
HALOTHÉRAPIE OU SPÉLÉOTHÉRAPIE DANS LES MINES DE SEL

GISÈLE KANNY¹, OLGA SURDU^{2,3}, MICHEL BOULANGÉ¹

Résumé

L'halothérapie ou spéléothérapie dans les mines de sel désigne le traitement par séjour dans les grottes de sel. L'indication thérapeutique principale concerne les affections respiratoires (broncho-pneumopathie chronique obstructive (Bpco), asthme). Les effets bénéfiques ont été découverts empiriquement en 1843 par Felix Bochkowsky chez les mineurs de la mine de sel de Wieliczka. Des centres de cures ont été structurés dans différents pays d'Europe de l'Est, en Allemagne, Autriche, Turquie et Russie. En raison des caractéristiques propres de chaque mine et la variété des programmes de traitement, la spéléothérapie est considérée comme une classe d'intervention. Dans les années 80 des grottes artificielles ont été créées. La spéléothérapie s'inscrit comme une offre de soins complémentaires de la médecine conventionnelle dans différents pays européens pour le traitement de la Bpco. Depuis 1969, la Société roumaine de spéléothérapie organise régulièrement des conférences scientifiques sur le sujet. Le principal facteur curatif est représenté par l'aérosol de chlorure de sodium et d'oligoéléments provenant de l'érosion des murs de la mine liée aux mouvements de l'air humide. L'inhalation d'un aérosol salé hypertonique induit une stimulation hyperosmolaire, augmente la clairance mucociliaire, a un effet bactéricide et agit sur l'inflammation bronchique. Le sel et l'humidité permettent aux sécrétions bronchiques de se fluidifier et améliorent leur rhéologie. Les effets bénéfiques de la spéléothérapie dans la Bpco et l'asthme, l'amélioration des performances respiratoires des sportifs ont été montrés. L'évaluation du service médical rendu justifie la conduite d'études cliniques basées sur les méthodologies de la médecine fondée sur les preuves avec suivi à long terme. La création de centres de santé et de sports dans certaines mines de sel représente des modèles vertueux de reconversion environnementale de sites industriels.

Mots clés : Halothérapie - Spéléothérapie - Mine de sel - Climatothérapie - Broncho-pneumopathie chronique obstructive - Asthme

1. Laboratoire d'hydrologie et de climatologie médicales, Faculté de médecine, 9 avenue de la forêt de Haye F-54500 Vandœuvre-lès-Nancy. Courriel : gisele.kanny@univ-lorraine.fr
2. Sanatorium Balnéaire et de Réhabilitation Techirghiol, 34-40 rue Dr. Victor Climescu, 90610, Techirghiol, Roumanie.
3. Université Ovidius, Faculté de Médecine Constanta, 124, Blvd Mamaia, 900527, Constanța, Roumanie

Abstract

Halotherapy or speleotherapy in salt mines

Halotherapy or speleotherapy in salt mines refers to treatment by stay in salt caves. The main therapeutic indication concerns respiratory diseases (chronic obstructive pulmonary disease (COPD), asthma). The beneficial effects were discovered empirically in 1843 by Felix Bochkowsky in the Wieliczka Salt Mine. Treatment centers have been structured in different countries of Eastern Europe, Germany, Austria, Turkey and Russia. Because of the unique characteristics of each mine and the variety of treatment programs, speleotherapy is considered as a class of intervention. Artificial salt chambers were created in the 80s. Speleotherapy is considered as a complementary care for the treatment of respiratory diseases in different European countries. Since 1969, the Romanian speleotherapy association organizes international scientific conferences. The main curative factor consists in an aerosol of sodium chloride and oligo-elements coming from the convective erosion of the walls of the mine. The inhalation of hypertonic saline aerosol induces hyperosmolar stimulation, increases mucociliary clearance, has a bactericidal effect and reduces bronchial inflammation. Salt and moisture increase the fluidity of the bronchial mucosa and improve its rheology. The beneficial effects of speleotherapy in COPD, asthma and the breathing performance of athletes were highlighted. There is a need of randomized controlled clinical trials with long-term follow-up. The creation of health resorts in salt mines represents a virtuous model of environmental reconversion of industrial sites.

Key words : Halotherapy - Speleotherapy - Salt Mine - Climatotherapy - Chronic obstructive bronchopneumopathy - Asthma

L'halothérapie correspond au traitement par le sel. Étymologiquement halo provient du grec "hals" signifiant sel ou mer. Le contact par le sel peut se faire par application, ingestion ou respiration. Le terme spéléothérapie est également utilisé pour désigner le traitement par séjour dans les grottes de sel. La spéléothérapie utilise le microclimat des mines et des grottes karstiques. L'utilisation du climat particulier des mines de sel représente une forme de climatothérapie. Les grottes de sel ont un air saturé en sel et oligoéléments. Cette technique est principalement utilisée pour traiter les affections respiratoires comme la broncho-pneumopathie chronique obstructive et l'asthme.

Approche historique

Les mines sont des excavations créées pour exploiter le sel. Déjà au Moyen-Âge, les moines amenaient des personnes souffrant de problèmes respiratoires dans les mines de sel. En 1843, Felix Bochkowsky constatait que les mineurs de la mine de sel de Wieliczka étaient moins atteints de maladies respiratoires.

Le traitement par séjour et soins dans les mines a été développé dans les années 40-50 en Allemagne, en Autriche et en Italie, puis dans les années 60 en Europe de l'Est : Pologne [1], Hongrie, Slovaquie et Roumanie [2].

Des centres de cures ont été structurés dans différents pays : Autriche [3], Pologne, Ukraine, Roumanie, Allemagne, République Tchèque, Russie, Turquie, ... Environ 60

mines de sel ont aujourd'hui une activité de spéléothérapie [4]. Quinze centres sont localisés dans des mines de sel à la température de 9-24°C, 34 dans des grottes karstiques à 9-18°C et 4 dans des grottes thermales à des températures supérieures à 24°C [5]. Dans les mines russes, la température de 18-22 °C et un taux d'humidité de 45-55 % est maintenu par un système d'air conditionné [6]. En raison des caractéristiques propres des mines et de la variété des programmes de traitement, la spéléothérapie ne peut être considérée comme un seul traitement mais plutôt comme une classe d'intervention [7].

Dans les années 80, des grottes de sel artificielles visant à reproduire les effets des mines de sel ont vu le jour. Des salles dédiées à l'halothérapie ont été créées en lien avec l'offre thermale comme à Salies-de-Béarn.

En Roumanie, la société de spéléothérapie a organisé, depuis 1969, quatorze conférences de spéléothérapie. En octobre 2011, à Turda (région de Cluj, Roumanie) a été organisée la première conférence de spéléothérapie dédiée à un projet d'étude médico-biologique pour l'utilisation innovante des effets thérapeutiques des mines et grottes de sel à des fins de santé, de tourisme balnéoclimatique et pour le développement de la spéléothérapie en Roumanie [5]. En 2018, lors du congrès de la Société roumaine de médecine physique et de réhabilitation & balnéologie, une journée scientifique a été organisée dans la saline de Turda et une session thématique portait sur les aspects modernes de la spéléothérapie [8].

La spéléothérapie s'inscrit comme une offre de soins complémentaires à la médecine conventionnelle dans différents pays européens pour le traitement de la bronchite chronique obstructive. Certaines structures d'halothérapie sont associées à une structure hospitalière comme à Tapolca en Hongrie où sont organisées des cures de 3 semaines comportant un séjour de 4 heures / jour, dans la grotte. Différentes activités sont proposées : activités physiques, exercices respiratoires, relaxation, photothérapie, électrothérapie,... sous surveillance médicale.

Caractéristiques physicochimiques

Le sel présent dans l'air ambiant d'une mine de sel provient de l'érosion des murs de la mine liée aux mouvements de l'air humide dans les tunnels et chambres de sels. Le principal facteur curatif est un aérosol de chlorure de sodium composé de particules de taille de 2 à 5 µm. L'aérosol est créé par la diffusion convective des murs de sel. La densité des particules est variable de 0,5 à 9 mg/m³. Les propriétés thérapeutiques se basent sur différents critères : pression, humidité, ionisation de l'air, concentration en particules, radioactivité, contenu gazeux (CO₂, H₂S, N₂, O₂, SO₂), contenu en éléments chimiques (Na, Cl, K, Ca, Mg...) et microbiologique. La composition du sel utilisé en halothérapie doit répondre à certains critères (Table 1) [6]. Un système optique laser permet de mesurer la dispersion et la concentration de l'aérosol en sel rocheux [2]. Les effets thérapeutiques de l'air ambiant des mines de sel sont liés au microclimat salin avec une humidité relative constante entre 40 et 60 % et une température de 18 à 24 °C. L'environnement est pauvre en micro-organismes : 130-200 saprophytes/m³ d'air. La teneur en allergène est faible avec une quantité de pollens inférieur à 30/m³ [7]. Rogula-

Kozłowska et coll. ont étudié la qualité de l'air dans la mine de sel de Wieclinska, située à 135 mètres de profondeur et montrent que la concentration en particules en suspension dans l'air n'excède pas 30 µg/m³ composées à 88 % de chlorure de sodium [9]. La qualité de l'air souterrain, sa concentration en particules fines et sa composition chimique dépendent de la nature de la roche et des systèmes de filtration de l'air extérieur entrant. L'activité anthropogénique influe sur la quantité de particules présentes dans l'air des grottes [9]. La maîtrise de la teneur en particules fines de l'air extérieur entrant dans la grotte est primordiale en particulier pour le traitement des maladies respiratoire pour lesquelles la qualité de l'air est essentielle.

Composition chimique du sel	% (masse)
Na	> 97,70
Ca ionisé	< 0,50
Mg ionisé	< 0,10
SO ₄ ionisé	< 1,20
K ionisé	< 0,10
Fe ₂ O ₃	< 0,01
Na ₂ SO ₄	0,50
Sédiment insoluble dans l'eau	< 0,45
Humidité de la roche salée	< 0,25
pH de la solution NaCl	6,5 – 8,0

Table 1 : Recommandations concernant la composition des sels utilisés en halothérapie d'après Chervinskaya et Zilber [6]

Indications thérapeutiques

Maladies respiratoires

Horwath considère les mines de sel comme étant l'environnement optimal pour les traitements complexes de réhabilitation respiratoire [10]. L'inhalation d'un aérosol salé hypertonique induit une stimulation hyperosmolaire, augmente la clairance mucociliaire [11], a un effet bactéricide [12] et agit sur l'inflammation bronchique. Le sel et l'humidité permettent aux sécrétions bronchiques de se fluidifier et améliorent leur rhéologie.

L'intérêt de la spéléothérapie dans l'asthme a été souligné [13]. La confirmation de ses effets justifie la conduite d'études cliniques plus larges basées sur la méthodologie de la médecine fondée sur les preuves [14]. La revue de Rashleigh et coll. [15] montre que

parmi les 151 articles portant sur l'intérêt de l'halothérapie dans la bronchite chronique obstructive, seul un essai randomisé répond aux critères d'inclusion [16]. Il est à noter que cette revue ne retient que les articles écrits en langue anglaise. Cette revue de la littérature prive l'analyse de ressources bibliographiques conséquentes car la plupart des études sont publiées dans des revues en langues slaves, russe, turque, correspondant aux pays où ce traitement est de pratique courante. La revue réalisée en 2001 par Beamon et coll. recense deux études montrant un effet bénéfique à court terme dans l'asthme de l'enfant et conclut à la nécessité d'études randomisées contrôlées pour évaluer l'effet à long terme de ce traitement [7].

Une étude portant sur 116 patients âgés de 18 à 56 ans présentant un asthme sévère à modéré, évoluant depuis $7,4 \pm 3,5$ ans a évalué la durée optimale du traitement et des séances [2]. Une durée de 18 jours avec des séances de 60 minutes ou de 30 minutes dans 2 chambres à teneurs croissantes en sel favorise la disparition des crises et l'arrêt du traitement par bronchodilatateurs avec respectivement une amélioration chez 75 % et 86 % des patients ayant une exploration fonctionnelle de base normale. Chez les patients ayant des anomalies modérées de l'exploration fonctionnelle respiratoire de base, les séances de 60 minutes sont les plus efficaces alors que dans les asthmes les plus sévères, celles de 30 minutes induisent l'amélioration clinique la plus significative et la baisse des besoins thérapeutiques. Cette étude souligne la nécessité d'adapter la durée des soins d'halothérapie à la sévérité de la maladie asthmatique.

Une étude portant sur 124 patients âgés de 16 à 62 ans ($34,3 \pm 2,5$ ans) porteurs de maladies respiratoires chroniques suivant un programme musical psychosuggestif associé à une halothérapie a été menée en Russie [6]. Elle conclut à l'amélioration de l'état clinique et des paramètres respiratoires associés à une diminution des résistances bronchiques en comparaison à un groupe témoin de 15 personnes qui suivent uniquement le programme musical psychosuggestif (10 séances). Le traitement par halothérapie est quotidien d'une durée de 12 à 25 jours. La durée de la séance et les paramètres de l'aérosol sont définis par le médecin en fonction de la pathologie et de l'état clinique du patient (Tableau 2). Les patients respirent tranquillement accompagnés par une musique psychosuggestive et un diaporama. Après 3 à 5 séances d'halothérapie, 75 % des patients présentent une amélioration clinique : expectoration de meilleure qualité, amélioration du profil auscultatoire, diminution des épisodes de gêne respiratoire. Vingt-sept pour cent des patients asthmatiques notent une recrudescence de la toux et de l'expectoration après 3 à 4 séances du fait de l'hypersécrétion de mucus et de l'encombrement antérieur des bronchioles. Les symptômes cliniques sont améliorés à la fin du traitement avec une diminution de 81 % du nombre de crises d'asthme et de 52 % des gênes respiratoires. La corticothérapie systémique a été arrêtée chez la moitié des patients sous ce traitement (11/22). Une diminution des doses de bronchodilatateurs est notée chez 60% des patients. L'effet apparaît durable sans aggravation de la maladie respiratoire à 6 et 12 mois.

Maladies respiratoires	Particularités	FEV1* (% théorique)	Concentration (mg/m ³)	Durée de l'halothérapie (jours)
Asthme bronchique	Allergique		0,5 - 1	12 - 14
	Infectieux	< 60 > 60	0,5 - 1 1 - 2	18 - 21
Bronchite chronique obstructive		< 60	0,5 - 1	18 - 21
Bronchite chronique non-obstructive			3 - 5	18 - 21
Bronchectasie		< 60 > 60	1 - 2 7 - 9	21 - 25
			3 - 5	21 - 25
Mucoviscidose			3 - 5	21 - 25

* FEV1 (forced expiratory volume in one second = volume expiratoire forcé au cours de la première seconde)

Tableau 2 : Concentration de l'aérosol en chlorure de sodium sec et durée de l'halothérapie en fonction de la pathologie respiratoire d'après Chervinskaya et Zilber [6]

L'effet apparaît durable sans aggravation de la maladie respiratoire à 6 et 12 mois.

Une étude portant sur 35 enfants ukrainiens présentant des bronchites à répétition (2 épisodes ou plus/an) a été menée [17]. Douze enfants âgés de 6 à 10 ans ont été traités par halothérapie en aérosol à une concentration de 40 mg/m³ (14 séances) et 23 enfants par ce traitement associé à 12 séances d'oxygénothérapie. Les paramètres respiratoires mesurés par la courbe débit-volume se sont améliorés, avec une légère supériorité du traitement utilisé dans le deuxième groupe. Cette supériorité est rapportée à l'effet anti-oxydant de l'oxygène par les auteurs. Des effets secondaires bénins à type de rhinite et d'intensification de la toux ont été observés chez 25,7 % d'entre eux entre la 4^{ème} et la 10^{ème} séance de traitement. L'adaptation clinique des patients aux conditions climatiques de la mines est notée 5 à 10 jours après le début de l'halothérapie dans la plupart des études [18].

L'halothérapie améliore les capacités respiratoires des athlètes. Une étude portant sur 12 coureurs âgés de 14 à 16 ans a montré que l'halothérapie dispensée par séance quotidienne pendant 21 jours augmentait leurs performances respiratoires, en particulier le Vems, DEP et Vmax (Tableau 3) [19].

	Avant	Après	<i>p</i>
CV (l)*	481,1 ± 102,1	542,7 ± 99,9	0,1494
VEMS (l/s)	425,3 ± 68,4	484,8 ± 74,4	0,0530
DEP (l/s)**	8,1 ± 1,25	10,3 ± 1,2	0,0002
Vmax (l/min)	1276,1 ± 205,3	1454,6 ± 223,3	0,0002

* CV : capacité vitale ** DEP : débit expiratoire de pointe

Tableau 3 : Modification des paramètres respiratoires chez douze athlètes après 21 jours d'halothérapie [19]

Une étude a été menée pour évaluer l'influence de l'halothérapie dans les mines de sel de Cacia et Dej en Roumanie sur la morphologie cellulaire et l'expression électrophorétique des fibroblastes pulmonaires de rats Wistar normaux et sensibilisés à l'ovalbumine, ce qui correspond à un modèle expérimental d'asthme avec hyperréactivité et remodelage bronchique chronique [20]. Les fibroblastes de rats sensibilisés à l'ovalbumine traités par halothérapie présentent une amélioration morphologique, une augmentation de la densité et de la viabilité cellulaire, une expression accrue de protéines. Ainsi, il est montré un effet sur les fibroblastes du tissu conjonctif interstitiel qui jouent un rôle essentiel dans le remodelage bronchique. Lazarescu et coll. montrent l'effet positif du traitement halothérapeutique sur la stimulation du processus de phagocytose et la résistance non-spécifique aux infections par l'activation des propriétés bactéricides oxygène-dépendantes des polynucléaires neutrophiles [18].

Maladies de la peau

L'halothérapie est conseillée pour le traitement du psoriasis et de la dermatite atopique. La littérature scientifique indique que l'halothérapie aide à la normalisation de la flore cutanée et à la récupération des fonctionnalités hydrolipidiques. Les bienfaits de l'eau extrêmement salée de la mer morte en témoignent [21]. Les effets bénéfiques de la spéléothérapie tant d'un point de vue morphologique que de l'expression protéique ont été montrés sur des fibroblastes cutanés de rats Wistar ayant subi des lésions de brûlure [22].

Conclusion

La spéléothérapie et l'halothérapie sont des médecines ancestrales. Les aérosols de chlorure de sodium et de minéraux issus des murs des grottes ou des mines de sel exercent un effet positif dans les pathologies respiratoires en favorisant le drainage mucociliaire, en améliorant les performances respiratoires et en diminuant le recours aux traitements médicamenteux.

Des centres touristiques de loisirs, de sports et de santé ont été développés dans certaines

mines de sel comme à Turda et Slanic Prahova en Roumanie. Ils représentent des modèles vertueux de reconversion environnementale de site industriel. Les effets bénéfiques de l'air intérieur des mines de sel ont conduit à la création de structures artificielles d'halothérapie associées à des centres de bien-être et de soins thermaux.

Références

1. Sculinowski M. Treatment of bronchial asthma patients in the chamber of the rock salt mine in Wieliczka. *Arch Phys Therapie*. 1965;17:417-21.
2. Lemko IS, Lemko OI. New technologies of haloaerosoltherapy at asthmatic patients. *Balneo Research Journal*. 2013;1042:49-52.
3. Glass N. Austria medieval silver mine as a sanatorium. *Lancet* 2000;355:1979.
4. Evergreen Balneotherapy - the way ahead. Abstract book. 41th ISMH World Congress; 2016 19-20 May; Bucharest, Romania.
5. Simionca I. Speleotherapy developpement in Romania on the world context and persepectives for use of some salt mines and karst caves dor speleotherapeutic and balneoclimatic tourism pupose. *Balneo Research Journal*. 2013;4:133-9.
6. Chervinskaya AV, Zilber NA. Halotherapy for treatment of respiratory diseases. *J Aerosol Medecine*. 1995;8:221-32.
7. Beamon S, Falkenbach A, Fainburg G, Linde K. Speleotherapy for asthma. *Cochrane Database of systematic Reviews*. 2001(2).
8. Speleotherapy - modern arguments. Romanian Congress of Rehabilitation, Physical Medicine and Balneology; 26th May 2018; Turda: *Balneo Research Journal* 2018. 178-83.
9. Rogula-Koelowska W, Kostrzon M, Rogula-Kopiec P, Badyła A. *Particulate matter in the air of the underground chamber complexe of the Wielicska salt mine resort*. In: Pokorski M, editor. *Pathobiology of Pulmonary Disorders Advances in Experimental Medicine and Biology*. 955. Cham, Suisse: Springer; 2016. p. 9-18.
10. Horvath T. Speleotherapy: a special kind of climatotherapy, its role in respiratory rehabilitation. *Int Rehabil Med*. 1986;8:90-2.
11. Pavia D, Thomson ML, Clarke SW. Enhanced clearance secretion from the human lung after the administration of hypertonic saline aerazol. *Am Rev Resp Dis*. 1978;117:199-204.
12. Rein MF, Mandell GZ. Bacterial killing by bacteriostatic saline solutions: potential for diagnostic error. *New Engl J Med*. 1973;289:794-5.
13. Karakoca Y, Demir AU, Koisacik G, Kalyincu AF, Findik S. Speleotherapy in asthma and allergic diseases. *Clin Exp Allergy*. 1995;25:666.
14. Watkins AD. Rely - Asthma, altitude and alternative therapy. *Clin Exp Allergy*. 1995;25:666-7.

15. Rashleid R, Smith SMS, Roberts NJ. A review of halotherapy for chronic obstructive pulmonary disease. *International Journal of COPD*. 2014;9:239-46.
16. Nurov I. Immunologic features of speleotherapy in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Medical and Health Science Journal*. 2010;2:44-7.
17. Lemko I, Lukaschuk S. The usage if haloaerosol therapy in the rehabilitational treatment of children with recurrent bronchitis. *Balneo Research Journal*. 2015;1087:60-4.
18. Lazarescu H, Simionca I, Hotetiu M, Munteanu A, Iliuta A, Dumitrasu D, et al. Surveys on therapeutic effects of « halotherapy chamber with artificial salt-mine environment » on patients with certain chronic allergenic respiratory pathologies and infectious-inflammatory pathologies. *J Med Life*. 2014;7:83-7.
19. Catalina S, Catalin S, Ion S. Impact assessment of saline aerosols on exercise capacity of athletes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2012;46:4141-5.
20. Munteanu C, Munteanu D, Simionca I, Cinteza D, Hotetiu M. Morphological and electrophoretic data about heterogeneous primary dermal cells culture obtained from normal and ovalbumin-challenged wistar rats treated by speleotherapy in the Cacica and Dej romanin salt mines. *Ro J Phys Rehabil Med*. 2010;20:14-20.
21. Shani J, Seidl V, Hristakieva E, Stanimirovic A, Burdo A, Harari M. Indications, contraindications and possible side-effects of climatotherapy at the Dead-Sea. *Int J Dermatol*. 1997;36:481-92.
22. Lazarescu H, Simionca I, Hotetiu M, Mirescu L. Speleotherapy - modern biomedical perspectives. *J Med Life*. 2014;7:76-9.