

UN SISTEMA HIDROTHERMAL "AGUA - PELOIDE" DESDE EL PUNTO DE VISTA HIDROGEOQUIMICO

E.N. PENTCHEVA* y L. VAN'T DACK**.

RESUMEN

Se hace referencia a los procesos de interacción en el sistema hidrotermal "agua - peloide" que conducen a la formación de sustancias de efectos curativos en los peloides de Préchacq-les-Bains. La composición oligoelementaria y la migración de oligoelementos ocupan un lugar importante. Se demuestra la importancia de la duración de la "maduración" para la acumulación estable de oligoelementos en el peloide, sobre todo en su fase líquida. El peloide se manifiesta como mejor concentrador de oligoelementos en relación al azufre de las bareginas (sorción activa y sobre todo formación de complejos metal-orgánicos estables). Este estudio microgeoquímico del sistema, permite aclarar los procesos y conocer mejor este sistema natural con el fin de su mejor explotación, en beneficio de la salud humana.

RESUMÉ

On fait mention aux processus d'interaction dans le système hydrothermal "eau-pelloïde" aboutissant à la formation des substances d'effet curatif des boues thérapeutiques de Préchacq-les-Bains. La composition oligoélémentaire et la migration des oligoéléments occupe une place importante.

On démontre l'importance de la durée du "mûrissement" pour l'accumulation stable des oligoéléments dans le pelloïde, surtout dans sa phase liquide. La boue se manifeste en tant que meilleur concentrateur d'oligoéléments par rapport au soufre des barégines (sorption active et surtout formation de complexes metal-organiques stables). Cette étude microgéochimique du système permet de faire l'élucidation des processus et de maîtriser ce

système naturel dans le but de sa meilleure exploitation au profit de la santé humaine.

SUMMARY

It's referred to the interactive processes in the hydrothermal "water-peloide" system which lead to the formation of the substances with healing effects in the peloids of Préchacq-les-Bains. The oligoelementary composition and the oligoelementary migration take an important place. The importance of the duration of the "maturity" is demonstrated for the permanent deposit of the oligoelements in the peloide, specially in its liquid fase. The peloide is the best concentrator of oligoelements in relation to sulphur of the "barégines" (active sortion and above all the formation of permanent metal-organics complex). This microgeochemical study of the system, makes easier the processes and helps knowing better this natural system in order to its best exploitation in benefit of the human health.

INTRODUCCION

La estación termal de Préchacq-les-Bains está situada en Las Landas (al Sud-Oeste, suave y soleado, de Francia) a 10 m. de altitud al borde del Adour, a 15 km. de la Villa Termal de Dax y a 30 mn. del océano. La especialidad más destacada de la Estación termal son los barros o lodos termales "vegeto-minerales naturales". Se cultiva este peloide a partir del limo arcilloso-silíceo depositado en capas espesas procedentes de las crecidas invernales del Adour; se recoge y cultiva en estanques

* Academia búlgara de Ciencias. Instituto geológico, BG-1113. Sofía.

** Universidad de Amberes (UIA). Departamento de Química. Anvers-Wilrijk, Bélgica.

irrigados por agua termal a 60°C. Ahí se produce la fertilización y la ionización de los barros (se maduran) con el desarrollo de una flora de algas termales. No se retiran los peloides de estos estanques hasta unos minutos antes de su utilización terapéutica.

Las aguas termales de Préchacq pueden ser clasificadas en dos grupos:

- 1- aguas hipertermales (hasta 61°C), neutras (pH=6,9-7,1), mineralizadas (R.S.=1,4 g.l.⁻¹), sulfatadas y cloruradas sódico-cálcicas, Eh- claramente negativo (-355 a -300 mV), contienen formas reducidas de azufre (sulfuros y tiosulfatos) (Caneles 1989). Estas son las fuentes Montaigne, Darroze, La Hire y su mezcla;
- 2- el agua hipotermal (18°C), neutra (pH=7,4), mineralizada (R.S.=1,19 g.l.), sódico-clorurada, de alto grado sulfhídrométrico (35,58).

Las capas geológicas en las perforaciones para obtener el agua caliente (hasta 30 m. de profundidad) dan información sobre la litología del yacimiento hidrotermal, como sigue: en profundidad (15-30 m.) se sitúan las rocas dolomitas (beige, gris, dolomía arenisca, fisurada), cubierta de capas de arena dolomítica (y arcillosa; 10-14 m.), seguidas por encima (6-10 m.) de arcilla gris (Montaigne) o de arena arcillosa abigarrada, arena y grava (Darroze, La Hire). Finalmente, bajo las capas superficiales del suelo (0-3 m.) (tierra vegetal-0,6 m. y limo sílico-arcilloso) se sitúan las capas de arcilla (gris oscuro).

En el marco de la colaboración científica internacional hemos intentado investigaciones microgeoquímicas y genéticas de los lodos terapéuticos de Préchacq-les-Bains, comprendiendo el estudio de:

- a) las aguas termales (en un plano comparativo);
- b) el sistema "agua termal-Bareginas";
- c) los peloides en diferentes estadios de maduración (0, 1, a 2 años);
- d) el sistema "agua termal - peloide" (fase líquida y fase sólida) en dos etapas: 1 y 2 años;
- e) el equilibrio dinámico: fase líquida del lodo - fase sólida (de las dos etapas).

METODOLOGIA

Hemos estudiado la distribución de 33 oligoelementos en los sistemas hidrominerales mencionados, con la ayuda de métodos sensibles de análisis - ICP, AES y AAA (1-3). El análisis se ha hecho sobre:

a) las aguas termales aplicadas para la formación del lodo;

b) las bareginas, depositadas en estas aguas, su fase líquida y sólida

c) los peloides completos (0, 1 y 2 años de maduración).

Aplicando el programa WATEQ4F (4) hemos establecido las formas de existencia y de migración de los oligoelementos y las especies minerales que controlan esta migración en los fluidos termales. La temperatura probable en profundidad es determinada por los métodos de la geotermometría química (ver 5).

RESULTADOS Y DISCUSION

I. Las aguas termales de Préchacq tienen una microcomposición muy interesante y totalmente diferente de la de las aguas termales de los granitos (6) o de las rocas volcánicas (7) (o incluso las calcáreas (8)) y que corresponde al ambiente geoquímico-litológico y a su macrocomposición sulfatado-cálcico-sódica. A pesar de la abundancia de los iones Ca^{2+} , la moderada presencia de fluoruros ($\text{F}=2,4$ a $2,6$ mg.l.⁻¹) y de formas de azufre reducido (ligado a Eh negativos) "bloquea" el efecto inhibitor de los alcalinotérreos y favorece relativamente la buena migración de los oligoelementos. Así en estas aguas termales no se pueden descubrir los oligoelementos-indicadores de la asociación tipoquímica de hidrotermas de rocas ígneas: W, Ga, Mo, V, In, Zr; los oligoelementos de esta asociación: Cs, Ge, Be, cuando están presentes, se encuentran en cantidades bastante bajas (Sb, As, Sn, Co y Hg están siempre ausentes). Pero por otra parte, estas aguas están enriquecidas en Sr, B y Li, Rb y un abanico específico de microcomponentes-metales: Fe, Cu, Zn, Mn, Al (Figura 1)). Es también destacable la concentración de bromuros ($0,5 - 0,7$ mg.l.⁻¹) y también es necesario señalar la elevada concentración de Fe en el agua T₃, que determina la aparición de una opalescencia oscura cuando se mezcla este agua con la mezcla "agua caliente" para obtener un fluido "mixto", utilizado en el establecimiento termal. Se puede establecer fácilmente la diferencia entre la microcomposición del agua termal de baja temperatura Cl-Na "l'Avenue" y las aguas hipertermales del grupo SO_4 -Ca-Na: en l'Avenue no se puede detectar los elementos ausentes mencionados anteriormente, y tampoco: Cs, Cr, Ag. Pero los oligoelementos Bi y Ge están presentes justamente en es-

te agua con una prevalencia sobre las concentraciones en el agua caliente. El contenido en B es también prevalente. Es el carácter macroquímico

sódico el que puede jugar un papel importante en el caso del agua l'Avenue.

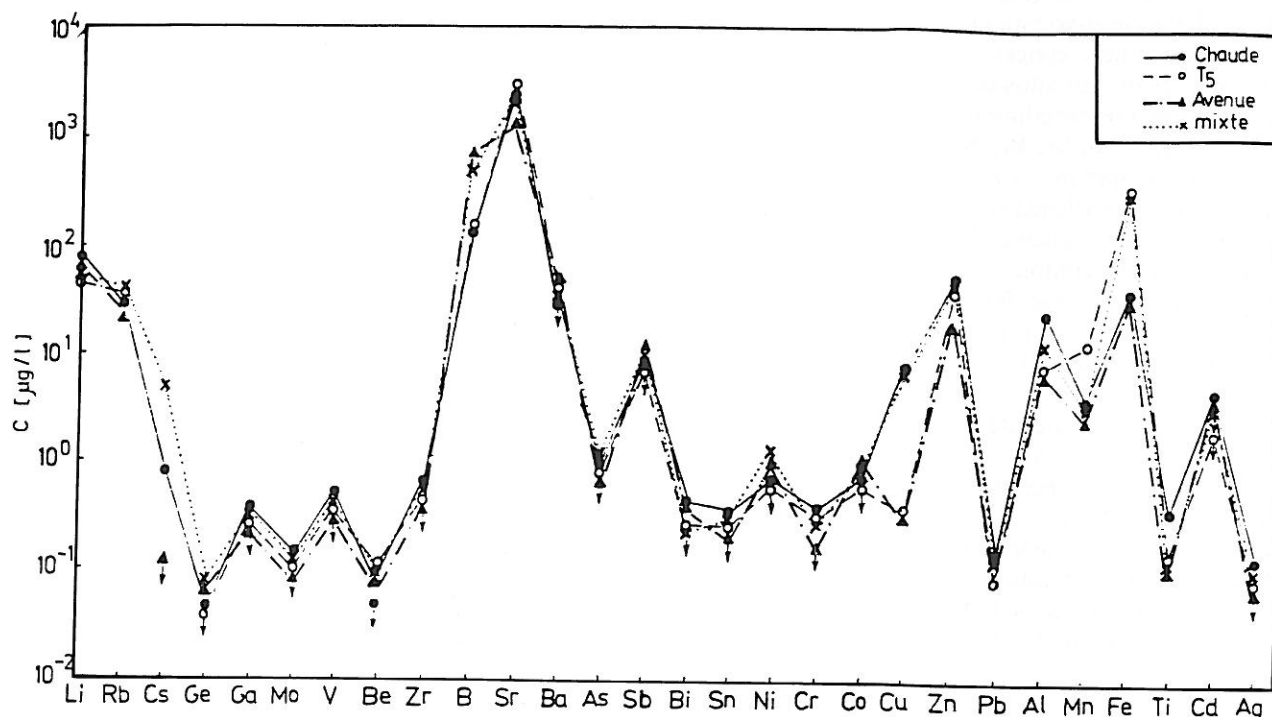


Figura 1

En cuanto a las formas de migración de los oligoelementos en las aguas termales estudiadas, nuestros resultados conducen a las siguientes conclusiones:

a) Junto a los cationes Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} en el agua caliente emigran muy bien las formas neutras CaSO_4^0 (en el agua "l'Avenue" son también destacables las formas hidrocarbonatadas);

b) los iones HS^- prevalecen sensiblemente en relación con los H_2S^0 , mientras que para Si y B las moléculas neutras H_4SiO_4^0 y H_3BO_3^0 dominan de manera categórica.

c) para los oligoelementos del agua caliente destacan las formas complejas hidrosulfuradas, sulfuradas y poli-sulfuradas (Cu, Zn, Pb, Fe, Ag);

d) Al predominio en especies hidrooxidadas, Mn como MnSO_4^0 , Ni en forma carbonatada NiCO_3^0 . Es interesante señalar que junto a los iones Sr^{2+} , las formas SrHCO_3^+ migran perfectamente (5-10%). En general, todas estas especies son muy móviles, lo cual es favorable al efecto curativo de las aguas.

La migración de elementos en las aguas termales es controlada por una gran diversidad de formas minerales (más de 30 especies se manifiestan cerca del equilibrio, $-(\log \text{AP/KT})$ varía entre -1 y 1)- un caso verdaderamente excepcional. Nosotros establecemos la importancia de los minerales siguientes: calcita, illita, calcedonia, clorita. Para el agua "l'Avenue" (18°C) sólo hay una decena de minerales que se manifiestan cerca del equilibrio y estos son sobre todo: calcita, dolomía y gibbsita que controlan la migración en este fluido Cl-Na.

Por lo que se refiere a la temperatura del acuífero profundo de las aguas termales de Préchacq, nuestras investigaciones establecen datos con una gran dispersión (algunos en la tabla 1), pero a pesar de todo se puede sugerir que los geotermómetros químicos de calcedonia y de sílice dan resultados más reales. Estos resultados corresponden a las temperaturas subterráneas de la Aquitania (9), sin sobrepasar los 90°C, en acuífero de profundidad de alrededor de 1.500 m. La circulación del fluido termal es muy intensa, evidentemente, y la pérdida de energía térmica es mínima.

J) El peloide curativo está enriquecido en oligoelementos que se concentran relativamente a lo largo de los dos años de maduración con el agua termal (especialmente en lo que se refiere a: Ga, V, B, Sr, Bi, Be, Ni, Zn). Esto es, el peloide maduro "*capta*" bien y selectivamente los oligoelementos del agua termal, en beneficio de sus cualidades terapéuticas.

3) La fase sólida antes de la interacción con el agua temal (0 años) es la más pobre en oligoelementos, a excepción de algunos metales pesados: Mn, Zn, Cr, Ni, así como Ba. Durante el primer año de maduración el proceso de interacción no condujo a resultados satisfactorios para la mayor parte de los elementos (sobre todo para los metales pesados, los

menos móviles). Pero después del segundo año, el sistema se estabiliza y el barro completo está caracterizado por un buen "bouquet" de oligoelementos que tienen un papel muy importante por su acción sobre el organismo, en especial en su asociación compleja.

III. En relación con el agua termal, que está en interacción con el limo arcilloso a lo largo del tiempo de maduración, el peloide completo es muy rico en oligoelementos sobre todo en metales pesados (Figura 2). Los elementos Li, Sr, Ba, B, Bi, Ge, Cu son sólo mejor concentrados y migrantes en el fluido termal. He aquí el importante resultado microgeoquímico genético de maduración de los peloídes -la acumulación de oligoelementos-metales del agua termal en el lodo- y en consecuencia un mejor efecto terapéutico en su aplicación. El peloide se convierte así en un verdadero concentrado de oligoelementos y participa con su acción sobre el organismo, así como con su propio complejo de oligoelementos (de la fase sólida), existentes "*a priori*" (por ejemplo: el destacado contenido en Fe y Al, así como V, Mn, Zr, ...). Pe-

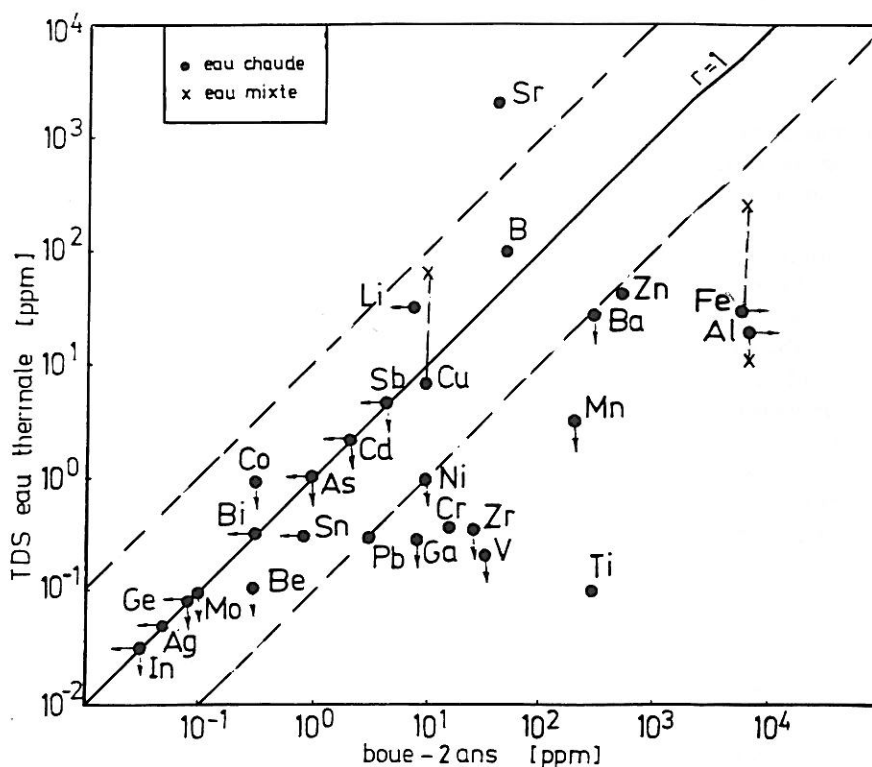


Figura 2

ro lo más interesante es la observación de la microcomposición especialmente de la fase líquida del lodo, en yuxtaposición con el agua termal (Figura 3). Pero es sobre todo por su fase líquida por la que el peloide actúa sobre el organismo humano, por sus integrantes en formas sólidas y coloidales. Así se ve claramente que todos los oligoelementos se concentran mejor en la fase líquida del lodo, que todas las sustancias oligoelementarias son atraídas hacia la fase líquida del peloide y allí permanecen en asociación activa. Estos son los resultados más expresivos en relación con la actividad terapéutica de los peloides de Préchacq.

Comparando la microcomposición de la fase líquida del lodo con la fase líquida de las bareginas (Figura 4) se puede concluir que el peloide es el verdadero concentrador de oligoelementos y no el azufre depositado. Es verdad que las formas solubles de azufre reducido aumentan las posibilidades de migración de oligoelementos y por otro lado las bareginas tienen un buen poder de sorción. Pero las posibilidades del lodo se manifiestan mucho más intensas -lo que se debe no solamente al importante grado de dispersión de la base arcillosa, sino también a la materia orgánica, aumentando

durante el proceso de maduración- es decir: sorción activa (fijadora) y complejos de oligoelementos metal-orgánicos estables de oligoelementos.

IV. La yuxtaposición de la microcomposición de las dos fases del peloide (preparado para ser aplicado después de dos años) en ppm, demuestra un buen equilibrio dinámico: las concentraciones de oligoelementos oscilan alrededor de una relación $r=1$, la migración entre las dos fases está bien equilibrada, sin fluctuaciones superiores al orden de tamaño de concentraciones (el barro completo es más rico que el residuo seco de la fase líquida del barro). La comparación analógica, pero solamente después de un año de maduración, muestra una dispersión mucho más pronunciada de los datos microquímicos: una parte importante de microelementos (Ba, Zr, Cr, Ga, V, Pb, Be, Sn, Fe y, sobre todo, los análogos geoquímicos Al y Ti) son atraídos hacia la fase sólida y se inmovilizan. La fase líquida -la parte activa del peloide- permanece sobresaturada después de la maduración durante un año, empobrecida en ciertos oligoelementos importantes. La actividad terapéutica del peloide, debida a los oligoelementos, no será suficientemente

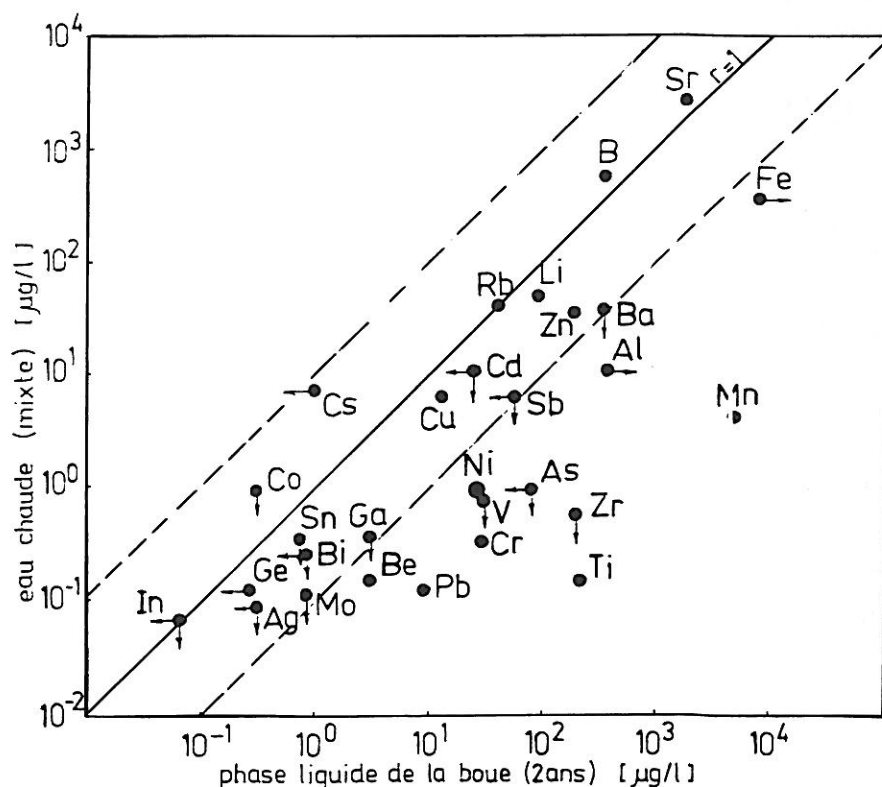


Figura 3

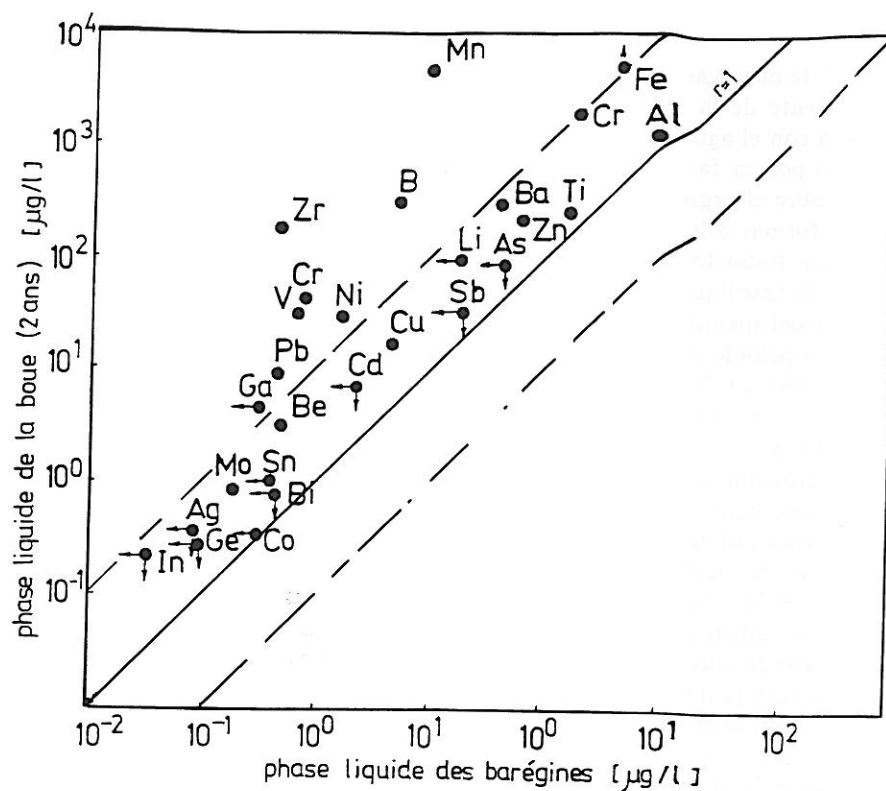


Figura 4

manifiesta después del primer año en relación a los resultados en el segundo año (ver Figura 10). Finalmente la importante yuxtaposición de la micro-

composición de las fases líquidas del barro (1 año y 2 años) (Figura 5) subraya la importancia del factor "duración" para los resultados de la interac-

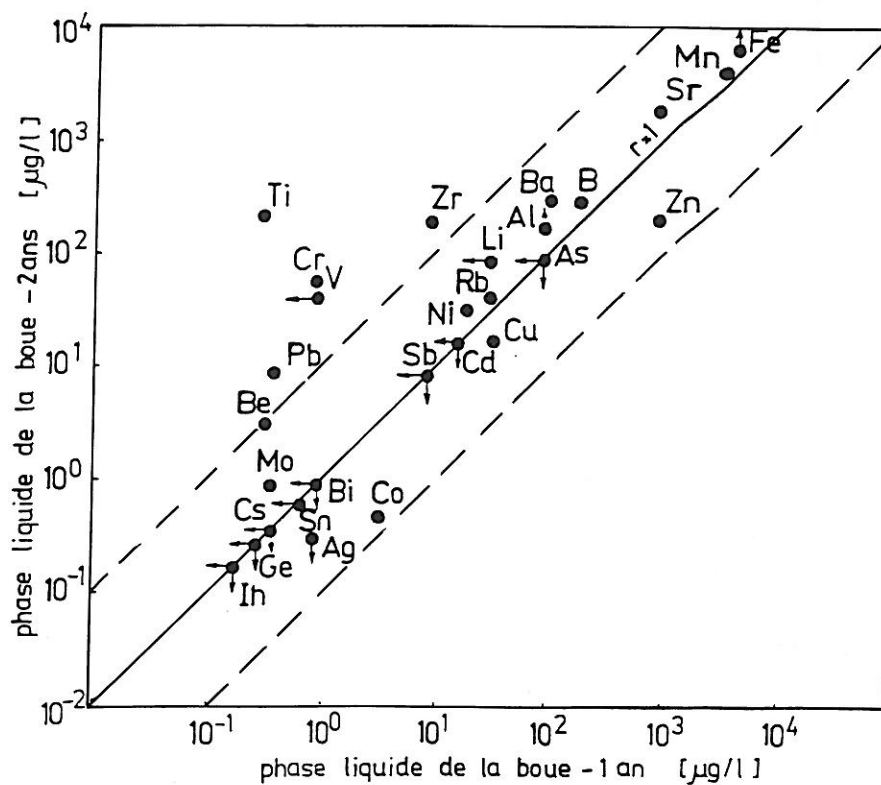


Figura 5

ción "peloide-agua termal". La fase líquida del barro después de los dos años se enriquece aún en Cr, V, Zr, Pb, Ti, Be, Fe y muchas otras concentraciones (Ba, Li, Al, Sr, etc.) prevalecen también en el fluido. En conclusión: se puede admitir que las características microgeoquímicas del barro curativo y sus particularidades genéticas a lo largo de las etapas consecutivas de la interacción "peloide-fluido termal" son, en gran parte, dependientes del proceder seguido en su preparación y aplicación.

El estudio microgeoquímico presente, del sistema "aguas termales-peloides" da alguna luz sobre los procesos geoquímicos y físico-químicos genéticos, de los que resulta la composición oligoelemental del peloide terapéutico y sus particularidades así como de su evolución. Estos conocimientos permiten pronosticar y conocer mejor este sistema natural importante, revelar la acción terapéutica de sus ingredientes y su efecto integral, lo que puede facilitar su mejor explotación en beneficio de la salud humana.

REFERENCIAS

- (1) ZADGORSKA, Z. et PENTCHEVA E.N., 1989. Matér. lière Conf. Nat. Hydrochimie, Sofia, Bulgarie.
- (2) PENTCHEVA, E.N., VAN'T DACK, L.; VELDEMAN, E. et GIJBELS, R.; 1990. Matér. 26ième Congrès Intern. SITH, Sotchi, U.S.S.R. (en presse).
- (3) PENTCHEVA, E.N., 1984. Thèse de Doctorat d'Etat, Inst. Géologique, Acad. bulg. Sci., Sofia, Bulgarie.
- (4) BALL, J.W.; NORDSTROM, D.K.; et ZACHMANN, D.W., 1987. U.S. Geol. Surv. Open-file Rep. 87-50, 108 pp.
- (5) PENTCHEVA, E.N.; SWENTERS, K.; VAN'T DACK, L.; VERLINDEN, J.; et GIJBELS, R., 1984. Compt. rend. Acad. bulg. Sci. 37, 509.
- (6) PENTCHEVA, E.N.; VAN'T DACK, L.; MERCIER, F. et VERRIER, J., 1992. Compt. rend. Acad. Bulg. Sci., t. 45. nr. 12, p. 93.
- (7) PENTCHEVA, E.N.; et MERCIER, F., 1994. Compt. rend. Acad. Bulg. Sci., t. 47, nr. 2 (in press).
- (8) VELIKOV, B.L., 1985. Matér. 2lième Congrès Intern. SITH, Varna-Albena. Bulgarie, p. 170.
- (9) HAENEL, R.; LEGRAND, R.; BALLING, N.; SAXOV, S.; BRAM, K.; GABLE, R.; MAUNIER, J.; FANELLI, M.; ROSSI, A.; SALOMONE, M.; TAFFI, L.; PRINS, S.; BURLEY, A.J.; EDMUNDS, W.M.; OXBURGH, E.R.; RICHARDSON, S.W.; WHEILDON, J., 1980. Atlas of subsurface temperatures in the European Community. Th. Schäfer Druckerei GmbH, Hannover, Allemagne.



MANANTIAL CAPUCHINA

Afecciones de hígado y vías biliares

MANANTIAL SAN VICENTE

Afecciones renales y de vías urinarias

MANANTIAL EL SALADO

*Afecciones de aparato locomotor
y aparato respiratorio*

SERVICIO DE BALNEOTERAPIA:

Baños, baños de burbujas y carbogaseosos
Duchas y masajes subacuáticos

INSTALACIONES:

Nebulizaciones y Aerosoles

MECANOTERAPIA Y ELECTROTERAPIA:

Masajes vibratorios, tracciones, onda corta

INSTALACIONES DEPORTIVAS:

Tenis, Frontón, Badminton
Parques infantiles

TEMPORADA OFICIAL: 1.º JUNIO AL 31 DE OCTUBRE

SIERRA NEVADA (Granada). A 50 kms. de Granada, 135 de Almería y 146 de Málaga.

INFORMES: Aguas de Lanjarón, S.A.

Teléfonos: 77 01 37/62 • Télex: 78408 ALGRA • Lanjarón (Granada)