui ne peut plus les tolérer. Ce sont ces patients qui viennent souvent nous voir en station et il est bon que le médecin thermal soit informé des possibilités de ces traitements manuels. Bien entendu, le médecin thermal de rhumatologie n'est pas le seul concerné par ce traité ; les kinésithérapeutes, précieux auxiliaires de la médecine thermique, sauront également en faire leur profit.

R.J.

## Nécrologie

Nous venons d'apprendre le décès du Docteur André Leroy, Maire de Bains-les-Bains, Chevalier de la Légion d'Honneur, officier des Palmes Académiques, décédé subitement dans sa 66<sup>e</sup> année.

Nous adressons à toute sa famille nos plus sincères condoléances.

## FORMATION CONTINUE

Une nouvelle association de formation continue en Médecine Thermale a été créée à Digne, en juin 1988, pour la Région « Provence-Méditerranée », à l'initiative et sous la présidence de son actuel Président, le Docteur P. Frezet.

Sa prochaine Assemblée Générale se tiendra le 15 avril 1989, à Gréoux-les-Bains.

### Association Régionale de Formation Continue en Médecine Thermale et Climatologie Médicale

#### Programme de l'année 1989

L'Association Régionale de Formation Continue en Médecine Thermale et Climatologie Médicale de la région Auvergne propose au cours de la saison 89 deux réunions de travail.

La première aura lieu le 20 mai 1989. Elle associera les stations voisines de La Bourboule et du Mont-Dore. Au programme, différents exposés reprendront les travaux présentés à Rochester lors du septième Congrès Mondial des Aérosols en Médecines. Les deux stations présenteront ensuite des travaux originaux récents.

La deuxième réunion aura lieu le 30 septembre 1989 à Clermont-Ferrand sous l'autorité du professeur Duchêne-Marullaz. Cette réunion traitera de l'Effet Placebo et des relations entre la thérapie thermique, les soins para-thermaux et certaines thérapeutiques particulières (oligothérapie, phytothérapie, homéopathie...).

Un voyage d'étude est programmé à l'automne 89. Il tiendra lieu de troisième réunion de l'Association.

Les médecins de la région Auvergne et des régions avoisinantes sont invités à participer activement à ces réunions. Ils peuvent s'adresser au Président, le Docteur J.B. Chareyras (Châtel-Guyon) ou au Secrétaire Général, le Docteur J.L. Fauquert (La Bourboule), tél. : 73.65.54.54. Certains exposés seront publiés dans la Presse Thermale et Climatique.

## La nouvelle réglementation des prises en charges pour 1989 \*

Deux arrêtées signés de Claude Evin, Ministre de la Solidarité, de la Santé et de la Protection Sociale datés du 21.12.88 et publiés au *Journal Officiel* du 27.12.88 fixent les nouvelles conditions de prise en charge des cures thermales pour l'année 1989. Du moins le nouveau montant du forfait dit « hébergement » (qui correspond non pas aux frais réels engagés par le curiste pour son logement mais vient en déduction de ceux-ci).

En 1989 le forfait passe de 865 F à 886 F, soit 2,43 % de révalorisation.

Encore est-il accordé sous réserves que le total des ressources du curiste, dont la prise en charge a été acceptée, n'ait pas dépassé, en 1988, 86 500 F somme majorée de moitié par personne à charge ; soit pour un couple 129 750 F, pour un couple avec un enfant 173 000 F.

Ce qui correspond, pour une prise en charge à 70 %, cas le plus habituel, à un peu moins de 30 F par jour...

D'autre part, c'est au *Journal Officiel* du 31.12.88 qu'a paru le décret fixant le nouveau plafond de cotisation à la Sécurité Sociale soit 10 340 F par mois. Ce plafond sert de condition de ressources à l'attribution des indemnités

journalières en cas d'arrêt de travail de l'assuré curiste, soit 124 080 F pour l'année 1988. Il sera réévalué au 1<sup>er</sup> juillet. Majoration de 50 % pour le conjoint et par personne à charge.

On s'étonnera une fois de plus de constater que la thérapeutique thermique (souvent confortée par nos gouvernants de tous horizons) est la seule à laquelle on applique des plafonds de ressources pour les indemnités journalières, pour les remboursements de trajet et d'hébergement... et surtout la seule qui n'entraîne pas, ipso facto, d'arrêt maladie.

L'année 1989, verra-t-elle enfin tomber ces « Bastilles » ?...

\* D'après « Thermalisme informations » du 15 février 1989.

## CENTRE DE BIOLOGIE THERMO-CLIMATIQUE

PRIX DANIEL SANTENOISE  
1989

Fondation reconnue d'Utilité Publique. Décret du 5 octobre 1957.

Ce Prix, d'un montant de 5 000 F ; créé à la mémoire du Professeur Daniel Santenoise, récompense un travail de Physiologie orienté de préférence vers le Thermalisme ou la Climatologie.

Les travaux (Thèses, Mémoires...) accompagnés d'un bref curriculum vitae sont à adresser, avant le 1<sup>er</sup> novembre 1989, en double exemplaire, à Mme Colette Frossard, 7, rue des Peupliers, 94500 Champigny/Seine.

Renseignements par téléphone : (16.1) 47.06.63.56.

# SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'HYDROLOGIE ET DE CLIMATOLOGIE MÉDICALES

## Séance du 8 décembre 1987

### Compte rendu

G. GIRAULT

C'était la séance de Climatologie, d'un très grand intérêt. Le Président R. Flurin ouvre la séance à 14 h 30.

Le Secrétaire Général donne des précisions sur la journée d'Hydrologie de Lyon et sur le séminaire de Gynécologie organisé à Fez avec le patronage de la Société Française d'Hydrologie et Climatologie Médicales.

Le Président rappelle la séance solennelle et demande que l'assistance y soit nombreuse.

On procède ensuite à l'élection de nouveaux membres.

*Sont élus membres adhérents :*

— Dr Pierre-Charles Barthe : parrains : J. Darrouzet, Y. Champion de Cazes.

— Dr Brun : parrains : H. Founau, G. Girault.

— Dr Fr. Darrouzet : parrains : J. Darrouzet, J.J. Darrouzet.

— Dr H. Delboy : parrains : Ch. Delboy, G. Girault.

### Communications

— Ch. Delboy (Marseille) : « L'enseignement de l'Hydrologie et de la Climatologie en France ».

Interventions : R. Jean, R. Flurin.

— I. Lilienthal (Paris) : « Les indices en bioclimatologie humaine. Revue des diverses échelles pour les indices notamment au froid ».

Interventions : H. Vieillefond, J. Rivolier.

— D. Lejeune (Brétigny) : « Les risques de décompression rapide des aéronefs commerciaux : protection des équipages ». Etude faite sur des bases physiologiques et des volontaires.

Interventions : D. Pierraggi, J. Rivolier, M. Boulangé, R. Jean, P. Biget.

— G. Deklunder (Paris) : « Evolution des catécholamines plasmatiques et de la réponse immunitaire lors d'un raid polaire ».

Interventions : P. Biget, D. Lejeune, G. Girault, J. Regnard, H. Vieillefond, J. Rivolier.

— J. Rivolier (Paris) : « Environnement, espace et facteurs humains. Orientations actuelles ».

Interventions : A. Debidour, J. Pierraggi, G. Girault, R. Flurin, P. Biget.

— P. Obel (Biarritz) : « Les indications médicales de la thalassothérapie ».

Interventions : J. Françon, P. Guichard des Ages, R. Jean, H. Madelrieu.

— J. Regnard (Paris) : « Facteurs d'ambiance et voies aériennes ».

Interventions : J. Pierraggi, J.L. Fauquert, R. Jean, R. Flurin.

La séance est levée à 17 h 45.

*Étaient présents :*

— Les Professeurs : M. Boulangé (Nancy), H. Vieillefond (Brétigny), Ch. Delboy (Marseille), J. Rivolier (Paris), P. Biget (Paris).

— Les Docteurs : J. Carles (Capvern), J.M. Darrouzet, G. Duverdier, J. Pierraggi (Luchon), G. Deklunder (Lille), Ninard, Regnard, Azmy, B. Grandpierre (Paris), A. Carrie (Limoges), P. Nepveux (Vichy), Y. Canel (Luxeuil), P. Guichard des Ages (La Roche-Posay), Jeanjean (La Preste), H. Ducros (St-Honoré), E. Fortier (Aix-en-Provence), Bargeau (Luz-St-Sauveur), P. Naveau (Amélie-les-Bains), J. Françon (Aix-les-Bains), A. Debidour (Le Mont-Dore), Cl. Robin de Morhery (Gréoux), P. Obel (Biarritz), Cany (La Bourboule).

— Mesdames : M.C. Lamarche (Thermalies), S. Campenio (Toulon), C. Frossard (Paris).

— Les Membres du Bureau : Président : R. Flurin (Cauterets); Vice-Président : R. Capoduro (Aix-en-Provence); Secrétaire Général : G. Girault (Paris); Secrétaire Général Adjoint : R. Chambon (Bagnoles-de-l'Orne), F. Larrieu (Contrexeville); Trésorier : R. Jean (Allevard); Trésorier Adjoint : H. Founau (Lamalou), J.L. Fauquert (La Bourboule); Secrétaire Séance : H. Madelrieu (Balaruc); Archivistes : J. Follereau (Paris); M. Roche (Paris).

*S'étaient excusés :*

— Les Docteurs J. Viala, G. Dourou, J.M. Benoit, Ch. Ambrosi, A. Alland, J. Thomas, P. Fleury, J. Darrouzet.

## Les indices en bioclimatologie humaine

E. CHOISNEL, I. LILIENTHAL

(Paris)

### INTRODUCTION

La bioclimatologie humaine étudie les interactions entre l'environnement atmosphérique et l'homme [2]. Celles-ci ne sont pas encore toutes connues mais les effets thermiques de l'environnement atmosphérique sont ceux qui se prêtent le mieux au calcul d'indices car ce sont les plus étudiés (thermorégulation) et les plus facilement quantifiables.

Il y a différents types d'indices comme nous le verrons. Dans le domaine des échanges thermiques les indices correspondent à des combinaisons des variables élémentaires caractérisant l'environnement de l'homme, et qui sont différentes selon que l'on se situe, du point de vue des réactions physiologiques de l'organisme, dans la « gamme froide » (vasoconstriction périphérique, frissonnement) ou dans la « gamme chaude » (vasodilatation, sudation). Dans le premier cas il s'agira essentiellement de combinaisons entre température de l'air et vitesse du vent, et dans le second cas entre température de l'air et température du point de rosée de l'air.

Les indices présentés ici sont principalement des indices relatifs à la gamme froide et ils doivent pouvoir être utilisables dans le cas du plein air. Cette liste limitée d'indices est bien entendu loin d'être exhaustive dans ce domaine.

### LES DIFFÉRENTS TYPES D'INDICES THERMIQUES

Les indices peuvent être classés en quatre types.

— Les indices fondés sur la mesure d'appareils physiques construits spécialement pour les besoins de la bioclimatologie humaine (tels que le frigorigène de Davos ou l'indicateur de froid). Ce sont des appareils pour la recherche, notamment pour l'étude des environnements extrêmes [6] mais ils ne sont pas installés dans les réseaux météorologiques de routine.

— Les indices correspondant à différentes échelles de températures dites effective, opérative ou équivalente selon

les auteurs. Ce sont des combinaisons linéaires de la température de l'air, de la température radiative des parois (en intérieur), de la température humide (ou du point de rosée) et de la vitesse du vent.

— Les indices dérivés de modèles de calcul des échanges thermiques [1, 9, 10] permettant une combinaison des variables météorologiques fondée sur une analyse physique des échanges thermiques.

— Les indices fondés sur des variables physiologiques mesurées. Ce sont pour notre propos les indices de type 2 et 3 qui nous intéressent le plus en pratique car ils peuvent se prêter aisément à une analyse climatologique de variabilité.

### LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'HOMME

Il s'agit de caractériser le microclimat du lieu d'habitation ou d'activité de l'homme (qu'il soit en intérieur ou à l'extérieur) du point de vue de ses échanges thermiques avec son environnement. Pour ce faire, il convient de recenser les variables météorologiques nécessaires en distinguant les cas respectifs et de l'environnement intérieur et de l'environnement extérieur.

En intérieur, les variables d'ambiance nécessaires sont :

- la température de l'air,
- la pression partielle de vapeur d'eau (ou « tension de vapeur »),
- la température apparente de rayonnement des parois,
- la ventilation intérieure.

Quelques remarques s'imposent en ce qui concerne ces variables, du fait notamment que les ambiances intérieures peuvent être plus ou moins hétérogènes spatialement.

La température de l'air intérieur est déterminée en grande partie par le bilan thermique du bâtiment. Elle est censée être régulée à une valeur à peu près constante en période de chauffage.

La tension de vapeur intérieure ne peut être très éloignée de celle dans l'air extérieur du fait du renouvellement de l'air intérieur, mais elle varie également en fonction d'apports non négligeables provenant de l'activité humaine

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

(cuisine, salle de bain, rejets par évaporation pulmonaire et cutanée).

La température apparente de rayonnement des parois peut varier considérablement en période froide selon qu'il s'agit d'un mur bien isolant ou d'un vitrage. Elle se rapproche d'autant plus de la température de l'air intérieur que la paroi a une bonne isolation thermique.

La ventilation intérieure, de turbulence plus ou moins grande, est difficilement quantifiable.

En extérieur les variables météorologiques nécessaires sont :

- la température de l'air (à 2 mètres sous abri),
- la pression partielle de vapeur d'eau,
- la vitesse du vent (à une hauteur donnée au-dessus du sol),
- la température apparente de rayonnement du ciel *dépendant du rayonnement* atmosphérique de grande longueur d'onde,
- les rayonnements solaires direct, diffus, et réfléchi par la surface du sol,
- le rayonnement infrarouge émis par la surface du sol.

La température de l'air et la vitesse du vent doivent être mesurées (ou estimées) à une hauteur standard car toutes deux varient selon la hauteur au-dessus du sol (notion de profil vertical).

La température apparente de rayonnement du ciel ne peut être définie que pour une surface d'inclinaison donnée (horizontale, verticale ou oblique) étant donné que le rayonnement propre de la voûte céleste varie considérablement suivant l'angle de vue.

Ainsi pour une surface faisant face au zénith (horizontale) la température équivalente de rayonnement du ciel sera plus basse que pour une surface verticale faisant face à l'horizon.

### BASES D'ELABORATION DES INDICES

Les indices que nous allons présenter au paragraphe suivant sont fondés sur un certain nombre d'hypothèses simplificatrices et de connaissances quantitatives de données physiques et physiologiques.

#### Bases physiques

L'évaluation des différents transferts de chaleur s'appuie sur les lois de la thermique relatives aux échanges par convection, par rayonnement, par évaporation et par conduction [1]. Il faut se fixer une valeur de la température de surface de la peau. Les échanges par conduction concernent surtout le transfert d'une partie de la chaleur métabolique à travers le vêtement tandis que les échanges avec le sol par conduction au niveau des pieds sont en général négligés. Les échanges par évaporation sont d'évaluation difficile chez l'homme habillé. Au froid et au repos ils se limitent en général à la perspiration insensible cutanée. L'évaporation au niveau de la surface d'un vêtement mouillé est rarement prise en compte. Les remarques précédentes concernent le type d'indice n° 3 dérivé de modèles de bilan thermique.

Pour les types d'indice n° 2, correspondant à des combinaisons de température de l'air et de température radiative,

les coefficients de pondération sont des fonctions des coefficients d'échange par convection et par rayonnement.

#### Bases physiologiques et comportementales

Pour l'évaluation du bilan thermique du corps humain, il faut fixer une valeur standard de la production de chaleur métabolique diminuée des pertes par les échanges thermiques respiratoires (chaleur sensible et latente) et des pertes par perspiration insensible. On obtient ainsi le flux de chaleur transitant à travers le vêtement (valeur pour une faible activité physique : 60 W/m<sup>2</sup>).

Il faut également fixer une valeur moyenne de la température cutanée correspondant à un état d'équilibre, voire de confort, de l'ordre de 33°C pour un homme adulte au repos.

Les échanges respiratoires sont évalués à l'aide de formules classiques [3, 5, 12]. Ils sont proportionnels au débit ventilatoire lequel est également en première approximation proportionnel au métabolisme.

Enfin, du point de vue comportemental une valeur standard de l'isolation vestimentaire est retenue (par exemple 1 clo<sup>1</sup> soit 0,155°C/m<sup>2</sup>/W) pour la période hivernale.

### QUELQUES INDICES RELATIFS AUX ECHANGES THERMIQUES

On trouve dans la littérature beaucoup plus d'indices relatifs à la gamme chaude qu'à la gamme froide, reflétant d'ailleurs le nombre beaucoup plus élevé d'expérimentations concernant la gamme chaude. Mais la plupart de ces indices ne sont pas utilisables en plein air et/ou pour l'homme habillé. Une notable exception pour la gamme chaude est l'indice de contrainte thermique de Givoni [4].

D'une façon générale les indices des deux gammes se différencient selon les variables météorologiques prises en compte

— pour la « gamme froide » : température de l'air, vitesse du vent, rayonnements solaire et infrarouge atmosphérique ;

— pour la « gamme chaude » : les mêmes plus l'humidité absolue de l'air (tension de vapeur ou température du point de rosée).

Examinons maintenant quelques indices :

#### Indices d'évaluation d'une ambiance froide

Trois indices différents sont proposés. L'ensemble de ces trois indices simples permet de caractériser les différents aspects du bilan thermique de l'homme au froid : bilan thermique global, échanges thermiques au niveau des extrémités et échanges thermiques respiratoires.

##### L'indice de stress thermique au froid (en abrégé IST)

Il résulte d'une simplification d'un modèle de bilan thermique du corps humain. L'IST correspond au surplus de chaleur nécessaire à l'équilibre thermique par rapport à la valeur correspondant au cas de l'homme au repos.

Il se calcule à partir des variables température de l'air et vent exclusivement.

<sup>1</sup> clo = unité américaine d'isolation thermique d'un vêtement.

$$IST = \frac{\bar{T}_s - T_a}{I_a(V) + I_{cl}} - 60$$

- Avec  $T_a$  : température de l'air,  
 $\bar{T}_s$  : température cutanée moyenne (33°C),  
 $V$  : vitesse moyenne du vent (à 2 mètres au-dessus du sol),  
 $I_a(V)$  : isolation thermique de la couche limite, fonction décroissante de la vitesse du vent,  
 $I_{cl}$  : isolation thermique vestimentaire (valeur standard : 0,155 °C.m<sup>2</sup>/W en hiver).

Les hypothèses simplificatrices sont les suivantes : homme en position debout, ciel couvert, pas de parties découvertes.

#### L'indice de déperdition thermique respiratoire (en abrégé IDTR)

Il correspond au rapport des pertes de chaleur (sensible et latente) par les échanges respiratoires (Hres) à la chaleur métabolique totale (M) produite par l'organisme. Étant donné que ces deux termes sont en gros proportionnels au débit ventilatoire, cet indice a l'avantage d'être valable aussi bien pour l'homme au repos que pour l'homme en activité :

$$IDTR = \frac{H_{res}}{M}$$

Le numérateur Hres ne dépend que de deux variables météorologiques : température de l'air et tension de vapeur caractérisant l'air inspiré.

Ce rapport peut varier de 8 p. cent en été (air chaud et humide) à 20 p. cent dans le cas d'un air très froid et sec en hiver.

#### L'indice de refroidissement des parties découvertes (en abrégé IRPD)

Il correspond à la chaleur perdue par convection par une extrémité du corps humain (tête, main ou doigt) pour une valeur donnée de sa température cutanée.

$$IRPD = hc(V)(\bar{T}_s - T_a)$$

- Avec  $hc(V)$  : coefficient d'échange convectif local de l'extrémité considérée, fonction croissante de la vitesse du vent,  
 $V$  : vitesse du vent,  
 $\bar{T}_s$  : température cutanée moyenne de l'extrémité (valeur minimale retenue : 10 à 15 °C suivant l'extrémité considérée),  
 $T_a$  : température de l'air.

Comme l'indice de stress thermique présenté ci-dessus, il se calcule à partir de la température de l'air et du vent mais leurs pondérations respectives diffèrent entre les deux indices, ce dernier étant beaucoup plus sensible au vent. Cet indice est analogue au Wind-Chill Index (en abrégé WCI) de Siple [8] largement utilisé comme indice de risque de gelure par l'armée, notamment aux États-Unis et au Canada et dans le civil pour les employés travaillant l'hiver en extérieur. Il en diffère par la valeur de  $T_s$  (la valeur de 37° utilisée pour le WCI est beaucoup trop élevée) et par la valeur du coefficient  $hc(V)$  qui correspond à une extrémité donnée du corps. Comme pour le WCI, cet indice ne peut être utilisé seul comme critère global de stress thermique et doit être associé à un indice de bilan thermique global tel que l'IST.

Enfin il conviendrait de disposer pour la gamme froide à l'avenir d'un indice de froid humide qui fait défaut actuellement dans la littérature.

#### Indices d'évaluation d'une ambiance chaude

Il existe de nombreux indices relatifs à la gamme chaude. On peut en distinguer deux types bien différents, ce sont soit des indices très simples combinant température (sèche) de l'air et température humide (du thermomètre mouillé) et/ou température du point de rosée, soit des indices dérivés de modèles relativement complexes car il faut modéliser le processus de sudation et l'évaporation (réelle) de la sueur.

Parmi les indices simples on peut citer :

— la température équivalente proposée par E.C. Thom [11] du Weather Bureau US :

$$ET = 0,4(T_a + T_w) + 4,8$$

- Avec  $T_a$  : température de l'air (°C),  
 $T_w$  : température du thermomètre mouillé (°C) ;

— le seuil de « temps chaud » (en allemand « Schwüle », en anglais « sultriness ») proposé par Scharlau [7].

Ce seuil est de 18,7 hecto-Pascals soit une température du point de rosée de l'air de 16,5 °C.

Parmi les nombreux indices dérivés de modèle on peut citer l'indice de contrainte thermique de Givoni [4] qui calcule le débit sudoral requis et est utilisable en plein air, c'est-à-dire essentiellement avec un apport de rayonnement solaire et une vitesse de vent variables.

#### UTILISATION DES INDICES

Il s'agit ici de préciser quelques règles générales d'utilisation des indices en bioclimatologie humaine pour leur application particulière à la caractérisation des climats du point de vue du confort thermique de l'homme. Ces règles sont en accord avec celles de l'analyse des données climatologiques. Elles concernent l'échelle de temps des données météorologiques, la notion de seuil, le « domaine » d'utilisation d'un indice et l'analyse de la variabilité statistique de l'indice.

#### Les données météorologiques

Nous avons examiné au paragraphe 3 les variables météorologiques caractérisant l'« ambiance thermique » de l'environnement de l'homme à l'extérieur ou à l'intérieur. Ces variables doivent être considérées à une certaine échelle de temps pour deux raisons principales : d'une part tout d'abord, du fait des possibilités limitées de stockage de chaleur par l'organisme humain et a fortiori par une fraction de celui-ci (tête, main, doigt, etc.), les indices doivent être calculés à un faible pas de temps, à partir de valeurs quasi-instantanées et simultanées des variables météorologiques ; d'autre part ces variables mesurées au-dessus du sol et à proximité de celui-ci sont soumises à un cycle nyctéméral (de 24 heures) qui est loin d'être négligeable. Par exemple pour la température de l'air en France l'amplitude thermique diurne moyenne est de l'ordre de 4 °C à 9 °C en hiver et de 6 °C à 14 °C en été, suivant les régions françaises.

Étant donné que l'on dispose dans les fichiers climatologiques à la fois de données moyennes journalières et de données mesurées toutes les 3 heures (dites « synoptiques »),

il est souhaitable d'utiliser ces dernières pour un calcul d'indice et non les valeurs moyennes journalières. Ces données synoptiques sont en général des valeurs moyennées sur les dix minutes précédant l'heure d'observation. L'activité humaine en extérieur étant souvent limitée à la période diurne, une sélection des heures synoptiques intéressantes est faite (par exemple 9h, 12h et 15h TU).

Les variables météorologiques censées décrire le microclimat doivent correspondre à une hauteur de mesures standard (2 mètres au dessus du sol).

### Le choix des seuils

Une fois que les modes de calcul de l'indice et de sélection des données d'entrée ont été fixés, il est nécessaire de déterminer une valeur-seuil de cet indice afin de pouvoir réaliser une analyse statistique pertinente.

On sait en effet que l'organisme humain ne réagit pas de façon linéaire aux signaux environnementaux, qu'ils soient d'ordre thermique ou plus généralement sensoriel, étant donné qu'il met en œuvre des processus d'ajustement physiologique (vasomotricité, sudation...), lui permettant une adaptation correcte à l'environnement dès l'instant que les caractéristiques de celui-ci ne s'écartent pas trop de la normale.

Il y a plusieurs manières de choisir un seuil. Il peut par exemple être déterminé pour un besoin ergonomique particulier après enquête de l'inconfort constaté au travail (par exemple auprès d'ouvriers travaillant en hiver en plein air), l'indice ayant été calculé à certaines heures des jours pendant lesquels l'enquête a été réalisée. Le seuil ne peut en effet pas toujours être directement relié à une connaissance physiologique du phénomène et le calcul plus ou moins simplifié comprend toujours un certain nombre de biais par rapport à la réalité qu'il est censé représenter.

Pour les besoins de l'analyse climatologique le seuil peut également être déterminé par un examen de la distribution

statistique des valeurs de l'indice en un certain nombre de stations-types et à une période particulière de l'année (saison ou mois). Un choix adapté du seuil permet, par le calcul de la fréquence de dépassement du seuil, de caractériser une anomalie qui n'ait cependant pas un caractère de rareté trop prononcé.

### Domaine d'utilisation de l'indice

Lorsqu'un indice a été établi à partir d'un modèle de bilan thermique celui-ci a été calibré en général pour des gammes données (intervalles de variation possible) de valeurs de la température de l'air, de la température du point de rosée, de la vitesse du vent, voire du métabolisme énergétique. Définir le domaine d'utilisation de l'indice, c'est indiquer dans la mesure du possible ces gammes de variation, celles-ci n'étant malheureusement pas toujours précisées.

### Analyse statistique spatio-temporelle de l'indice

C'est en fait une analyse de la variabilité climatique de l'indice qui se décompose en variabilité spatiale et variabilité temporelle.

L'étude de la variabilité spatiale correspond à la cartographie d'une variable qui est en fait un critère statistique : un paramètre statistique central (moyenne ou médiane) ou de dispersion (quintile, écart-type, coefficient de variation) de la distribution d'une variable météorologique simple ou d'un indice, qui est moyenné ou cumulé sur une période donnée (jour, décennie, mois, saison ou année). La statistique est réalisée sur une période climatique de 30 ans.

L'étude de la variabilité temporelle combine l'étude du cycle annuel de la variable par pas de temps décennaire, la statistique (médiane et quintiles extrêmes) pouvant être réalisée décennie par décennie, et ceci pour un certain nombre de stations-types choisies dans chaque climat régional.

### RÉFÉRENCES

1. Choïnel E. — Biométéorologie : étude des échanges thermiques de l'homme en plein air. *La Météorologie*, 1976, 6, 5, 85-106 (Errata in 6, 7, p. 204).
2. Choïnel E. — La bioclimatologie humaine : situation actuelle et perspectives. Actes du XXX<sup>e</sup> Congrès International d'Hydrologie et de Climatologie Médicales. Nancy-Vittel. *Presse Therm. clim.*, 1988, 125, 5.
3. Fanger P. — *Thermal comfort*. New York, Mc Graw-Hill, 1972 (244 p.).
4. Givoni B. — *L'homme, l'architecture et le climat*. Paris, Editions du Moniteur, 1978 (460 p.).
5. Houdas Y., Colin J. — Echanges thermiques et hydriques par les voies respiratoires de l'homme. *Path. Biol.*, 1966, 14, n° 3-4, 229-238.
6. Rivolier J., Bourg P.E., Boutelier Ch., Fondarai I., Kozlowski J.M., Pats B. — Le froid en Terre-Adélie : étude bioclimatologique, thermobiologique et physique. *Comité Natl. Fr. Recherches Antarctiques*, n° 46, 1981 (98 p.).
7. Scharlau K. — Die Schwüle als messbare Größe. *Bioklimato. Beibl. Meteorol. Z.*, 1943, 10, 19.
8. Siple P.A., Passel C.F. — Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. *Proc. Am. Phil. Soc.*, 1945, 89, 1, 177-199.
9. Steadman R.G. — Indices of wind chill of clothed persons. *J. Appl. Meteorology*, 1971, 10, 4, 674-683.
10. Steadman R.G. — The assessment of sultriness. Part I: A temperature - humidity index based on human physiology and clothing science. Part II: Effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. *J. Appl. Meteor.*, 1979, 18, 7, 861-885.
11. Thom E.C. — A new concept for cooling degree days. *Air Cond. heat. Vent.*, 1957, 54, 73-80.
12. Varenne P., Kays C. — A graphic analysis of respiratory heat exchange. *J. Appl. Physiol.*, 1987, 63, 4, 1374-1380.

## Protection physiologique des pilotes d'avions de transport contre le risque de décompression jusqu'à 45 000 ft

H. MAROTTE, D. LEJEUNE, J.M. CLERE,  
M. KERGUÉLEN, H. VIEILLEFOND

(Brétigny)

La protection physiologique des équipages d'avions de transport contre le risque d'hypoxie est régie par diverses prescriptions réglementaires.

La réglementation actuellement en vigueur prévoit le port du masque obligatoirement au-dessus du niveau 410 (41 000 ft) et une  $F_{iO_2}$  supérieure ou égale à 0,52 dès le sol.

En pratique cette réglementation n'était pas appliquée jusqu'il y a 2 ans et la dérogation faisait office de loi. Cette position a changé mais il s'avère que les équipements correspondants ergonomiquement bien adaptés à la situation d'urgence, voire de catastrophe, sont beaucoup moins bien adaptés dans le cas du port préventif permanent (confort, consommation d' $O_2$ ).

Les essais qui ont été pratiqués au Laboratoire de Médecine Aéronautique avaient pour but de déterminer, en décompression rapide, l'influence du retard à la protection contre l'hypoxie et le rôle protecteur de l'inhalation préventive de mélanges gazeux enrichis.

Les essais ont été effectués avec des matériels de grande diffusion dans l'aviation civile. Leurs caractéristiques de dilution et de surpression altimétrique étaient représentatives de systèmes existant sur avions de série.

### BASES PHYSIOLOGIQUES DE LA PROTECTION CONTRE L'HYPOXIE D'ALTITUDE

Lors de la montée en altitude, si la composition gazeuse de l'air ne se modifie pas, la pression barométrique diminue. Il en résulte une diminution de la pression partielle en oxygène de l'air inspiré. Cette baisse de  $P_{iO_2}$  entraîne une baisse de la pression alvéolaire en oxygène ( $PAO_2$ ).

En aéronautique il est indispensable de maintenir une  $PAO_2$  suffisante pour éviter l'hypoxie et par là la dégradation des performances psychomotrices voire même la perte de connaissance.

A cet effet on dispose de deux solutions. La première consiste à : maintenir la pression dans la cabine à une alti-

tude suffisamment basse pour éviter l'hypoxie : c'est le cas des avions de transport dont l'altitude cabine est maintenue à 8 000 ft (souvent 5 000 ft) quel que soit le niveau de vol. La deuxième solution consiste à augmenter la fraction d'oxygène dans l'air inspiré grâce à un masque inhalateur et à un régulateur d'oxygène. Cette deuxième technique est utilisée dans l'aviation de chasse et également en secours dans l'aviation de transport en cas de décompression.

Le principe du régulateur d'oxygène est d'enrichir le mélange inspiré en oxygène en fonction de l'altitude jusqu'à obtenir une  $F_{iO_2}$  de 1. Cette valeur est obtenue plus ou moins haut selon la valeur de  $PAO_2$  que l'on souhaite maintenir. Par exemple, si la  $PAO_2$  souhaitée est de 10,8 kPa  $F_{iO_2}$  est égale à 1 pour  $Z = 36 500$  ft soit environ 11 000 m, si  $PAO_2$  est de 8 kPa l'altitude limite est de 39 000 ft soit environ 12 000 m.

Au-delà de ces altitudes pour assurer une protection efficace contre l'hypoxie il est indispensable que le régulateur délivre une surpression permettant de maintenir la  $PAO_2$  aux valeurs désirées.

Ce sont des systèmes de ce type qui existent à bord des avions de transport et qui sont destinés à assurer la protection des pilotes en cas de décompression jusqu'à 45 000 ft.

Le but du travail présenté ici était donc de vérifier l'efficacité de tels systèmes et surtout l'efficacité de leurs procédures de mise en œuvre dans la protection contre l'hypoxie à bord des avions de transport en cas de décompressions.

### PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Les expériences ont été effectuées sur sujets humains dans les caissons d'altitude du laboratoire. Ces caissons ont été utilisés en mode décompression rapide. Les deux caissons sont amenés à des altitudes différentes. Les expérimentateurs sont installés dans le petit caisson relié au grand par une vanne commandée par le sujet d'expérience.

10 sujets ont effectué 105 essais. Ces essais n'étant pas sans danger ils ont été progressifs pour un même sujet en augmentant séparément les variations de pression et le retard à la protection contre l'hypoxie.

Laboratoire de Médecine Aéronautique, CEV, 91220 BRÉTIGNY.

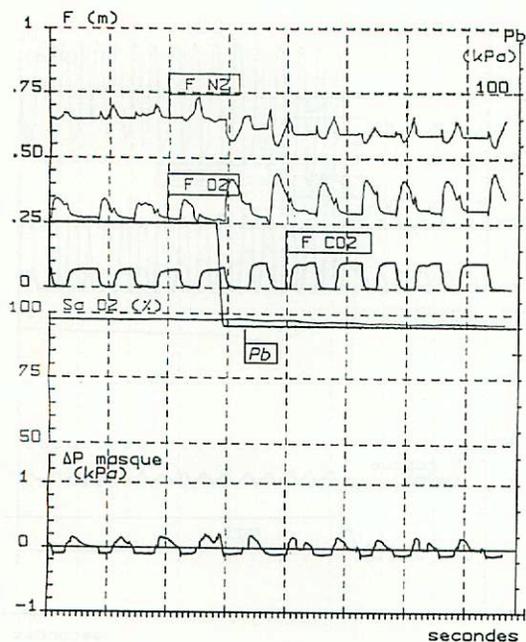


Fig. 1. — Décompression rapide (200 mbar) 8 000-15 800 ft.

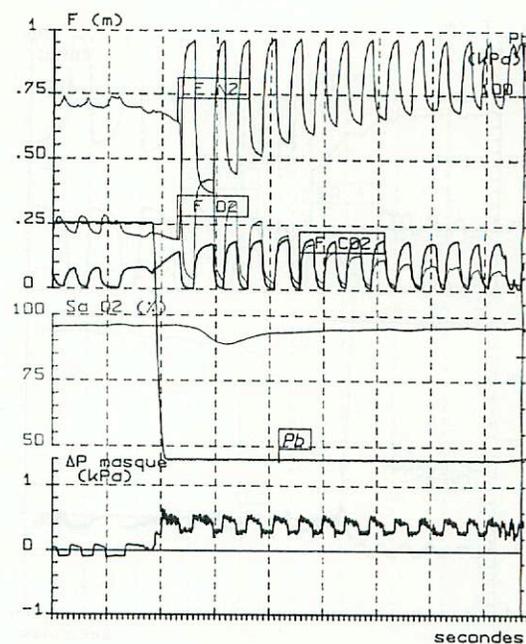


Fig. 2. — Décompression rapide (450 mbar) 8 000-29 850 ft.

Les mesures suivantes ont été réalisées :

- pression absolue dans le petit caisson (PB) ;
- pression dans le masque ;
- fraction gazeuse dans le masque par spectrométrie de masse ;
- saturation artérielle en oxygène ;
- enregistrement de l'ECG et estimation de la fréquence cardiaque ;
- surveillance de l'alimentation du système en  $O_2$ .

#### DESCRIPTION D'UN ESSAI

Avant la décompression l'altitude cabine était de 8 000 ft (753 mb) : c'est l'altitude cabine la plus élevée autorisée par les règlements. Les essais ont permis de faire varier la fraction d'oxygène inhalée à 8 000 ft et le retard à la mise en place du système protecteur.

Le retard à la protection contre l'hypoxie a été introduit progressivement, du moins pour les deux premiers sujets. Pour les sujets suivants, le retard a été pris égal à 8 s compte tenu des données de la bibliographie.

Chaque essai s'est déroulé selon le schéma suivant :

- montée à l'altitude de 8 000 ft (753 mb) ;
- palier à 8 000 ft : le grand caisson est préparé ;
- l'enregistrement commence 1 minute avant la décompression ;
- décompression déclenchée par le sujet lui-même ;
- 1 à 2 minutes d'enregistrement ;
- mise en descente.

Pour les essais réalisés avec retard à la protection contre l'hypoxie, compte tenu de l'équipement de tête du sujet (avec oxymètre d'oreille), le sujet devait porter le masque. Dans ce cas le masque n'était pas alimenté, le sujet respirait à travers l'orifice de dilution du régulateur et le circuit oxygène était ouvert par un opérateur au moment fixé.

#### RESULTATS

Il est difficile de décrire les résultats de phénomènes transitoires seulement par des chiffres. Plusieurs planches seront présentées à titre d'exemple. Pour toutes les planches seules la  $SaO_2$ ,  $FiO_2$ ,  $FiN_2$ , pression barométrique et pression dans le masque ont été représentées pour respecter la clarté des figures.

Deux types d'essais ont donc été réalisés les uns avec respiration de l'air ambiant à 8 000 ft, les autres avec utilisation d'une  $FiO_2$  augmentée fonction de la loi de dilution du régulateur.

Par ailleurs l'importance de la décompression était plus ou moins importante de 200 à 556 mb. Cette décompression est réalisée en 2 secondes par mise en communication du petit et du grand caisson grâce à l'ouverture de la vanne pneumatique.

#### Sujets alimentés en oxygène à 8 000 ft

Pour une décompression entre 8 000 et 15 800 ft (fig. 1) nous n'observons rien d'important. En particulier la  $SaO_2$  reste stable à 98 p. cent alors que la  $FiO_2$  augmente jusqu'à 45 p. cent en inspiration.

Pour une décompression rapide de 450 mb de 8 000 à 29 850 ft (fig. 2) la  $SaO_2$  diminue légèrement et briève-

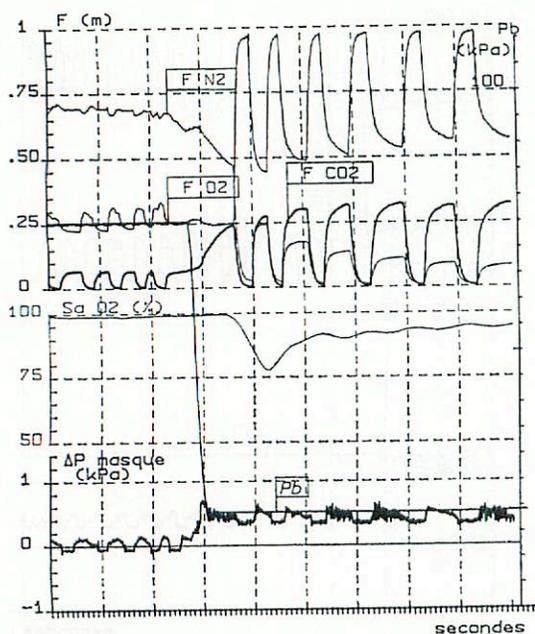


Fig. 3. — Décompression rapide (556 mbar) 8 000-39 000 ft.

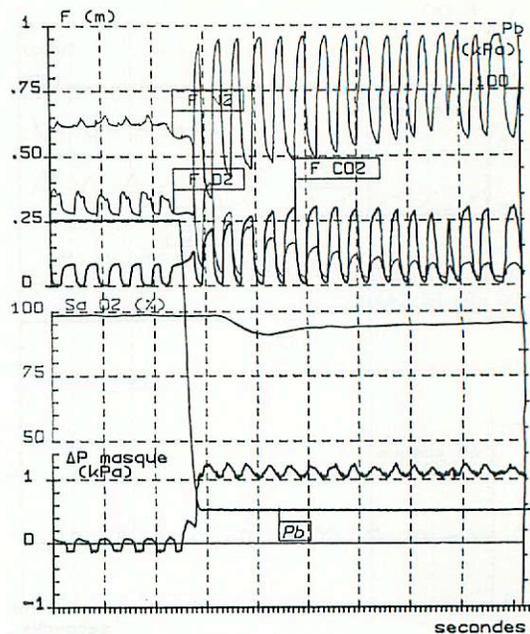


Fig. 4. — Décompression rapide (556 mbar) 8 000-39 000 ft.

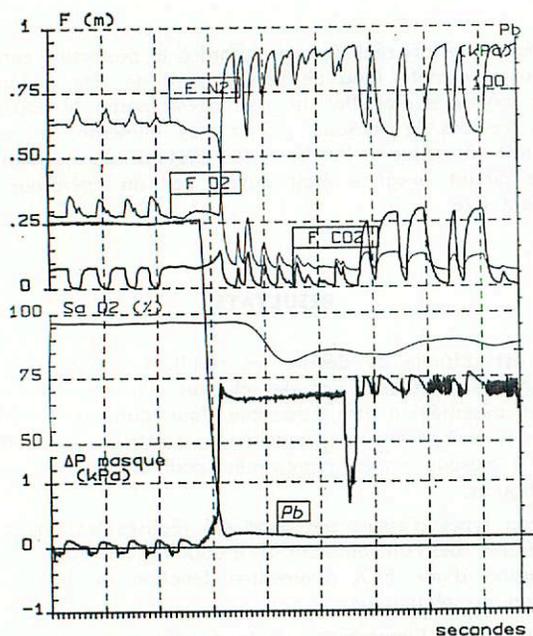


Fig. 5. — Décompression rapide (606 mbar) 8 000-45 000 ft.

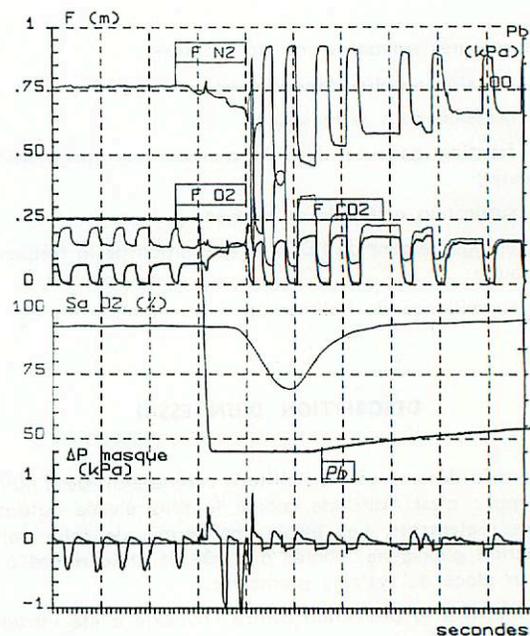


Fig. 6. — Décompression rapide (450 mbar) 8 000-29 850 ft.

ment, la  $FiO_2$  monte à 85 p. cent en 4 à 5 secondes après la décompression.

Pour une décompression entre 8 000 et 39 000 ft (fig. 3, 4) la surpression dans le masque atteint 4 à 5 mb, la  $SaO_2$  diminue en 11 s à 78 p. cent, l'enrichissement en oxygène augmente jusqu'à  $FiO_2$  1 au bout de 10 s.

Les éventuelles variations de saturation qui peuvent être observées au cours de situations expérimentales différentes ne sont pas liées à l'utilisation de différents types de régulateurs. L'observation des planches présentées ici montre qu'elles sont essentiellement fonction de la ventilation du sujet en expérimentation. La  $SaO_2$  baisse évidemment beaucoup moins si, suite à l'expiration liée à la décompression, la reprise inspiratoire est précoce.

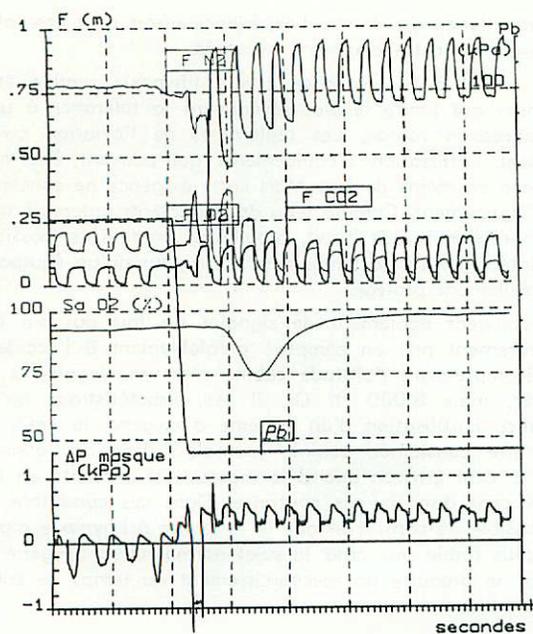


Fig. 7. — Décompression rapide (450 mbar) 8 000-29 850 ft.

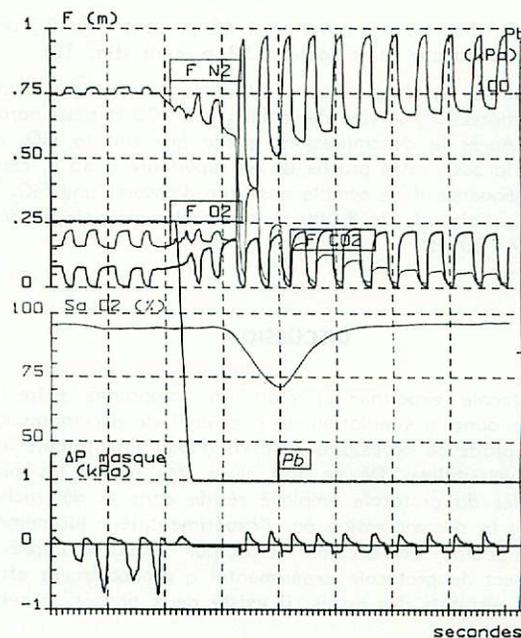


Fig. 8. — Décompression rapide (500 mbar) 8 000-33 750 ft.

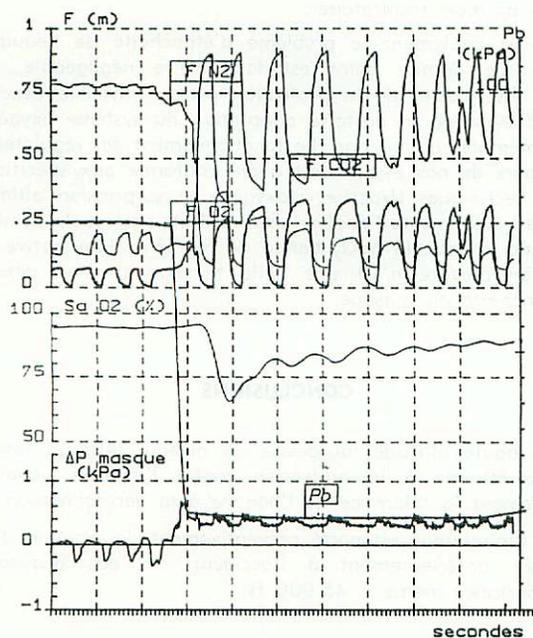


Fig. 9. — Décompression rapide (556 mbar) 8 000-39 000 ft.

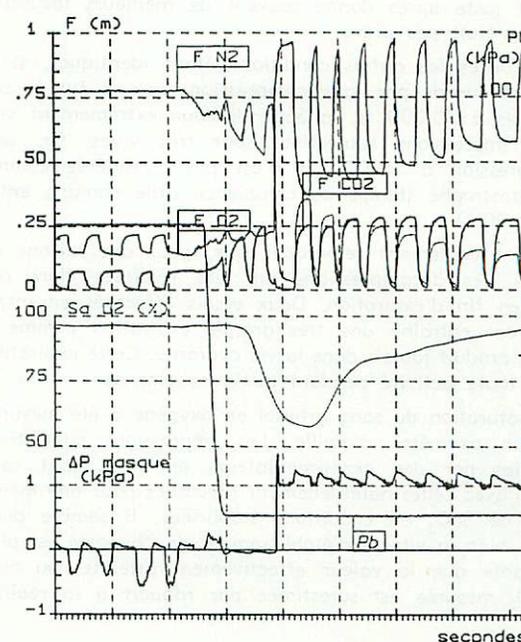


Fig. 10. — Décompression rapide (556 mbar) 8 000-39 000 ft.

Pour une décompression entre 8 000 et 45 000 ft, soit 600 mb (fig. 5), la diminution commence 4 s après la décompression et atteint 80 p. cent, la saturation ne revient pas à la normale. Il faut cependant noter que dans cet exemple la fraction d'oxygène qui devrait normalement être de 100 p. cent ne dépasse jamais 90 p. cent. Pour les autres essais réalisés dans les mêmes conditions, la valeur minimale de la  $SaO_2$  restait comprise entre 85 et 90 p. cent.

#### Respiration de l'air ambiant à 8 000 ft

Il est évident que dans ces conditions et si l'on impose en plus un retard à la protection contre l'hypoxie, la baisse de  $SaO_2$  est bien plus importante (figures 6, 7 et 8, obtenues à 29 850 ft et 33 750 ft).

Ainsi à 39 000 ft avec un retard de 3 à 5 s, la  $SaO_2$  diminue en moyenne jusqu'à 75 p. cent. Avec un retard de

8 s,  $SaO_2$  diminue en moyenne à 65 p. cent (fig. 9), une valeur individuelle était égale à 58 p. cent (fig. 10).

Lorsque le système oxygène est alimenté et utilisé avant la décompression, le rôle de la  $FiO_2$  à 8 000 ft nous paraît faible. Après la décompression quelle que soit la  $FiO_2$  de départ, la  $SaO_2$  reste proche de ou supérieure à 85 p. cent. En conséquence il ne semble pas utile d'assurer une  $FiO_2 > 0,52$  dès l'altitude de 8 000 ft lorsque l'avion vole au-dessus de 41 000 ft.

## DISCUSSION

Le protocole expérimental était un compromis entre le réalisme dans la simulation de l'accident de décompression et une prudence nécessaire vis-à-vis d'expérimentateurs humains volontaires. De ce fait, l'un des points les plus criticables du protocole employé réside dans le déclenchement de la décompression par l'expérimentateur lui-même ; dans la réalité, cet accident serait par définition imprévu. Cet aspect du protocole expérimental a probablement atténué les résultats des essais. Il existe deux preuves à cette affirmation :

— lorsque l'expérience à 30 000 ft avec retard est la première d'une série, l'effet de surprise existe même pour des expérimentateurs avertis. L'essai à 34 000 ft qui les suit juste après donne souvent de meilleurs résultats, ce qui n'était pas prévu.

— Toutes les autres conditions étant identiques, si le sujet est surpris par la décompression, ce qui fut le cas deux fois à 30 000 ft, la  $SaO_2$  diminue extrêmement vite et les impressions subjectives sont très vives. Or, une décompression à 30 000 ft n'est pas considérée comme une catastrophe (temps de conscience utile compris entre 20 s et 90 s).

Il faut également remarquer que, pour des raisons de sécurité, les décompressions ont été réalisées chez des sujets en fin d'expiration. Deux essais effectués en inspiration ont entraîné une très grande expiration comme il ne s'en produit jamais dans la vie courante. Cette expiration inhibe toute activité pendant quelques secondes.

La saturation du sang artériel en oxygène a été mesurée avec un oxymètre d'oreille. Les impressions subjectives ressenties par des expérimentateurs entraînés sont sans rapport avec celles habituellement ressenties pour une même valeur de  $SaO_2$  en conditions stabilisées. Il semble donc que ou bien la vitesse d'établissement de l'hypoxie est plus importante que la valeur effectivement atteinte, ou bien la  $SaO_2$  mesurée est surestimée par rapport à la réalité.

La surveillance des sujets d'expérience serait peut être plus en faveur de cette deuxième hypothèse.

Le retard à la protection contre l'hypoxie semble être l'élément qui limite le plus sévèrement la tolérance à une décompression rapide. Les règlements de l'aviation civile imposent l'utilisation d'équipements qui peuvent être mis en place en moins de 5 s. Mais cette exigence ne concerne que l'équipement. Compte tenu des caractères propres à une décompression rapide (bruit, brouillard, froid) il est possible de s'interroger sur le temps nécessaire pour qu'un équipage soit réellement protégé.

Il convient également de signaler un fait qui n'a été que rarement pris en compte : préalablement à l'accident de décompression, l'altitude cabine n'est pas le niveau de la mer, mais 8 000 ft. Or, il est caractéristique qu'en l'absence d'utilisation d'un système d'oxygène, la  $SaO_2$  ne peut être considérée comme normale : dans nos essais : 98,5 p. cent environ quand le masque est alimenté en  $O_2$ , 95 p. cent dans le cas contraire. Dans ces conditions, il est possible de considérer que la tolérance à l'hypoxie aiguë sera plus faible que chez le sujet normalement oxygéné et il peut se produire un raccourcissement du temps de conscience utile.

Insistons enfin une dernière fois sur le rôle des facteurs aggravants :

- effet de surprise ;
- position respiratoire ;

— et également le problème d'étanchéité de l'équipement. Ce dernier point est loin d'être négligeable. En effet, l'efficacité de la protection contre l'hypoxie dépend grandement de la parfaite adaptation du système oxygène aux membres d'équipage. Le fonctionnement des régulateurs au cours de nos essais s'est avéré conforme aux spécifications techniques (fraction d'oxygène et surpression altimétrique). Néanmoins l'analyse des résultats permet de constater que lorsque la  $SaO_2$  baisse de manière significative la fraction d'azote n'est pas nulle témoignant d'un défaut d'étanchéité du masque.

## CONCLUSIONS

En haute altitude (au-dessus du niveau 340) un retard même minime à la protection contre l'hypoxie pénalise lourdement la tolérance de l'homme à la décompression.

Si l'inhalateur est porté préventivement, la fraction d' $O_2$  inhalée antérieurement à l'accident n'a pas beaucoup d'importance même à 45 000 ft.

## Évolution des catécholamines plasmatiques et de la réponse immunitaire lors d'un raid polaire

G. DEKLUNDER \*, C. LANDAULT \*\*, P. LAURENT \*\*\*

### INTRODUCTION

Les conditions de vie polaire imposent à l'individu, une double contrainte, physique d'une part, en raison du froid et de l'effort physique obligatoire, et émotionnelle d'autre part, en raison des risques encourus ainsi que des conditions de vie en petit groupe isolé. Ces différents éléments peuvent tous être considérés comme des facteurs de stress et donc induire des variations biologiques dont les variations hormonales et en particulier celles des catécholamines. Ces dernières sont reconnues depuis longtemps comme indicateurs de stress [2, 4, 6]. En ce qui concerne les réactions immunitaires, leur participation aux réactions de stress commence seulement à être mise en lumière. En effet, même si la relation entre vie émotionnelle et fonctionnement immunitaire est pressentie depuis longtemps, elle n'est mise en évidence que depuis peu, chez l'homme tout au moins [11, 12]. Il est actuellement établi qu'existe un véritable axe neuro-immunitaire, celui-ci n'étant d'ailleurs pas sans relation avec l'axe neuro-endocrine qui serait le médiateur de l'immuno-neuro-modulation [3, 5, 10].

De plus, l'environnement polaire étant amicrobien en raison des températures extrêmement basses, la stimulation permanente que subit normalement le système immunitaire est par conséquent supprimée, ce qui peut également induire des modifications de son fonctionnement.

Il n'existe pratiquement pas de travaux antérieurs sur l'évolution de ces différents paramètres lors d'une contrainte au long cours, d'où l'intérêt de la présente étude.

### METHODE

L'évolution des catécholamines plasmatiques et de la réponse immunitaire a donc été étudiée chez les sujets participant à l'expédition « Des femmes pour un pôle », expédition composée de 6 femmes, d'âge moyen 33 ans, effectuant une tentative de joindre à ski le pôle nord géographique, à partir du nord du Spitsberg, en tirant elles-mêmes sur traîneaux tout leur équipement. Le but principal de

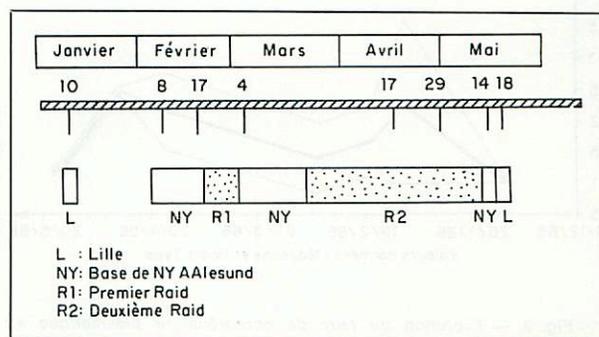


Fig. 1. — Déroulement chronologique de l'expédition. Les dates indiquées correspondent aux prélèvements sanguins T1 à T9 (manque le repérage du prélèvement T5, celui-ci n'ayant pas été utilisable pour des raisons techniques). Le prélèvement de référence T1 a été effectué en France, trois semaines avant le départ, T2, T3, T4, T8 au camp de base du Spitsberg, T6, T7 sur la glace et T9 le lendemain du retour en France.

l'expédition était d'ordre glaciologique, mais un vaste programme psychologique et biologique a été réalisé conjointement.

L'expédition s'est déroulée de janvier à mai 1986, en deux étapes, avec une interruption de 3 semaines au camp de base, en raison des conditions météorologiques. Après cette interruption, seuls 4 sujets sont repartis sur la banquise arctique, les deux autres ayant dû abandonner en raison de gelures aux extrémités. Seuls les résultats portant sur les 4 sujets ayant accompli la totalité de l'expédition sont ici rapportés.

Les prélèvements sanguins ont été réalisés selon la chronologie présentée dans la figure 1. Le traitement, la répartition des échantillons et leur congélation ont été effectués au camp de base. Les prélèvements sur la banquise ont été faits dans l'avion d'assistance lors des ravitaillements. Les analyses des différents échantillons ont été réalisées en France après le retour de l'expédition.

Les catécholamines plasmatiques, adrénaline, noradrénaline et dopamine ont été dosées par méthode radio-enzymatique, les immunoglobulines A, G et M plasmatiques par méthode immunonéphélométrique. De plus, a été réalisée une étude de la réponse immunitaire dynamique en dosant les anticorps spécifiques anti-tétaniques et anti-rabiques par

\* Laboratoire de Physiologie, Faculté de Médecine, 1, place de Verdun, 59045 LILLE CEDEX.

\*\* CHU Pitié-Salpêtrière, 91, boulevard de l'Hôpital, 75013 PARIS.

\*\*\* Institut Pasteur, Département Immunologie, 77, rue Pasteur, 69365 LYON CEDEX 3.

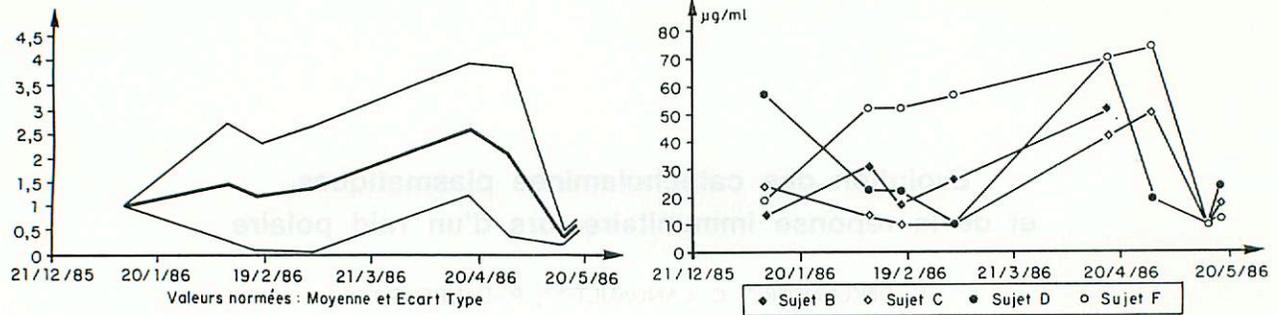


Fig. 2. — Evolution du taux d'adrénaline plasmatique au cours de l'expédition. A gauche : taux moyen exprimé en % d'écart par rapport au dosage de référence T1, et écart-type. A droite : taux individuels.

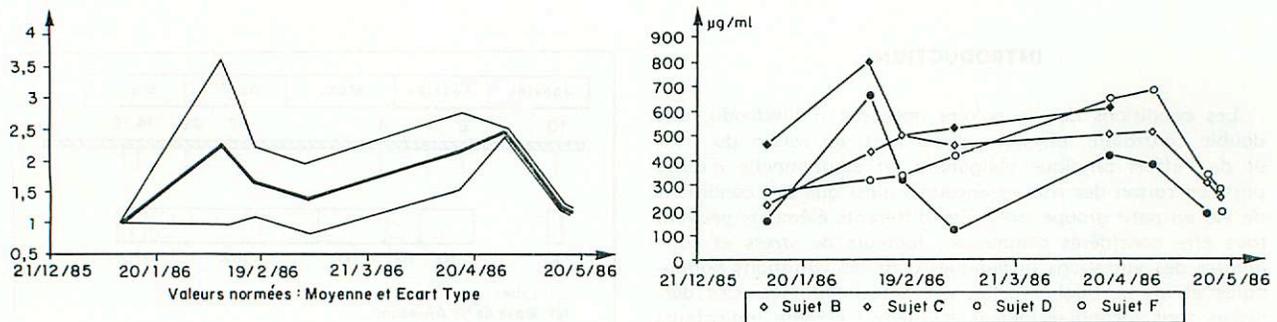


Fig. 3. — Evolution du taux de noradrénaline plasmatique au cours de l'expédition. A gauche et à droite : même présentation que pour la figure 1.

méthode immuno-enzymatique suivant la technique ELISA respectivement après re-vaccination et primo-vaccination, effectuées au camp de base, le jour du premier prélèvement-terrain (T2).

Seul le compartiment humoral de la réponse immunitaire a été exploré, l'étude de l'immunité cellulaire n'étant pas réalisable compte tenu de l'environnement matériel et climatique.

## RESULTATS

### CATECHOLAMINES PLASMATIQUES

Pour chacune des catécholamines étudiées, les résultats sont à la fois présentés, pour le groupe, et compte tenu du petit nombre de sujets, pour chaque individu.

#### Adrénaline (fig. 2)

On observe une augmentation du taux moyen d'adrénaline plasmatique depuis le premier jusqu'au dernier prélèvement. Il se produit ensuite une chute du taux plasmatique dès le retour au camp de base. Les courbes individuelles mettent en évidence une certaine disparité de réactions entre les sujets lors des premiers prélèvements. Cependant, lors du dernier prélèvement-terrain, les taux d'adrénaline sont augmentés pour l'ensemble des individus et la chute lors du retour au camp de base est également

homogène. On constate donc une augmentation du taux d'adrénaline plasmatique sur le terrain mais plus ou moins retardée en fonction des sujets avec une normalisation lors du retour au camp de base.

#### Noradrénaline (fig. 3)

La noradrénaline plasmatique augmente de façon significative ( $p$  inférieur à 0,05) dès le premier prélèvement-terrain effectué au camp de base avant le départ sur la glace. Le taux moyen de noradrénaline est ensuite maintenu un peu supérieur au taux de référence puis un deuxième pic apparaît lors des deux derniers prélèvements-terrain avec une chute dès le retour au camp de base où les taux deviennent équivalents à ceux mesurés lors du prélèvement de référence. Les réactions individuelles ne sont pas dissimulables, sauf pour un sujet dont le taux de noradrénaline augmente progressivement tout au long du séjour. La chute dès le retour au camp de base s'observe pour les 4 sujets.

#### Dopamine (fig. 4)

On observe une augmentation significative ( $p$  inférieur à 0,02) de la dopamine plasmatique lors du premier prélèvement-terrain, cette augmentation étant proportionnellement beaucoup plus importante que celle observée pour l'adrénaline et la noradrénaline. Le taux de dopamine plasmatique reste élevé par rapport au taux de référence pendant tout le séjour puis chute lors du retour au camp de base. L'augmentation du taux de dopamine plasmatique

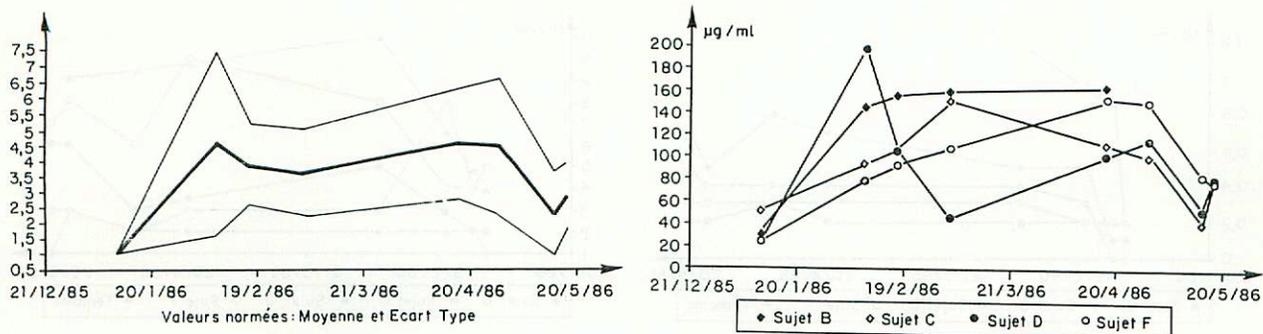


Fig. 4. — Evolution du taux de dopamine plasmatique au cours de l'expédition. A gauche et à droite : même présentation que pour la figure 1.

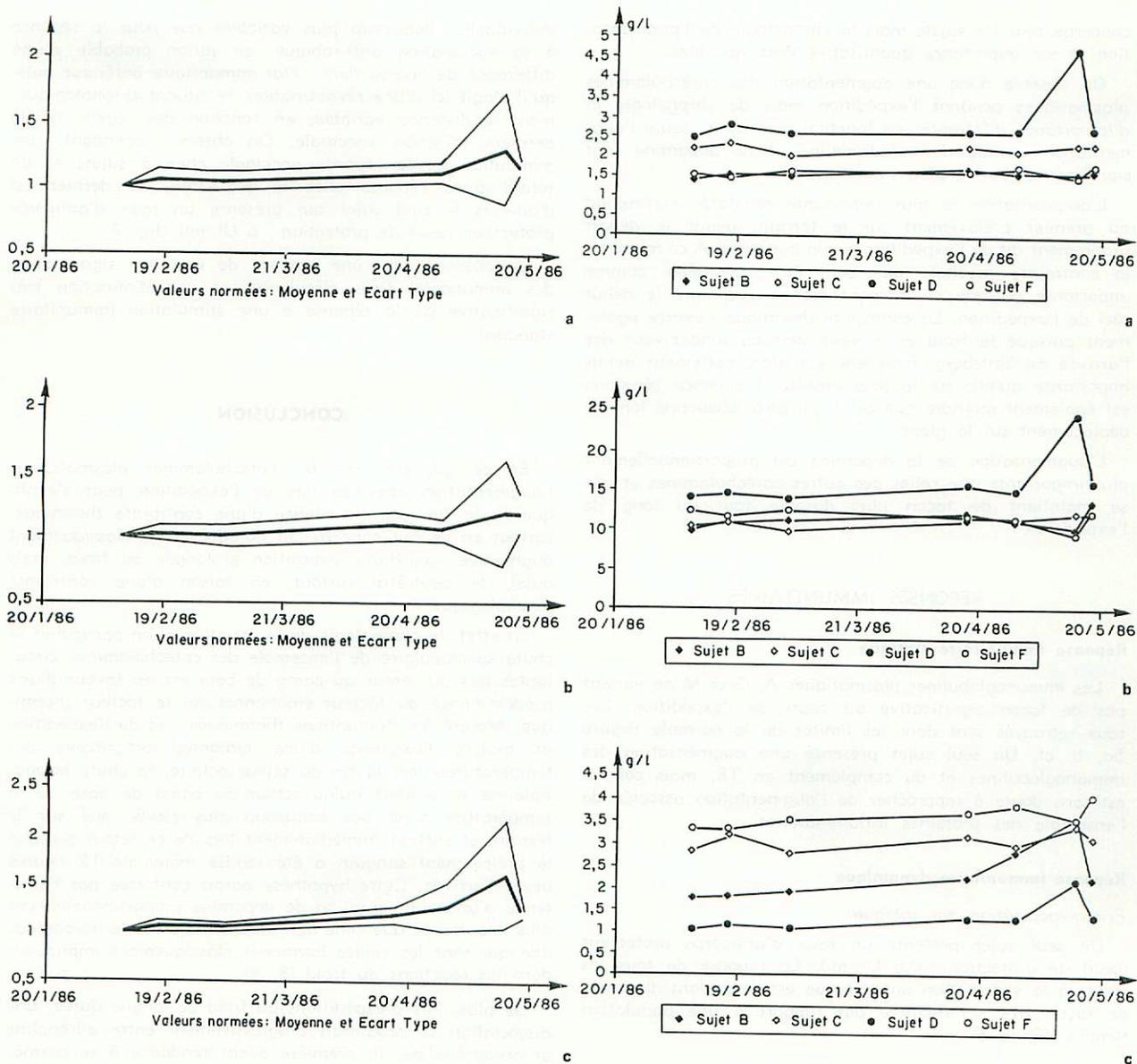


Fig. 5. — Evolution des immunoglobulines plasmatiques au cours de l'expédition. a) Immunoglobulines A. b) Immunoglobulines G. c) Immunoglobulines M. A gauche et à droite : même présentation que pour la figure 1.

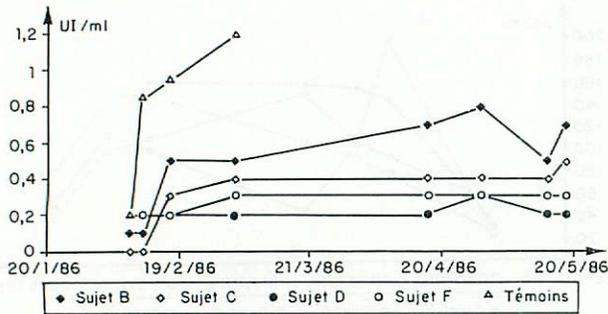


Fig. 6. — Evolution des taux d'anticorps anti-rabiques au cours de l'expédition : taux individuels et taux d'un groupe témoin composé de 12 femmes jeunes.

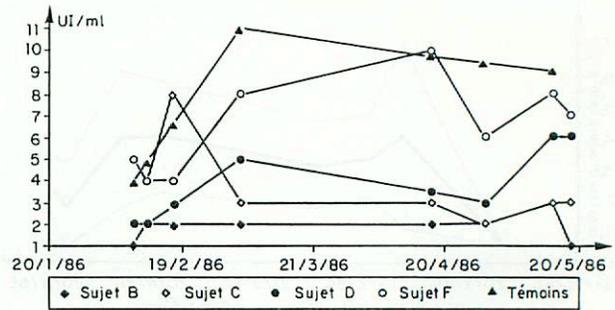


Fig. 7. — Evolution des taux d'anticorps anti-tétaniques au cours de l'expédition : taux individuels et taux d'un groupe témoin composé de 12 femmes jeunes.

concerne tous les sujets mais la chronologie de l'augmentation et son importance quantitative sont variables.

On observe donc une augmentation des catécholamines plasmatiques pendant l'expédition mais de chronologie et d'importance différentes en fonction des sujets. Seule l'augmentation initiale de noradrénaline et de dopamine sont significatives sur le plan statistique.

L'augmentation la plus importante constatée correspond au premier prélèvement sur le terrain, avant le départ proprement dit de l'expédition sur la banquise. A ce moment, la contrainte psychologique peut être considérée comme importante puisque ce moment est vécu comme le début réel de l'expédition. La contrainte thermique s'exerce également puisque le froid et le vent sont au rendez-vous dès l'arrivée au Spitsberg, mais elle est alors nettement moins importante qu'elle ne le sera ensuite. L'exercice physique est également moindre que celui qui sera développé lors du déplacement sur la glace.

L'augmentation de la dopamine est proportionnellement plus importante que celles des autres catécholamines et elle se maintient de façon plus durable tout au long de l'expédition.

## REPONSES IMMUNITAIRES

### Réponse immunitaire statique

Les immunoglobulines plasmatiques A, G et M ne varient pas de façon significative au cours de l'expédition. Les taux retrouvés sont dans les limites de la normale (figure 5a, b, c). Un seul sujet présente une augmentation des immunoglobulines et du complément en T8, mais celle-ci est sans doute à rapprocher de l'augmentation associée de l'ensemble des protéines inflammatoires.

### Réponse immunitaire dynamique

#### Primo-vaccination anti-rabique

Un seul sujet présente un taux d'anticorps protecteur (seuil de protection : 0,5 UI/ml). La réponse de tous les sujets à la vaccination anti-rabique est cependant diminuée de façon très significative par rapport à une population témoin (figure 6).

#### Vaccination anti-tétanique

En réponse à cette vaccination on observe des réactions

individuelles beaucoup plus variables que pour la réponse à la vaccination anti-rabique, en raison probable d'une différence de niveau dans l'état immunitaire antérieur puisqu'il s'agit ici d'une revaccination, se situant chronologiquement à distance variable, en fonction des sujets, de la dernière injection vaccinale. On observe cependant, une diminution de la réponse vaccinale chez 3 sujets et un retard à la réponse chez le quatrième. Ce dernier est d'ailleurs le seul sujet qui présente un taux d'anticorps protecteur (seuil de protection : 6 UI/ml) (fig. 7).

On observe ainsi une absence de variation significative des immunoglobulines circulantes et une diminution très significative de la réponse à une stimulation immunitaire standard.

## CONCLUSION

En ce qui concerne les catécholamines plasmatiques, l'augmentation observée lors de l'expédition peut s'expliquer à la fois par l'existence d'une contrainte thermique, surtout en ce qui concerne la noradrénaline, classiquement augmentée lors d'une exposition prolongée au froid, mais aussi, et peut-être surtout, en raison d'une contrainte psychologique.

En effet, la chronologie de la variation et en particulier la chute spectaculaire de l'ensemble des catécholamines circulantes lors du retour au camp de base est en faveur d'une prédominance du facteur émotionnel sur le facteur thermique. Malgré les fluctuations thermiques lors de l'expédition et malgré l'existence d'une remontée progressive des températures vers la fin du séjour polaire, la chute hormonale ne se produit qu'au retour au camp de base où la température n'est pas beaucoup plus élevée que sur le terrain, et surtout immédiatement lors de ce retour puisque le prélèvement sanguin a été réalisé moins de 12 heures après l'arrivée. Cette hypothèse paraît confortée par l'existence d'une augmentation de dopamine proportionnellement plus importante que celle de l'adrénaline et de la noradrénaline qui sont les seules hormones classiquement impliquées dans les réactions au froid [8, 9].

De plus, lors d'expéditions au froid de longue durée, une dissociation se produirait progressivement entre adrénaline et noradrénaline, la première ayant tendance à se normaliser assez vite alors que l'élévation de la seconde se maintiendrait pendant toute l'exposition et serait donc plus

spécifique de la contrainte thermique. Or, ce type d'évolution n'est pas retrouvé dans notre étude où l'évolution du taux des catécholamines n'est pas dissociée.

Quant à l'augmentation de la dopamine, elle pourrait également être en partie liée à l'exercice physique, cependant l'augmentation la plus importante observée apparaît avant même le départ réel de l'expédition et donc avant que l'exercice physique ne soit le plus intense, ce qui n'est donc pas en faveur de cette hypothèse.

Les modifications des catécholamines circulantes paraissent donc essentiellement en rapport avec la contrainte émotionnelle. La dopamine semble pouvoir être aussi utilisée comme un indicateur de stress d'autant plus que sa libération paraît proportionnellement plus augmentée que celle des indicateurs classiques, ce qui avait déjà été souligné antérieurement [1].

En ce qui concerne la réponse immunitaire, sa diminution peut être attribuée à la fois au stress psychologique qui peut induire une diminution de la réponse immunitaire globale et à la fois au manque de stimulation de la fonction que l'on observe en région polaire, sans que l'on ait d'argument pour départager leur part de responsabilité respective. De plus, il faut évoquer l'existence d'un lien possible entre l'augmentation des catécholamines et la diminution de la réponse immunitaire qui peut être favorisée par l'augmentation de la noradrénaline en particulier.

Cette étude confirme donc l'influence des contraintes thermiques et surtout émotionnelles sur les catécholamines circulantes et le fonctionnement immunitaire.

En raison du petit nombre de sujets concernés, des études ultérieures sur des groupes similaires sont bien sûr nécessaires pour conforter les hypothèses soulevées.

#### REFERENCES

- Allain H., Benthe-Ferrer D., Reymann J.M. — Pharmacologie du stress. *Neuro-psy*, 1986, 1, 8, 92-102.
- Axelrod J., Reisine T.D. — Stress Hormones: their interaction and regulation. *Science*, 1984, 224, 452-459.
- Besedovsky H.O., Rey del A.E., Sorkin E. — Immuno-neuro-endocrine interactions. *J. Immunol.*, 1985, 135, 2, 750-754.
- Cannon J. — *The wisdom of the body*. New York, Norton, 1932.
- Felten D.L., Felten S.Y., Carlson S.L., Olschowka J.A., Livnat S. — Noradrenergic and peptidergic innervation of lymphoid tissue. *J. Immunol.*, 1985, 135, 2, 755-765.
- Frankenhaeuser M. — Experimental approaches to the study of catecholamines and emotions. In: Levy L., *Emotions: their parameters and measurement*, pp. 209-234. New York, Mc Graw-Hill, 1975.
- Leblanc J., Pouliot M. — Importance of noradrenaline in cold adaptation. *Am. J. Physiol.*, 1964, 207, 853-856.
- Leduc J. — Catecholamine production and release in exposure and adaptation to cold. *Acta Physiol. Scand. (suppl.)*, 1961, 183, 1-101.
- Radomski M.W., Boutelier C. — Hormone response of normal and intermittent cold-preadapted human to continuous cold. *J. Appl. Physiol.*, 1982, 53, 3, 610-616.
- Stein M., Keller S.E., Schleifer S.J. — Stress and immunomodulation: the role of depression and neuro-endocrine function. *J. Immunol.*, 1985, 135, 2, 827-833.
- Stein M., Schiavi R.C., Camerino M. — Influence of brain and behaviour on the immune system. *Science*, 1976, 191, 435-440.
- Villemain F., Chatenoud L. — Stress et immunologie. Neuro-immunomodulation. *Neuro-psy*, 1986, 1, 8, 104-108.

## Environnement, espace et facteurs humains Orientations actuelles

Cl. BACHELARD \*, J. RIVOLIER \*\*

### INTRODUCTION

Les activités humaines dans l'espace évoluent dans leur objectif et dans leur contenu. Ce fait implique-t-il une modification des contraintes auxquelles l'homme se trouve confronté dans ce milieu ?

En particulier, l'interface homme-environnement va-t-elle changer dans l'avenir et les hommes susceptibles de réussir les missions futures devront-ils avoir le même profil que les pionniers de l'espace ?

Nous tenterons d'apporter un éclairage actuel à ces questions en envisageant le terme environnement pris dans le sens écologique le plus large, selon trois dimensions :

- environnement physique (facteurs d'ambiance) ;
- environnement psychosocial ;
- environnement occupationnel ou ergonomique.

### EVOLUTION DES ACTIVITES HUMAINES DANS L'ESPACE

#### LES OBJECTIFS

Depuis les vols historiques de Gagarine en 1961, puis l'équipage américain atteignant la Lune en 1969, les vols spatiaux habités ont beaucoup évolué. Dans la période actuelle, l'activité spatiale humaine prédomine dans des stations orbitales temporaires ou permanentes. A moyen et à long terme, les astronautes utiliseront d'importantes stations orbitales permanentes ou des vaisseaux spatiaux qui

\* Laboratoire de Psychologie Appliquée, Université de Reims.

\*\* Laboratoire de Bioclimatologie et d'Ecologie humaine (Paris).

effectueront des voyages plus lointains (colonisation de la Lune, voyage sur Mars).

### LE ROLE DE L'HOMME DANS LES VOLS

L'astronaute a d'abord été un passager dépendant entièrement des moyens de mise en orbite et de récupération ainsi que des équipes dirigeant le vol depuis le sol.

Puis certaines phases des vols ont été commandées directement par les occupants des cabines spatiales. L'apparition des navettes spatiales a laissé une plus grande part de responsabilité aux pilotes. La spécialisation des tâches au sein des équipages est apparue rapidement et s'est accrue avec l'utilisation des navettes et des vols de longue durée. Il existe maintenant trois catégories d'astronautes : les pilotes, les techniciens et les scientifiques.

L'avenir laisse entrevoir une différenciation encore plus marquée qui pourrait aller, à l'occasion de vols de longue durée, à grands effectifs, des techniciens ou scientifiques spécialisés, jusqu'à l'apparition d'astronautes chargés de l'intendance, de la santé et, pourquoi pas, même des loisirs.

### QUELS SONT LES PARAMETRES QUI VARIENT ?

#### La durée des vols

Aux premiers vols d'un ou deux jours ont succédé des missions de plus en plus longues. Les Soviétiques se sont rapidement intéressés aux vols de longue durée et sont même parvenus à maintenir un de leurs « cosmonautes » plus de huit mois en orbite<sup>1</sup>. A long terme, on envisage des durées de vol encore supérieures. Ainsi, le voyage vers Mars devrait nécessiter trois années.

#### La composition des équipages

Le nombre des membres d'équipage a rapidement augmenté chez les Américains (Mercury : 1 ; Gemini : 2 ; Appolo : 3 ; Skylab : 3 ; navette spatiale : 7), de même chez les Soviétiques. Dans l'avenir, on pense atteindre la dizaine, puis vingt à trente individus.

Les équipages sont devenus hétérogènes avec l'apparition de la mixité de sexe, d'ethnie, de nationalité, l'élargissement de la gamme d'âge et la multiplication des spécialités professionnelles.

#### Les conditions de vie

Les objectifs nouveaux et les progrès technologiques ont entraîné un changement dans les conditions de vie.

Au cours des premières missions les astronautes, sanglés sur leurs fauteuils, vivaient dans un habitacle exigu, essentiellement préoccupés par le vol, épisode très temporaire dans le cours de l'existence. Peu de temps était consacré à l'hygiène et à l'alimentation.

Petit à petit, ils sont devenus plus mobiles dans leur vaisseau spatial et même parfois en dehors lors de sorties extra-véhiculaires.

Avec l'augmentation en durée des missions, le confort des équipages a été amélioré et le rythme de vie se rapproche de celui existant sur Terre, ne serait-ce qu'en raison de la nécessité de conserver les rythmes circadiens. On s'achemine peu à peu vers des conditions de vie de plus en plus proches de la « normale ».

<sup>1</sup> Plus d'un an à la date de parution de cet article.

## LES FACTEURS AGRESSIFS DANS LES VOLS SPATIAUX HABITES

### EN RAPPORT AVEC L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

L'accélération, les vibrations et le bruit liés au lancement et à la phase de retour sur Terre sont maintenus à des niveaux et des durées sans grande influence sur le plan biologique.

Au cours du vol, les sujets sont protégés du milieu extérieur, non compatible avec la vie humaine, par le véhicule ou les combinaisons spatiales. On y entretient un microclimat artificiel adapté en contrôlant la température, l'humidité, la ventilation, la composition de l'atmosphère, la pression, l'éclairage...

Cependant, cette protection est inefficace contre les effets de l'impesanteur et des rayonnements cosmiques. Cette irradiation ne semble pas avoir d'effet néfaste en période de faible activité solaire ou, s'ils sont prévenus à temps, les astronautes arrivent à se protéger des activités galactiques temporaires.

Encore faudrait-il pouvoir apprécier les effets à long terme. L'organisme humain en impesanteur présente un certain nombre de manifestations inopportunes sinon pathologiques :

- un « déconditionnement » cardiovasculaire (afflux sanguin dans les parties supérieures du corps et par voie réflexe déperdition hydro-électrolytique) ;
- des troubles de l'équilibration ou mal de l'espace ;
- une atrophie musculaire ;
- une déminéralisation osseuse liée à l'augmentation des sécrétions cortico-surrénales.

Lors du retour sur Terre, on observe aussi des problèmes de réadaptation à la pesanteur, avec un sentiment d'écrasement et un manque de coordination des mouvements.

Les solutions actuellement retenues pour pallier, dans une certaine mesure, ces nuisances, sont :

- la sélection de sujets particulièrement aptes à les supporter. Elle explore surtout les capacités d'adaptation cardiovasculaire et la résistance aux troubles de l'équilibration ;
- un perfectionnement des protections au niveau des véhicules ;
- l'utilisation de techniques préventives des troubles liés à l'impesanteur. Les astronautes s'astreignent à des exercices musculaires, ils portent des vêtements spéciaux qui simulent la pesanteur ou encore ils introduisent le bas du corps dans un caisson pour rétablir, par pression négative, une circulation sanguine presque normale dans les membres inférieurs.

### LES FACTEURS LIÉS A L'ENVIRONNEMENT PSYCHOSOCIAL

Les composantes psychologiques et sociales à prendre en considération pour les vols spatiaux sont, l'isolement, le confinement, les privations et le danger.

#### L'isolement

L'isolement lié à la séparation matérielle d'avec la « Terre des hommes » est bien réel. Toutefois, les vols spatiaux

bénéficient des moyens de liaison audiovisuels les plus sophistiqués.

On remarque que, malgré cela, les astronautes vivent cette situation comme une exclusion de leur monde habituel dans lequel ils ne peuvent plus réellement intervenir.

En fait, comme dans les autres groupes restreints fermés connus, la diminution de l'activation de l'individu par les stimuli sociaux habituels entraîne soit une évolution vers l'asthénie et l'indifférence préluant ainsi à la dépression, soit une exagération de tout problème interrelationnel et l'apparition de conflits dans le groupe.

L'état de dépendance des astronautes vis-à-vis de la Terre, avec une activité programmée et télécommandée, leur fait ressentir une certaine dépersonnalisation.

### Le confinement

L'importance du confinement est liée, d'une part aux conditions matérielles de vie (organisation du volume disponible, encombrement des équipements...) et, d'autre part, au nombre des individus ainsi qu'à la durée du séjour.

La vie en petite collectivité fermée génère des manifestations au sein du groupe (incidents relationnels, comportements individuels ou collectifs nuisibles à la réussite de la mission, opposition au leader) ou vis-à-vis des responsables extérieurs qui jouent alors le rôle de bouc émissaire.

### Les privations

Les privations résultent des conditions d'isolement et de confinement et entraînent une frustration. La privation affective est généralement beaucoup plus difficilement supportée que la privation sexuelle.

On doit accorder une grande importance à l'alimentation qui se trouve perturbée par les contraintes liées aux conditions de vol. La nourriture est peu variée, sans produits frais ; elle ne laisse pas d'initiative aux consommateurs et les conditions de prises d'aliments sont peu conviviales.

L'hygiène courante pose aussi un problème quotidien.

### Le danger

Dans l'activité spatiale, le risque est certainement encore considérable. Il est surtout lié à des défaillances techniques mais, raisonnablement, on peut penser que, comme pour les autres moyens de transport, la responsabilité des accidents deviera bientôt des causes techniques aux facteurs humains.

La prise en compte de l'environnement psychosocial par les nations qui développent des programmes spatiaux se fait de façon très inégale par la sélection et la préparation psychologique et l'aménagement des conditions de vol.

Tous les astronautes ont subi une sélection psychologique dans le but d'éliminer les candidats ayant un potentiel pathologique. Si cette attitude n'est pas justifiée quand le recrutement s'effectue uniquement dans une population de pilotes d'essai déjà professionnellement pré-sélectionnée, elle l'est plus pour des candidats issus d'autres populations et pour former des groupes ayant à vivre et à travailler à long terme dans cet environnement inhabituel et hostile.

Chez les Américains, on procède à l'observation des comportements des sujets et des groupes dans différentes situations d'examen et de tâches avec, comme principale préoccupation, l'adaptation aux exigences ergonomiques.

Les Soviétiques, eux, mettent un accent tout particulier sur la sélection par une approche plus large incluant des

épreuves à caractère plutôt psychophysologique. Les études sur le groupe touchent au problème de la compatibilité. L'entraînement psychologique des « cosmonautes » utilise de nombreuses techniques individuelles ou de groupe.

Les aménagements techniques des habitats spatiaux sont aussi étudiés pour minimiser les conséquences des facteurs agressifs psychosociaux. Les Américains travaillent dans une conception essentiellement ergonomique du problème. Ainsi, dans les véhicules, l'espace, le volume, la disposition des équipements, le décor intérieur, ont systématiquement été étudiés pour obtenir une utilisation optimale.

Les Soviétiques s'efforcent de développer une approche plus psychologique qui privilégie l'individu et lui autorise un certain degré de personnalisation. Ils ont, par exemple, pour diminuer l'isolement, organisé un système de communication audiovisuelle avec la famille, les amis et même des personnalités du monde scientifique, artistique, sportif, politique... de l'Union Soviétique.

Le décor peut être modifié par les cosmonautes en fonction de leur désir. Même l'alimentation peut être accommodée, « cuisinée » ; ils peuvent, dans certaines missions, préparer les repas selon leurs goûts et choisir leur réapprovisionnement. Les vaisseaux Saliout sont équipés d'un four. Il a même été possible d'y cultiver quelques produits.

### FACTEURS LIÉS À L'ENVIRONNEMENT OCCUPATIONNEL

Dans tout milieu fermé, le travail et les loisirs ont une influence décisive sur l'équilibre psychologique et social des individus et du groupe.

L'organisation du travail est un problème capital dans les vols spatiaux. On sait, en effet, qu'un stress occupationnel a provoqué lors de deux missions (une soviétique et une américaine) la rébellion des équipages avec interruption de communication avec la Terre et refus d'effectuer un programme.

Sachant qu'une charge de travail insuffisante est tout autant source de problèmes qu'une suroccupation, il importe, dans le cadre des vols spatiaux, de ménager un équilibre des activités compatibles avec la bonne réalisation des missions. Cependant, l'étalement et la répartition des tâches ne sont pas toujours aménageables avec les impératifs de la mission. Le travail dans l'espace correspond aussi à des rôles différents attribués à des spécialistes au sein de l'équipage (pilotage, travaux scientifiques, techniques et bientôt fabrication de produits industriels en micro-gravité).

On doit veiller à la bonne coordination et à la compatibilité de ces activités dans leur organisation pour éviter des conflits et une perte de rendement.

Les travaux de la vie quotidienne, dont la difficulté est majorée en impesanteur, peuvent aussi être source de conflit.

Dans l'espace les loisirs sont forcément limités. Leur développement devient une nécessité avec l'allongement de la durée des vols.

Actuellement, le travail dans l'espace est effectué par des spécialistes qui ont été largement préparés à leur tâche avant le vol.

On rentabilise les vols courts en imposant une charge de travail importante, des temps de repos brefs et un cycle d'activité différent du cycle de 24 heures.

Lors des vols de longue durée, chez les Soviétiques, il en est tout autrement. Les cosmonautes respectent un cycle journalier de 24 heures dont 9 heures 1/2 de sommeil. Ils travaillent 42 heures par semaines et bénéficient d'un jour de repos hebdomadaire.

Les loisirs comprennent, d'une part un exercice physique nécessaire pour lutter contre les méfaits de l'impesanteur et de ce fait souvent vécu comme une obligation et, d'autre part, la possibilité d'écouter de la musique, de voir des films et des émissions en vidéo, de jouer à des jeux de société.

### LES PROSPECTIVES

Dans l'avenir, on l'a dit, les vols spatiaux vont évoluer à plus ou moins long terme vers des vols de longue durée, avec un nombre important d'astronautes travaillant dans différentes spécialités professionnelles.

Les techniques de vol utilisées seront de plus en plus fiables. L'époque « héroïque » de la conquête spatiale sera révolue.

Il est donc capital, dès à présent, de cerner les problèmes futurs de la vie de l'homme dans l'espace pour en prévenir les effets néfastes.

On peut penser que la majorité des contraintes liées à l'environnement physique sera circonscrite grâce aux progrès technologiques. Les conséquences à long terme de l'impesanteur sont difficiles à prévoir, mais pourront peut-être trouver une solution dans l'utilisation des vaisseaux ou stations avec gravité artificielle. On peut encore s'interroger à propos de certaines modifications biologiques probables, à long terme (hématologiques, immunologiques, endocrinologiques, métaboliques). Les causes de troubles d'origine *chronobiologique* ou psychologique sont tout aussi envisageables que les causes liées à l'environnement physique.

Ainsi, les problèmes en relation avec l'environnement psychosocial et occupationnel pourraient devenir prépondérants. Il apparaît donc capital de développer dès à présent la recherche dans ce domaine.

C'est là la seule chance d'être prêt à temps pour réussir la prévention et le contrôle de ces difficultés inhérentes à la vie en petits groupes isolés et confinés.

Cette recherche peut se réaliser à travers différentes orientations.

Tout d'abord il est essentiel de réaliser une exploration systématique et complète des observations et études réalisées jusqu'à présent au cours des vols spatiaux.

Une autre source d'information majeure consiste dans l'analyse des problèmes psychologiques et occupationnels rencontrés dans des environnements d'exception présentant des analogies plus ou moins grandes avec les séjours spatiaux. En allant des moins au plus similaires, on peut citer : le milieu carcéral, les navires hauturiers, les stations isolées terrestres de lancement de missiles ou d'observation, les sous-marins à grand rayon d'action, les laboratoires sous-marins, les stations polaires.

D'autre part, on peut explorer les variables isolement et confinement et leurs effets sur les plans psychiques et sociaux par des expériences de simulation en laboratoire ou encore en milieux analogues.

Nous pensons tout particulièrement aux *simulations* possibles dans l'Antarctique ou l'Arctique. Elles devraient permettre le choix des méthodes les plus efficaces de sélection et surtout de préparation à ce type d'agression.

La voie devrait ainsi être ouverte pour une recherche multidisciplinaire qui doit cependant s'attacher à considérer l'homme dans sa globalité face à l'environnement espace.

### DISCUSSION AU COURS DE LA SÉANCE

Dr Girault :

Le pourcentage de dépression est-il plus élevé dans les vols américains ou les vols soviétiques ?

Réponse :

Il est difficile de répondre.

Dr R. Flurin :

Perturbation du sommeil ?

Réponse :

Pas de modification de la qualité du sommeil, mais les rythmes sont artificiels et correspondent aux rythmes de l'entraînement. Dans les derniers essais, des Russes ont rétabli des rythmes normaux.

---

### REPERTOIRE DES ANNONCEURS

Capvern - Des sources d'énergie, p. 8.  
Expansion Scientifique Française - Les cures  
thermales, 4<sup>e</sup> de couv. - 36-15 therm, 3<sup>e</sup> de

couv. ; pp. 8, 16, 43.  
Maison du Thermalisme - Chaîne thermale,  
2<sup>e</sup> de couv.

---

## La thalassothérapie Ses indications

P. OBEL \*

(Biarritz)

Les indications médicales de la thalassothérapie découlent de 3 facteurs :

- le climat marin ;
- les effets spécifiques de l'eau de mer et des produits marins : algues, vases marines ;
- les techniques de kinésithérapie appliquée dans un milieu aquatique d'une portance particulière, car les Stations existantes fonctionnent toutes, pour le moment, comme centres de rééducation fonctionnelle.

C'est donc une chance pour la thalassothérapie de n'être pas enfermée (comme beaucoup de Stations Thermales) dans des indications étroites et très spécialisées.

Mais les médias se sont emparés de la thalassothérapie comme sujet à la mode et veulent à tout prix nous mettre dans le panier des médecines douces, voire parallèles, des cures de beauté, de détente, de rajeunissement, de « revitalisation » et que sais-je ?

C'est pourquoi, dans ce court exposé, je viens essayer devant vous de remettre les pendules à l'heure et vous dire, en simple mais exclusive praticienne depuis 25 ans de Thalassothérapie, mon expérience sur ses vraies et surtout bonnes indications.

La quasi-totalité de nos patients rentrant en cure nous déclarent : « Je viens pour la remise en forme ».

Qu'en est-il ?

### PREMIERE DEMANDE DES CURISTES

Alors, abordons d'emblée ce qui fait l'objet des plaintes et des demandes les plus fréquentes de nos patients : « l'asthénie ».

Fatigue et asthénie, vous le savez mieux que moi, sont des notions difficiles à définir et encore plus à évaluer.

C'est en tout cas une pathologie globale de l'adaptation, qui désorganise les fonctions nécessaires à la réalisation des tâches de la vie, et qui altère le circuit de retour au repos efficace.

C'est plus le signal d'une mauvaise gestion des ressources que celui d'un épuisement total des réserves.

C'est ce signal, qui le plus souvent déclenche le désir du Curiste de venir vers nous.

Je ne m'étendrai pas sur les multiples causes de l'asthénie, mais soyons très vigilants et nous autres, médecins de stations, ne perdons pas de vue notre rôle dans le dépistage et la prévention. Gardons-nous bien de méconnaître les pièges que peut nous tendre la médecine interne.

La fatigue, finalement, c'est le symptôme très banal qui demande de nous le plus d'écoute pour son intégration précise dans l'histoire de notre curiste, peut-être malade.

S'il est âgé, les pièges sont encore plus dangereux et il nous faudra apprécier le niveau du processus de la senescence normale : amyotrophie, hypotonie musculaire, troubles du sommeil, de la vigilance, troubles nutritionnels, psychosociaux, hélas inéluctables, ou la présence d'une éventuelle pathologie dont il importe de faire le diagnostic précis, car la cure, alors, peut devenir un facteur déclenchant et peut accélérer la situation pathologique.

Ne nous privons alors pas d'examen complémentaires nécessaires, et d'informations avec le médecin-traitant.

En tout cas :

- gériasthénie ;
- asthénie psychogène ;
- asthénies réactionnelles post-alitement, post-partum ;
- les épuisements par stress et surmenage ;
- la convalescence (des affections malignes ou cardiovasculaires opérées) y compris
- certaines maladies neurologiques asthéniantes comme le Parkinson ;
- des endocrinopathies comme les hypothyroïdies rentrent dans des indications de choix de la thalassothérapie.

Les effets climatiques sont évidents, l'environnement psychologique et les techniques de soins à visée tonifiante dans leur prescription également.

### DEUXIEME DEMANDE DES CURISTES

Soulager les états douloureux chroniques.

Les maladies rhumatologiques, bien entendu, sont une indication majeure ; les maladies inflammatoires avec les réserves communes à tout traitement thermal ;

Les affections dégénératives surtout : *arthrose de l'axe rachidien, coxarthrose, gonarthrose, affections podologiques* dans le cadre antalgique et conservateur de l'articulation lésée ou, en phase programme post-opératoire ;

Les affections douloureuses d'origine mécanique des sportifs ;

\* Médecin-Chef de l'Institut de Thalassothérapie Louison Bobet, 64200 BIARRITZ.

La pathologie tendineuse, tous les rhumatismes ab-articulaires.

Ceci me permet de rappeler ici mon Maître René Bagot qui, avec son talent de médecin manuel nous a bien appris à examiner par une palpation fine et soigneuse, les téguments de nos malades douloureux, à la recherche de cette cellulite dans des territoires précis, accompagnant, sinon responsables de nombreux syndromes douloureux.

Nous connaissons bien, depuis, ce syndrome d'empatement hyper-algique de l'hypoderme et d'adhérence des surfaces conjonctivo-membraneuses: le syndrome cellulite tendino myalgique.

Ceci explique en particulier que le massage est bien la solution de choix, mais qu'il est puissamment aidé par l'action de l'eau de mer, antalgique par sa chaleur, drainante par son hydrodynamie, stimulant par ses actions spécifiques le métabolisme des éléments cellulaires superficiels.

Les travaux expérimentaux du Professeur Dubarry et du Professeur Guelfi sur la pénétration percutanée des ions marins et leur fixation dans la membrane basale ont précisé cette action.

L'effet de l'eau de mer sera bien sûr complété par l'application d'extraits d'algues ou de limon marin.

### TROISIEME DEMANDE DES CURISTES

L'amélioration des **troubles circulatoires des membres inférieurs.**

La fréquence des insuffisances veino-lymphatiques est affligeante; triste apanage féminin car deux femmes sur trois se plaignent de jambes douloureuses et lourdes.

C'est encore la douleur qui exprime la souffrance vasculaire et la souffrance tissulaire.

Elle peut être exclusivement veineuse. Faut-il encore le reconnaître, car bien souvent il s'agit d'affections associées: hypodermes, antécédents thrombo-emboliques, douleurs ischémiques.

Si les troubles trophiques sont évidents: œdèmes et lourdeurs dus à l'hypertension veineuse, la thalassothérapie est fort indiquée.

Elle est inefficace sur la varice elle-même.

### AUTRE DEMANDE: L'AMAIGRISSEMENT

Les cures telles qu'elles soient ne font pas maigrir, mais elles peuvent y aider à condition que le séjour propose:

- une éducation nutritionnelle;
- une éducation mentale;
- une éducation physique.

car il y a pour tout patient (même altéré dans sa mobilité par un traumatisme, ou une maladie rhumatismale) une forme d'éducation physique possible, en piscine en tout cas, qui va le réconcilier avec son image corporelle, entraîner son cœur, ses poumons, sans surmenage articulaire.

Héréditaire ou acquise, l'obésité comporte une intrication de facteurs endogènes et exogènes favorisant toujours l'anabolisme par rapport au catabolisme.

La cure marine agira au niveau local en désinfiltrant les téguments, en aidant à se restructurer le tissu conjonctif, en assouplissant les placards indurés de l'hypoderme, en assurant le drainage des stases et notamment en facilitant la diurèse car la circulation de l'eau est ralentie chez l'obèse: ceci est dû en partie à l'hyperpression portale qu'accompagne un gros foie congestif et aux troubles des centres régulateurs hypothalamiques.

La balnéothérapie accélère les mouvements de l'eau et également les échanges des électrolytes, donc les échanges des tissus et du sang.

A tout ceci s'ajoutent bien entendu les bienfaits d'ordre psychologique avec un bien meilleur vécu de l'image du corps.

Nous savons que tout simplement, le seul balancement rythmique d'un corps en flottaison réalise une précieuse relaxation chez l'obèse, trop souvent anxieux.

### LA TRAUMATOLOGIE

Vaste indication s'il en est.

Ce sont les séquelles d'accidents, les fractures, les luxations, les traumatismes sportifs, les contusions sévères.

S'y ajoutent les corrections chirurgicales des dysplasies, des malpositions des troubles statiques du rachis et des membres.

Les algodystrophies, les retards de consolidation sont aussi une excellente indication.

La rééducation en piscine, globale, ou analytique et segmentaire, est la base essentielle du traitement.

Le niveau d'immersion permet de graduer les appuis, de rechercher les équilibres.

Comme dans la balnéothérapie, entre en jeu les qualités physiques, biologiques et chimiques spécifiques de l'eau de mer.

La rigueur des techniques de kinésithérapie n'exclut pas, au contraire des séances de jeux aquatiques récréatifs, surveillés, très précieux pour permettre à l'opéré ou au traumatisé de réintégrer son membre atteint harmonieusement dans son corps global, un moment désorganisé.

Je ne veux pas vous lasser par une énumération des indications nombreuses d'une technique de soins multidisciplinaire.

Elle met en effet en jeu, la climatothérapie, la balnéothérapie marine, l'algo et la fangothérapie, la kinésithérapie et les agents physiques, la rééducation en bassins marins.

Nos Etablissements, je vous le rappelle, sont des centres de rééducation: ils sont donc orientés plus spécialement vers les traitements de l'appareil locomoteur.

Mais la demande de nombreux curistes et surtout la demande de leurs médecins omni-praticiens ou spécialistes nous pousse irrésistiblement à élargir de loin ces indications.

### AUTRES INDICATIONS

Je vous donnerai deux exemples:

— **les cardiaques** étaient éloignés de nos cures il n'y a pas si longtemps.

Or depuis les traitements médicaux et chirurgicaux efficaces, après l'accident coronaire, nous savons bien que la rééducation fait la différence.

Le vécu d'un infarctus du myocarde sera très influencé par les conditions physiques du patient, sa remise à l'effort par un entraînement prudent et codifié.

Nous avons vu bon nombre de nos patients qui se portaient mieux après leur accident vasculaire qu'auparavant, ceci lorsque nous avons bien assumé leur rééducation physique mais surtout leur éducation d'hygiène : l'arrêt du tabac, la diététique anti-athéromateuse, la relaxation, la remise correcte à l'effort et à l'activité sportive.

Un séjour en Thalassothérapie est un lieu privilégié pour cette réadaptation et cette éducation et les Cardiologues nous confient de plus en plus de leurs patients.

— Autre indication de plus en plus fréquente : **les cancers** traités et stabilisés.

De nombreux cancérologues nous adressent des patients, du reste, parfois un peu précocement après les derniers traitements à visée curatrice.

Ils doivent être bien informés sur le rôle de la cure marine qui agit bien plus loin que le pur effet placebo.

Il s'agit d'une cure active comprenant des soins physiques et d'hydrologie demandant une participation du sujet traité, il doit en être capable.

La date du début de la cure bien choisie, les indications bien pesées, les contre-indications formelles : métastases et

reprises évolutives locales éliminées. Le traitement sera fixé cas par cas avec ses spécificités : par exemple un drainage lymphatique si cette complication existe, une rééducation fonctionnelle pour traiter des séquelles mécaniques, des capsulites rétractiles, les algo-dystrophies si fréquentes après les cancers du sein.

En tout état de cause le traitement comportera un programme général destiné à réintégrer au plus vite ce patient dans le cadre habituel de la cure.

C'est une étape décisive vers le retour au milieu naturel, familial et professionnel.

Les patients arrivent en général épuisés et craintifs, souvent déprimés.

Fragilisés qu'ils sont par leur passé de maladie et des traitements subis, très éprouvants.

La vivacité de l'air marin peut les agresser.

La prudence s'impose, dans leur remise à l'exercice, à l'exposition à l'air et à la lumière, à la reprise de la natation en eau tiède et sous surveillance.

Mais passée la première semaine, parfois critique, ces patients s'intègrent au groupe des « non malades » ils se sentent toutefois sécurisés par la présence médicale, ils subissent des soins dans l'ensemble agréables et rapidement efficaces, ils se reprennent en charge et selon leur dire ressentent une véritable résurrection.

L'ensemble des résultats peut nous encourager à prescrire la thalassothérapie chez cette catégorie de malades pour laquelle l'hésitation est encore trop souvent la règle.

# 36-15 THERM

## CURES ET STATIONS FRANÇAISES

### expliquées aux malades

#### 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

# Thermalisme dans le monde

## A propos du thermalisme mexicain

A l'occasion du déplacement au Mexique du 17 janvier au 1<sup>er</sup> février 1988 de la Société d'Hydrologie et de Climatologie Médicales, sous la direction de son Secrétaire Général, le Docteur G. Girault (Plombières), nous avons jugé utile de livrer quelques-unes de nos réflexions de voyage aux lecteurs de « La Presse Thermale et Climatique » désireux de s'informer sur le Thermalisme dans le monde.

Bien que les empereurs Aztèques connaissaient, dit-on, les vertus des sources thermales et que leurs vainqueurs, Cortès et ses hommes, étaient issus de la vieille Espagne aux traditions thermales bien établies, les Mexicains actuels, issus du mélange des deux races, ne semblent pas des adeptes fervents de la crénothérapie : l'influence des Etats-Unis d'Amérique semble beaucoup plus forte que celle de l'Europe.

Les problèmes de santé sont énormes au Mexique. Dans la ville de Mexico, la plus grande cité au monde avec 17 000 000 d'habitants, les problèmes de pollution aérienne sont majeurs au point que la circulation dans le centre ville est interdite le week-end, et que, dans la semaine, les horaires des classes ont dû être modifiés afin d'éviter aux enfants la forte pollution du lever du jour. Dans tout le pays, les maladies infectieuses sont au premier plan, tant du point de vue digestif où les touristes sont les victimes toutes désignées, que du point de vue neurologique : les séquelles de poliomyélite sont évidentes dans la population et nous avons été frappés, dès notre arrivée à Mexico, par une campagne d'affiches en faveur de la vaccination contre la poliomyélite. Il n'est sans doute pas étonnant que dans ce pays du Tiers-Monde en pleine crise industrielle, les autorités sanitaires aient d'autres priorités que la crénothérapie, et qu'elles n'aient pas jugé utile de développer un thermalisme social.

Le capital thermal mexicain est cependant loin d'être négligeable et dispose de deux atouts majeurs : de bonnes conditions climatiques car les prin-

cipales sources sont situées en altitude en climat subtropical et d'autre part la proximité des Etats-Unis qui a permis un grand développement du tourisme mexicain. La plus importante station est *Ixtapan de la Salle*, charmante petite ville très fleurie, à mi-chemin entre Mexico et Taxco, près du site archéologique de Malinalco, et qui dispose d'une source chaude (40°) aux eaux fortement minéralisées (chlorurées sodiques, sulfatées bicarbonatées calciques et magnésiennes). La station thermale est bien équipée, avec des cabines de bain très luxueuses, des piscines d'eau thermale et une piscine de boue. Il semble toutefois que sa fréquentation ait diminué ces dernières années en raison de la crise économique.

Une autre station thermale importante, tout au moins sur le plan économique est Tehuacan, ville de 65 000 habitants située entre Puebla et Oaxaca, à 1 600 m d'altitude, dont dépend la source de *Penafiel* dont les eaux peu minéralisées sont embouteillées et distribuées dans tout le pays comme eau de boisson.

Puebla est une ville de plus de 800 000 habitants, située à 2 000 m d'altitude, au débouché de l'autoroute de Mexico, fière de ses superbes églises et de ses traditions historiques. Le 5 mai est devenu le jour de la fête nationale pour les Mexicains... Triste souvenir pour les descendants des sujets de Napoléon III et de l'Impératrice Eugénie, protectrice de nos sources thermales françaises, puisque c'est bien le 5 mai 1862 que l'armée française fut battue devant les murs de Puebla.

Non loin de cette ville, nous avons visité la station de « Aqua Azul » qui est plus une station de remise en forme qu'une station thermale véritable.

Parmi les autres stations thermales mexicaines, nous devons citer : au sud de Mexico, Cuautla, ville de 17 000 habitants située entre Puebla et Cuernavaca, à 1 200 m d'altitude, avec des eaux sulfurées. Au nord de Mexico, deux stations thermales sont

à signaler : Tequisquiapan, entre Mexico et Queretaro (où l'empereur Maximilien fut vaincu, jugé et fusillé) est une petite station thermale bien équipée avec un Etablissement (Thermas del Rey) et de superbes piscines thermales. Taboada est une autre station proche de la belle ville de San Miguel de Allende située à 400 km au nord de Mexico et où résident de nombreux artistes mexicains et nord-Américains. D'autres sources thermales, peu ou non exploitées, sont situées près de Taboada.

Toutes les stations thermales sont donc situées sur les Hautes-Terres, dans un rayon de 400 km autour de Mexico et bénéficient de bonnes conditions climatiques.

Nous n'avons pas eu connaissance de stations situées dans le Nord du pays, dans les zones désertiques près des Etats-Unis, ni dans les provinces du Sud proches du Guatemala. Dans la province méridionale de Yutacan, célèbre par ses sites Mayas, les Hydrologues pourront s'intéresser aux « cénotes », sortes de puits naturels creusés par l'érosion dans le sous-sol calcaire et les climatologues pourront s'émerveiller devant le développement rapide du Cancun, station balnéaire créée ces dernières années ex nihilo en s'aidant de l'informatique, afin que la mer des Caraïbes puisse disposer d'une station permettant d'équilibrer Acapulco sur l'océan Pacifique.

En conclusion, nous avons trouvé au Mexique un climatisme des plus prospères et un thermalisme languissant du fait d'une absence de thermalisme social et d'une diminution de la clientèle aisée en raison de la crise économique. Toutefois le thermalisme mexicain pourrait connaître un grand développement s'il était plus médicalisé et si des investissements adaptés lui étaient consentis.

S. CAMPENIO (Toulon), B. GARREAU-GOMEZ (Barbotan), C. GARREAU (Barbotan), R. JEAN (Alleverd), C. ROBIN DE MORHERY (Gréoux).

## Le thermalisme français durant la saison 1988 \*

Résultats détaillés par Station  
(comparés aux résultats de 1987)

Station		1988	1987	Pourcentage + -	Station		1988	1987	Pourcentage + -
Aix-les-Bains Th. Nationaux	P	49 399	50 937	3	Jonzac	S	1 682	1 053	58,23
Aix-les-Bains Marlioz	P (2)	10 149	9 399	7,9	Lamalou	P	4 385	4 039	8,56
Aix-en-Provence	P	5 257	5 637	6,7	La Léchère	S	6 330	6 090	4,43
Alet	S	168	140	20	Lons-le-Saunier	S	2 011	1 940	3,66
Allevard	S	9 563	9 986	4,24	Luchon	S	29 327	30 633	4,26
Amélie	P (1)	31 910	32 372	1,42	Luxeuil	S	2 290	2 385	3,98
Amneville	P	8 502	5 415	57	Maizières	S	152	157	3,18
Argelès-Gazost	S	1 017	1 121	9,3	Molitg	S	1 481	1 356	9,21
Aulus	S	60	75	20	Montbrun-les-Bains	S	313	102	206
Avene	S	117	98	19,38	Le Mont-Dore	S	13 973	13 827	1,05
Ax-les-Thermes	P	9 747	9 957	2,10	Montrond	S	205	102	100
Bagnères-de-Bigorre	S	6 230	6 605	5,67	Morsbronn	P	6 318	6 400	1,28
Bagnoles-de-l'Orne	S	15 360	15 205	1,02	Neris	S	6 935	6 730	3,05
Bagnols-les-Bains	S	1 574	1 459	7,8	Neyrac	S	677	430	57,41
Bains-les-Bains	S	2 590	2 704	4,21	Niederbronn	P	4 101	3 766	8,8
Balaruc	P	27 855	27 137	2,64	Pechelbronn	S	662	682	2,93
Barbazan	S	360			Pietrapola	S	324	347	31,40
Barbotan	P	22 220	22 304	0,37	Plombières	S	6 597	6 942	4,97
Barèges-Sers	S	1 810	1 810	2,5	Prechacq	S	1 851	1 829	1,20
Beaucens	S	711	762	6,7	Propiac	S	6 344	6 008	26
Berthemont	S	1 083	819	32,23	La Preste	S	8 638	8 577	5,85
Le Boulou	P	2 071	1 998	3,65	Rennes	S	23 660	24 655	14,40
Bourbon-l'Archambault	P	4 950	5 152	3,92	Rochefort	P	164	158	5,60
Bourbon-Lancy	S	2 940	2 992	1,74	La Roche-Posay	P	1 954	1 912	0,7
Bourbonne	S	14 386	14 766	2,57	Royat	S	108	146	4,03
La Bourboule	S	21 631	21 981	1,59	Sail	S	4 167	4 426	3,79
Brides-les-Bains	S	10 875	11 195	2,86	Saint-Amand	S	1 141	1 236	2,19
Cambo	P	4 461	4 555	1,88	Saint-Christau	S	618	665	7,05
Les Camoins	S	4 180	4 440	5	Saint-Gervais	S	3 870	3 916	1,17
Capvern	S	6 183	6 452	4,17	Saint-Honoré	S	5 199	5 407	3,85
Castera-Verduzan	S	478	640	25,3	Saint-Lary	S	251		
Cauterets	P	12 340	12 374	0,27	Saint-Laurent	S	695	540	28,70
Challes	S	5 282	5 117	3,22	Saint-Nectaire	S (2)	945	900	5
Charbonnières	P	891	763	16,7	Saint-Paul-lès-Dax	P	6 009	5 306	13,25
Châteauneuf	S	572	509	12,38	Saint-Sauveur	S	980	943	3,92
Châtel-Guyon	S	17 912	18 731	4,37	Salies-de-Béarn	P (2)	2 390	2 029	17,8
Chaudes-Aigues	S	2 172	2 137	1,6	Salies-du-Salat	S	1 743	1 596	9,21
Cilaos	S	220			Salins	P (2)	1 090	991	10
Contrexéville	S (2)	5 405	5 055	7,81	Santenay	S	129	128	0,78
Cransac	S	2 105	1 985	6,04	Saubusse	S	1 348	1 313	2,66
Dax	P	51 514	51 779	0,52	Saujon	P	760	631	20,44
Digne	S	9 272	8 093	14,57	Tercis	P	2 278	2 370	3,8
Divonne	P	4 311	4 571	5,69	Thonon	P (2)	1 835	1 851	0,86
Les Eaux-Bonnes	S	1 290	1 290		Uriage	S	4 882	5 005	2
Les Eaux-Chaudes	P	1 437	1 748	17,79	Ussat	S	2 030	1 253	62
Enghien	P	3 049	3 041	0,26	Vals	P	2 754	2 706	1,77
Eugénie	S	3 585	3 376	6,19	Vernet	P	4 013	4 163	3,60
Evaux	S	1 989	2 084	4,56	Vichy	S (3)	17 253	18 441	6,4
Evian	S (2)	3 296	3 267	0,88	Vittel	P (2)	7 864	7 852	0,15
Les Fumades	S	2 784	2 813	1,03					
Gréoux	P	24 962	36 393	31,40			637 494	647 183	-1,59

\* Chiffres d'après « Thermalisme informations » du 15 février 1989.

P = station permanente. S = station saisonnière, (1) curistes militaires non compris, (2) compris « cures partielles », (3) buvettes comprises.

bon de commande 

**Librairie des Facultés de  
Médecine et de Pharmacie.**

174, boulevard Saint-Germain,  
75297 PARIS CEDEX 06

**PTC n° 1/1989**

**Sélection d'ouvrages disponibles**

	ISBN cocher d'une croix	Prix franco F
— TENAILLON A., LABAYLE D. — Le livre des internes : les urgences .....	2 257 101502	297
— HUGONOT R. et L. — Atlas du vieillissement et de la vieillesse .....	2 86586 0582	930
— ROUSSET H., VITAL DURAND D. — Diagnostics difficiles en médecine interne, volume 1 .....	2 224 018592	207
— BOUREAU F. — Pratique du traitement de la douleur .....	2 7040 05656	312
— GOT C. — Rapport sur le SIDA (23 août-3 octobre 1988) .....	2 08 0663321	96
— JOLLY O. — L'hôpital au XXI <sup>e</sup> siècle .....	2 7178 14833	71
— DUBOS R. — La leçon de Pasteur .....	2 226 031804	106
— SIMON L. et COLLABORATEURS — Abrégé de rhumatologie, 5 <sup>e</sup> édition .....	2 225 816018	205
— MOLINA N. — L'automédication .....	2 13 0414273	172
— CASEMENT P. — A l'écoute du patient .....	2 13 042077X	167
— HOPE R.A., LONGMORE J.M. — Clinique médicale de poche .....	2 86439 1562	207
— CORDIER J.F., BRUNE J. — Pneumologie clinique .....	2 86439 1627	517
— ORLAND M.J., SALTMAN R.J. — Thérapeutique médicale, 4 <sup>e</sup> édition française .....	2 86439 1740	407
— FONTAINE J.L. — Les maladies systémiques de l'enfant .....	2 7114 10110	317
— POIRIER R. — Manuel de pneumologie pratique .....	2 905580 119	147
— DOROSZ Ph. — Guide pratique des interactions médicamenteuses, 3 <sup>e</sup> édition .....	2 224 01872X	187
— WEST J.B. — Physiopathologie respiratoire .....	2 85206 4928	267
— BLANC B.J.L., BOUBLI L. — Gynécologie .....	2 85206 4936	397
— GENETET B. — Hématologie .....	2 85206 5118	172
— REGLI F. — Guide d'examen neurologique, 2 <sup>e</sup> édition .....	2 7040 05788	127
— DE SEZE, RYCKEWAERT, KAHN, GUERIN — L'actualité rhumatologique 1988 présentée au praticien .....	2 7046 12714	446
— GRMEK M.D. — Histoire du SIDA, début et origine d'une pandémie actuelle .....	2 228 88099X	125
— BÉBE M. — Votre enfant m'intéresse. Manuel de pédiatrie à l'usage des parents qui doutent .....	2 7107 04110	126
— GREMY F., TOMKIEWICZ S., FERRARI P., LELORD G. — Autisme infantile (INSERM - CNRS) .....	2 85598 3169	187
— BONNETBLANC J.M. — Introduction à la dermatologie .....	2 7298 88802	96
— HOERNI M.P. — Pratique oncologique. Le médecin généraliste face aux cancers .....	2 7298 8873X	147
— BRVINSMA W. — Guide des éruptions médicamenteuses. Le fichier des effets secon- daires des médicaments sur la peau .....	2 7184 04418	212
— ZRIGI A., BRYSKIER A. — L'antibiothérapie d'aujourd'hui et de demain .....	2 7184 04590	171
— BLANC B., COORDINATEUR — Les infections génitales à Papilloma virus (HPV) .....	9 7184 00020	177

Pour les ouvrages étrangers, nous consulter. Tél. : (1) 45.48.54.48.

**TOTAL DE LA COMMANDE :**

NOM : M., Mme, Mlle \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_

Code postal : \_\_\_\_\_ Ville : \_\_\_\_\_

Date et signature

Règlement :

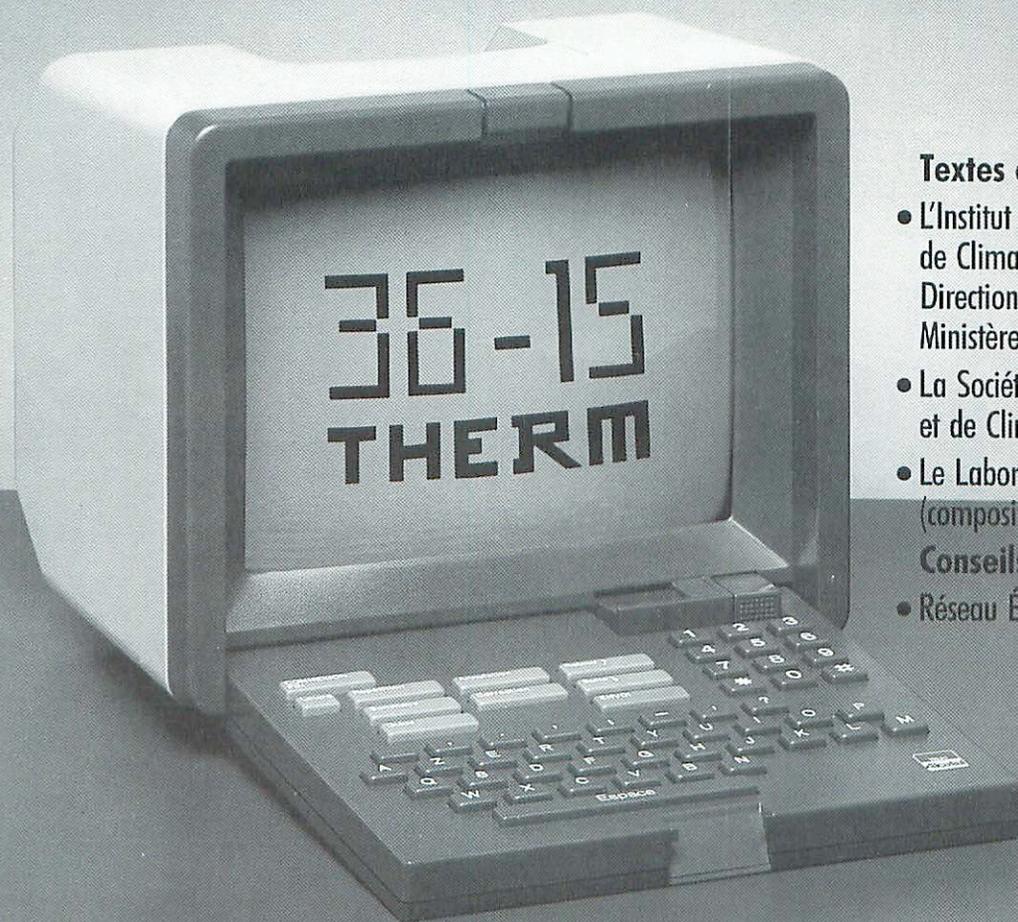
A réception de votre facture.

Au comptant par  Virement postal à l'ordre de : Expansion - Librairie des Facultés - C.C.P. 5601-33 W Paris.  
 Chèque bancaire à l'ordre de : Expansion Scientifique Française.

# 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

# 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