

UNE CLASSIFICATION BIOLOGIQUE DES EAUX THERMALES

A L'ÉGARD SPÉCIAL DES EAUX THERMALES EN YOUGOSLAVIE¹⁾

Par V. VOUK

Dans les milieux des balnéologues la biologie des eaux thermales est très peu connue, bien qu'on rencontre d'habitude dans les eaux thermales minérales, des organismes intéressants et propres du monde animal et surtout ceux du monde végétal, auxquels sont même attachés d'importants problèmes concernant l'évolution de la vie sur notre planète.¹⁾ Les bactéries, les protozoaires et les autres organismes inférieurs, qui apparaissent aux températures plus élevées en moindre quantité, ne sont accessibles à l'oeil du spécialiste qu'au moyen d'une technique auxiliaire, pendant que la soidisant « barégine » c'est à dire les masses muqueuses de couleur verte, jaune, rougeâtre et pâle, qui se rassemblent aux températures variant entre 30° et 60° C, passent pour des ordures dont le balnéologue pratique désire de se débarrasser. Mais c'est justement cette barégine qui présente ordinairement une biocénose spéciale contenant des organismes propres à chaque source thermale qui appartiennent, pour la plupart, aux organismes végétaux du groupe de cyanophycées. Il est connu que les organismes sont, souvent, les meilleurs et les plus éclatants indicateurs des qualités chimiques et physiques de leur ambiant, c'est pourquoi il faut faire remarquer que le docteur en médecine Siegfried Stockmayer a posé, le premier, la question si des caractères biologiques d'une eau pourrait on tirer des conclusions concernant le caractère physiologique ou bien celui balnéotérapeutique de la même eau.²⁾ Il est vrai que Stockmayer révoque en doute la possibi-

¹⁾ Conférence tenue au Congrès Inter. d'Hydrologie et Climatologie le 2 Octobre 1936 à Belgrade.

¹⁾ V o u k V.: Die Probleme der Biologie der Thermen. Intern. Rev. Ges Hydrobiol. 11 (1923). 80

V o u k V.: On the origin of the thermal flora Proc. Intern. Congr. Plant Sc. 2 (1929), 1176.

²⁾ S t o c k m a y e r S.: Die Biologie der Mineralquellen. »Oesterr. Bäderbuch« herausgeg. vom Volksgesundheitsamt. Wien 1928. Auf p. 85. »Neben der physikalischen, chemischen und sonstigen Qualifikationen und in Zusammenhang mit diesen wird dann auch die biologische Qualifikation einer Mineralquelle zu deren balneologischer Charakteristik gehören; aus allen diesen Faktoren zusammen und der Empirie werden sich dann die Heilindikationen-angewandte Physiologie-ergeben«.

lité de donner dès aujourd'hui, d'après nos connaissances actuelles, une réponse positive, mais il met en saillie que, pour tracer les caractères balnéaires d'une eau, il est nécessaire d'apporter aussi bien les qualités chimiques et physiques que celles biologiques, et la connaissance de tous ces facteurs et de l'empirie rendra possible la conclusion concernant les indices de guérir.

La biologie des eaux thermales se trouve encore aujourd'hui au premier stade de développement, qui tend encore à connaître la composition détaillée de la flore et de la faune. Un aperçu historique des travaux concernant cette branche spéciale de la science biologique, donné depuis trois années, par *Yoshikadzu Emoto*³⁾, apporte 188 travaux dont un nombre très réduit date du temps récent et permet une comparaison qui seule rend possible une qualification biologique. La comparaison, à elle seule, présente plusieurs difficultés. Le plus grand nombre de sources thermales étudiées ne se trouvent pas à leur état naturel et la captation de la source a changé, notablement, sa forme naturelle primitive. De plus, il faut faire remarquer que le plus grand nombre d'observations n'a pas envisagé l'étude de la biocénose, c'est pourquoi on n'a pas pris en considération la composition détaillée de la flore, et ce qui est le plus important, on n'a même noté la température de la biocénose, mais celle qui se présente à la même source de la therme. Enfin il faut tenir compte du fait que la détermination systématique de certains groupements d'algues comme ceux de cyanophycées et de diatomacées entraîne facilement le danger de commettre des fautes ce qui peut exercer une influence considérable sur les résultats de la comparaison. Nonobstant ces difficultés, j'ai essayé de donner des comparaisons dont je vais renseigner dans un autre endroit. Ici je ne veux apporter que les résultats les plus remarquables en ce qu'ils concernent la classification biologique. Dans la comparaison je n'ai tenu compte que de la végétation composée surtout d'algues: des cyanophycées, des diatomacées, des chlorophycées et des desmidiacées, en second lieu d'un groupe spécial de bactéries telles que les bactéries sidérophiles et celles thiophiles. Parmi les études des sources thermales je n'ai pu envisager que celles de France d'après *Famin*¹⁾, de Tchécoslovaquie d'après *Wilhelm*²⁾, d'Autriche d'après *Stockmayer*³⁾, d'Hongrie d'après *Istvánffy*⁴⁾, de

³⁾ *Yoshikadzu Emoto*: Die Mikroorganismen der Thermen. Botan. Magaz. Tokyo, Vol. 48, No. 556, 1933.

¹⁾ *Famin M.*: Contrib. à l'étude syst. et biol. de la flore therm. française. Recueil d. tr. crypt. dédiés à L. Mangin. Paris 1931.

²⁾ *Wilhelm J.*: La végétation therm. de Piestany et d'autres sources therm. de la Slovaquie. Publicat. de la Facult. des Sc. de l'Univer. Charles à Prague 8 (1924).

³⁾ *Stockmayer S.*: l. c.

⁴⁾ *Istvánffy G.*: Flore microscop. de thermes de l'île Margithsziget. Magyar Növenyt. Lapok 15 (1892).

Caucase d'après Woronichin⁵⁾, de Kamtchatka d'après Elenkin⁶⁾, de Japon d'après Molisch⁷⁾, de l'Afrique d'après Schmiedle et, enfin, celles de Yougoslavie (Croatie, Slavonie, Serbie) que j'ai effectuées moi-même.⁸⁾

Le sens biologique de source thermale ne se recouvre pas complètement avec le sens hydrographique suivant lequel nous considérons comme source thermale chaque source ayant une température annuelle constante qui est audessus de celle moyenne annuelle du milieu ambiant. Cette définition ne peut pas satisfaire au point de vue balnéologique et encore moins au point de vue biologique. Par expérience nous considérons comme sources thermales celles sources qui ont une température constante s'élevant audessus de 18°—20° de Celsius, mais au point de vue biologique nous ne pouvons considérer comme sources thermales que les sources chaudes, où n'apparaissent seulement des organismes thermotolérants mais aussi des organismes thermophiles et ceux, qui sont spécifiquement thermobionts (d'après Vouk et Strouhal⁹⁾). A ce point de vue nous pourrions considérer comme une source thermale au vrai sens biologique celles sources dont la température s'élève audessus de 28°—30° de C. Tout de même, certains organismes thermophiles se rencontrent aussi dans des eaux thermales à températures audessous de 28°—30° C, c'est pourquoi nous retiendrons en substance la même classification que nous avons donnée déjà en l'année 1916, et qui a été adoptée en substance par d'autres biologistes (Wilhelm, Molisch, Györfy u. Kol). Ayant en vue les recherches et expériences récentes, nous pouvons employer la même classification un peu modifiée qui correspondra, dans certaine mesure, aux caractéristiques biologiques, comme il suit.

Sources tièdes ou chliarothermes, à température de 18° à 28° C.

Sources chaudes ou euthermes, à température de 28° à 44° C.

Sources brûlantes ou acrothermes, à température de 44° à 65° C.

Sources bouillantes ou hyperthermes, à température audessus de 65° C.

⁵⁾ Woronichin N.: Exquisse de la végét. algol. des sources therm. du Caucase. Jubil. Sbornik J. R. Borodina 1927.

⁶⁾ Elenkin A.: Die Süßwasseralgeln Kamtschatkas. Abh. d. Kamtschatka Exped. von Rjabušinski. Moskva 1914.

⁷⁾ Molisch H.: Pflanzenbiologie in Japan. Die Lebewelt in den heissen Quellen. Jena 1936.

⁸⁾ Vouk V.: Biolog. Unters. Thermalquellen Kroatiens und Slavoniens. Bullet. Acad. d. Sc. Slav. du sud. Zagreb, 5 (1916), 8 (1919).

⁹⁾ Strouhal H.: Biologische Untersuchungen an den Thermen von Warmbad Villach in Kärnten. Arch. f. Hydrobiol. Bd. 26, p. 367 (1934).

Cette classification pourrait bien satisfaire les buts balnéaires. Dans les chliarothermes on trouve de différents organismes et surtout des algues qui, autrement, habitent les eaux douces à températures basses et variables. Ce ne sont, principalement, que des organismes thermotolérants. Ce n'est que dans des eutherms qu'apparaissent, principalement, des organismes thermophiles, et surtout des cyanophycées, mais il y a aussi des organismes thermotolérants (certaines chlorophycées et surtout des diatomacées). Dans les acrothermes on observe, de plus, des organismes thermobionts typiques, parmi lesquels nous pouvons ranger, par exemple, le *Mastigocladus laminosus* et le *Phormidium laminosum*, algues typiquement thermales dont on parlera encore plus tard.

Il faut, tout de même, signaler que la classification ici exposée ne présente pas encore une classification biologique parfaite, parce qu'elle est fondée, surtout, sur le facteur physique de température, et non pas sur la composition biologique. C'est pour cette raison que j'ai essayé de distinguer, en faisant comparaison de diverses végétations, les différents types de végétation ce qui nous rendrait possible une classification purement biologique. Après une comparaison de soixante localités environ et de plus de trente sources thermales j'ai pu constater, jusqu'à présent, trois types de végétation: le *Mastigocladus*-type, le *Phormidium*-type et l'*Oscillatoria*-type.

1) *Mastigocladus*-type est celui qui est le plus répandu dans toutes les eaux thermales exceptées les sources chliarothermes. Il est composé, surtout, de l'espèce de *Mastigocladus laminosus* à laquelle s'associe, très souvent, *Phormidium laminosum*. On rencontre, très souvent, dans cette biocénose, *Symploca thermalis*, mais celui-ci ne se trouve pas dans l'eau chaude, mais sur les parois mouillées dans les vapeurs chaudes. Parmi les autres cyanophycées filamenteuses se trouvent, le plus souvent, *Oscillatoria geminata*, *O. amphibia* et certaines espèces de *Phormidium*, et quant aux espèces unicellulaires on en peut trouver quelquesunes appartenant aux genres de *Chroococcus* et de *Synechococcus*. Les diatomacées, dont la présence dans les eaux thermales est le plus souvent facultative, ne sont, d'habitude, que des espèces thermotolérantes des eaux douces (excepté vraisemblablement *Nitzschia thermalis*).

Le *Mastigocladus* avec le *Phormidium laminosum* est, assurément, l'organisme le plus caractéristique qui présente des thallus nettement verts en forme d'enduit muqueux et gélatineux recouvrant la surface, le fond et le bord de la source. Ce type de végétation est répandu sur toute la terre. En Europe, on l'a observé dans les sources thermales suivantes: à Karlsbad (Karlovy Vary) en Tchécoslovaquie, à Margithsziget à Budapest, à Préchacq, à Borbon-Lancy, à Evaux-les-Bains, à Nérès-les-Bains en France, et hors d'Europe, dans les

eaux thermales de Kamtchatka et celles de Japon en Asie, dans la source d'Asafua en Afrique, dans le parc de Yellowstone en Amérique et dans d'autres.

2) Le *Phormidium*-type est caractérisé par un thallus coriacé d'une forte consistance qui est composé principalement de différentes espèces du genre de *Phormidium*, parmi lesquelles jouent le rôle principal les espèces suivantes: *Phormidium laminosum*, *Ph. tenue*, *Ph. valderianum*, *Ph. fragile*, *Ph. corium* et d'autres, mais s'associent ici des espèces thermophiles du genre d'*Oscillatoria*. Ce type est répandu, surtout, dans les eaux thermales de Caucase, de Kamtchatka et de Yellowstone.

3) Le type d'*Oscillatoria* est représenté, principalement dans les eaux eu- et acrothermales, surtout en Europe. La végétation de ce type est formée, surtout, de certaines espèces thermophiles des cyanophycées dont quelquesunes pourront être considérées vraisemblablement comme thermobiontes. Ce sont les espèces: *Oscillatoria geminata*, *O. formosa*, *O. Cortiana*, *O. chalybea*, *O. amphibia*, *O. brevis*, *O. Okeni* et *O. princeps*. La végétation est formée d'une seule espèce ou bien de deux, rarement de trois ou bien plusieurs encore, mais quelques espèces de *Phormidium* y s'associent également. La composition est marquée moins par la présence d'une telle ou telle espèce que par l'habitus du thallus qui présente une faible consistance à cause du fait que les *Oscillatorias* n'ont pas de gaines et ne sécrètent pas de mucilage pectique. Ce type de végétation nous est donné dans certains échantillons de quelques sources thermales en France (Préchacq, Thués-les-Bains), dans les sources thermales de Caucase (Smirnovski, Kabardowski, Slavyanski et d'autres), dans celles d'Autriche (Baden près de Vienne, Gastein), de Japon (Beppo, Asamouchi et d'autres).

Il faut faire remarquer qu'ils peuvent être développés dans la même source thermale l'un et l'autre type, mais, surtout à températures plus basses, apparaît le plus souvent le type d'*Oscillatoria*. Quels sont les facteurs, en dehors de la température, qui déterminent la composition de la végétation, il est difficile même de soupçonner, mais il ne faut pas oublier, non plus, le moment géologico-historique qui pourrait jouer quelque rôle dans la distribution géographique de divers types et surtout de celui de *Mastigoeladus*, qui n'est jamais déterminé exclusivement par le facteur de température.

En ce qui concerne les sources thiothermales où apparaissent des sulfobactéries il faut faire remarquer qu'elles ne font pas une influence considérable sur le caractère de la végétation qui est clui de cyanophycées et ne jouent qu'un rôle parfaitement subordonné de même que les diatomacées qui doivent être considérées comme des organismes plutôt thermotolérants que thermophiles.

Les participant à ce congrès s'intéresseront, certainement, à ce qu'on peut dire des sources thermales en Yougoslavie au point de vue biologique. Déjà en 1916 et 1919 j'ai donné quelques communications résultant de mes études de la biologie des eaux thermales de Croatie et de Slavonie, qui ont apparu dans les publications de l'Académie Yougoslave de Zagreb¹⁾. Ces recherches ont été le point de départ de mes études expérimentales et théoriques ultérieures concernant la biologie des sources thermales. L'année passée, j'ai étudié les sources thermales les plus importantes de Serbie, et après avoir donné un coup d'œil sur les matériaux recueillis, ayant aussi en vue les résultats entièrement acquis sur les matériaux de Croatie, je peux présenter ici une brève caractérisation biologique des sources thermales plus importantes en Yougoslavie:

1) Stubičke Toplice. Sources acrothermes et eutherms. Végétation de *Mastigocladus* à température entre 50° et 55° C, et *Oscillatoria* à températures inférieures. Des chlorophycées apparaissent jusqu'à 30° de C. Des thiobactéries n'apparaissent que d'une manière sporadique.

2) Krapinske toplice. Ecoulements eutherms de la source principale. Végétation d'*Oscillatoria*. Thiobactéries sporadiques.

3) Varaždinske toplice. Ecoulements acrothermes et eutherms. A températures plus élevées le type de *Phormidium*, à températures inférieures le type d'*Oscillatoria*. Thiobactéries assez bien développées (espèces de *Beggiatoa*).

4) Tuheljske ou Smrdeće toplice: Sources eutherms avec une végétation d'*Oscillatoria* et de thiobactéries.

5) Topusko. Sources eutherms et acrotherms. Dans celles-ci végétation typiquement celle de *Mastigocladus*, tandis que dans les écoulements eutherms principalement la végétation thermophile d'*Oscillatoria*.

6) Daruvar. Sources eutherms avec la végétation de *Mastigocladus* dans la source d'Ivan (Ivanovo vrelo), autrement, surtout, une végétation d'*Oscillatoria*.

8) Sv. Helena près de Samobor. Source thiotherme et chliarotherme avec une végétation d'*Oscillatoria* et avec une luxuriante végétation de sulfobactériés à une température de 25° C.

9) Vranjska banja près de Vranja. Les sources principales hypertherms et les sources dans le fleuve acrotherms et surtout eutherms. Bien que la température des sources hypertherms s'élève jusqu'à 92° C, la végétation de *Cyanophycées* n'apparaît qu'à 55° de Celsius. La végétation de *Phormidium* y est principalement développée. *Mastigocladus* en petite quantité.

10) Jošanička banja. Les sources principales hyperthermes, par ailleurs acrothermes. Une végétation de chroococcacées à 64 de C. Entre 60° et 30° C dans toutes les sources et écoulements, une végétation typique de *Mastigocladus* avec *Phormidium laminosum*. Cette source thermale est tout à fait caractérisée par une végétation de *Mastigocladus*.

11) Sijarinjska banja. Eaux acro-et euthermes. Tous les trois types de végétation sont développés, mais le type de *Phormidium* est prédominant. Le type de *Mastigocladus* faiblement développé de même que celui d'*Oscillatoria* qui apparaît à une température un peu audessous de 40° C.

12) Lukovo. Eaux acro- et euthermes. La végétation de *Mastigocladus* faiblement développée. Une végétation abondante d'*Oscillatoria*.

13) Katlanovo. Sources euthermes avec une végétation typique de *Phormidium*. *Mastigocladus* de même que la plupart d'autres cyanophycées thermales font défaut.

14) Vrnjačka banja. Végétation thermophile d'*Oscillatoria*, développée dans les écoulement du canal sortant des bains et influencée un peu par une végétation d'eau douce du ruisseau. Pour cette raison une végétation assez abondante de chlorophycées et de diatomacées.

15) Niška banja. Eaux euthermes. Une végétation tout à fait thermophile fait défaut. Les espèces de *Lyngbya* et de *Phormidium* y sont caractéristiques.

16) Slanište près de Jošanička banja. Source euthermes et thiotherme. Une végétation spéciale de *Phormidium* avec une rhodobactérie et, à températures inférieures, une espèce thermophile d'*Oscillatoria*. La végétation présente un caractère tout à fait spécial.

17) Banjska près de Kosovska Mitrovica. Eaux euthermes entre 41° et 33° C. Une végétation typique de *Phormidium*. Il n'y a pas de *Mastigocladus*.

Si nous voulons résumer ce que nous venons d'exposer sur la végétation, nous pouvons dire que le type de *Mastigocladus* est dominant dans les thermes suivantes: Stubičke toplice, Topusko et Daruvar en Croatie, Jošanička banja, Lukovo, Sijarinjska et Vranjska banja en Serbie. C'est surtout la Jošanička banja qui se marque comme une source thermale typique de *Mastigocladus*. Cependant il faut signaler le fait intéressant que justement ces eaux thermales appartenant au type de *Mastigocladus* en Serbie se trouvent dans la même ligne géographique ce qui est, peut-être, en connexion avec leur passé géologique. En ce qui concerne le type de *Mastigocladus*, non seulement la température mais aussi l'âge géologique de la source, doit jouer un rôle décisif. En tout cas il sera très intéressant de chercher une confirmation satisfai-

sante à l'opinion que je viens d'émettre à propos des facteurs agissant sur la diversité de la composition biologique des eaux thermales et de la concordance dont je viens de faire mention en ce qui concerne le type de *Mastigocladus*.

Le type de *Phormidium* se présente dans les eaux thermales de Šiřarinjska banja, Katlanovo près de Skoplje et Banjska près de Kosovska Mitrovica, mais en ce qui concerne les espèces toutes ces eaux diffèrent entre elles très nettement. Dans la plupart de sources ayant un caractère euthermal se présente une végétation typique d'*Oscillatoria* contenant d'espèces nettement thermophiles, cantonnées dans toutes les eaux thermales du monde.

En tout cas la végétation la plus propre aux eaux thermales est celle qui appartient au type de *Mastigocladus* et le but le plus important des recherches biologiques ultérieures sera de constater les caractéristiques aussi bien physiques que celles chimiques de ces sources thermales et d'examiner, de plus, si ce type de *Mastigocladus* concorde avec ses qualités spéciales physiologiques et thérapeutiques, ce qui sera pour les balnéologues du plus grand intérêt.
