

L'ABAISSMENT PROFOND DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE DES SOURCES
THERMALES DE TEPLICE (NORD-OUEST DE LA BOHEME, TCHECOSLOVAQUIE)
AU COURS DE L'EXPLOITATION DE LIGNITE A CIEL OUVERT

Homola, V.

ABSTRACT : In order to ensure the thermal water supply for the Teplice Spa and to cover the safety of brown coal mining in the vicinity of Duchcov, regarding the possible underground water burst, starting 1896 the ground water level is depressed 23-30 m below the natural piezometric surface. In future it is planned to extract the coal by open pit mining. It will be necessary to depress the piezometric surface of ground water by further 80 - 90 m. By this action the underground runoff of thermal water does not exceed by more than 100 %, and the temperature of rocks within the zone of thermal water accumulation, does not drop during the period of 15 years water pumping more than by 2°C.

RESUME : Pour assurer l'approvisionnement en eaux thermales des bains de Teplice, et pour protéger les mines de lignite de Duchcov des irrptions d'eau porphyrienne, on tient, depuis 1896, le niveau piézométrique à 23 - 30 m au-dessous du niveau original. Dans l'avenir, on a l'intention d'extraire la lignite à ciel ouvert. Il sera nécessaire d'abaisser encore le niveau piézométrique de 80 - 90 m. Pour cette intervention le débit des eaux thermales n'augmentera que de 100 %, et la température des roches, dans la zone d'accumulation, n'abaissera que de 2° C, au cours de 15 ans de pompage.

RESUMEN : Con el fin de asegurar el abastecimiento de aguas termales para el balneario de Teplice, y de mantener la seguridad en las minas de lignito de los alrededores de Duchcov, ante las irrupciones de agua, se mantienen las aguas subterráneas, desde 1896, a un nivel de 23 a 30 m bajo el nivel piezométrico natural. Se ha planeado, en el futuro, explotar el lignito a cielo abierto, lo que obligará a rebajar la superficie piezométrica en otros 80 - 90 m. Con esta intervención el aflujo subterráneo de aguas termales no aumentará más del 100 %, y la temperatura de las rocas, en el sector de las termas no disminuirá, en 15 años de bombeo, más de 2° C.

HOMOLA Vladimír, Prof. RNDr., Vysoká škola báňská (Ecole Supérieure des Mines),
Třída Vítězného února, 708 33 OSTRAVA-Poruba, Tchecoslovaquie.

La ville d'eaux de Teplice était toujours et reste jusqu'aujourd'hui avec ses plus de 5 500 lits la plus grande station balnéaire de Tchécoslovaquie. Avec son débit total des sources (cca 30 l.s^{-1}) et leur température ($46 - 50^\circ \text{ C}$) Teplice appartient parmi les plus importantes stations balnéaires de l'Europe centrale. Les eaux thermales de Teplice se forment dans un corps de porphyre quartzeux (dit porphyre de Teplice, Carbonifère supérieur - Permien inférieur), qui remplit une crévasse dans les schistes cristallins de Krušné hory (Monts Métallifères de la Bohême), orientée de N vers S jusqu'à de NNO vers SSE. Les veines de porphyre granitique, plus vieux que l'intrusion de granite acide dit de Krušné hory (Permien supérieur) suivent la même direction. La largeur du corps de porphyre quartzeux varie de 4 jusqu'à 7 km, sa longueur atteint 20 km (y compris l'extension de 11 km sur le territoire de la République démocratique d'Allemagne, déjà de l'autre côté de la ligne de partage des eaux de 1^{er} ordre). Sa puissance - d'après le témoignage des forages profonds - dépasse 1 000 m. Au pied méridional de Krušné hory, le porphyre quartzeux tombe sous les sédiments du bassin houiller miocène, dit bassin de Chomutov-Ústí. Les restes dénudationnels du Crétacé supérieur (grès, 0-15 m, marnes gréseuses, 0-90 m) se trouvent quelque part au-dessous de Miocène. Les tufs et tuffits volcaniques oligocènes sont intercalés en puissance de 0 - 20 m entre le Crétacé et le Miocène. Les veines et les épanchements de basalte et de phonolite sont rares. Le Miocène se compose d'une série argileuse inférieure (2 - 25 m), d'une série lignifère (5 - 35 m) et d'une série argileuse supérieure (10 - 180 m). La largeur du bassin houilleux ne dépasse pas 3 - 4 km. Son bord méridional est formé d'un horst constitué par le porphyre quartzeux et par les assises du Crétacé supérieur, appelé le horst de la zone de Teplice-Lahošť. Plus loin vers le Sud, le Crétacé est couvert par les roches volcaniques et pyroclastiques (Oligocène - Miocène inférieur?) de České Středohoří (Monts volcaniques de la Bohême cen-

trale). Le porphyre quartzeux y est encore répandu mais il n'apparaît plus nulle part sur la surface.

Quant à la tectonique, les directions d'âge variscien et saxonien sont connues. La direction principale de la tectonique variscienne est conforme aux bordures du corps de porphyre quartzeux et aux veines de porphyre granitique, c.-à-d. de N - NNW vers S - SSO. Les directions tectoniques de NW vers SO et de NO vers SW sont un peu plus jeunes. La direction tectonique de WSW - W vers ONO - O, dite "direction de Krušné hory", prédomine dans la tectonique saxonnienne. Les dislocations saxoniennes transversales et obliques sont rares et peu importantes. La dislocation de la "Source gigantesque" (de SO vers NW) est une exception. Il s'agit d'une dislocation variscienne plusieurs fois rajeunie (à la fin du Crétacé, du Oligocène et du Miocène). La formation des eaux thermales de porphyre quartzeux commence par l'infiltration des précipitations atmosphériques et probablement aussi d'eaux des ruisseaux aux sommets de Krušné hory (l'altitude approxim. de 800 m s.m.). C'est de là, que l'eau infiltrée descend jusqu'à la profondeur de 2 500 - 3 000 m et coule - peut-être - déjà dans les schistes cristallins dans le soubassement du porphyre vers le Sud. Au cours de ce chemin, la circulation d'eau est dirigée par les dislocations et fissures de la direction variscienne, lesquelles étaient rajeunies pendant l'époque saxonnienne. La fonction de ces dislocations et fissures est variée, une fois elles agissent comme des conducteurs, une autre fois comme des isolants hydrauliques. En fonction de conducteur, les dislocations et fissures de la direction de NW vers SO (dite "direction sudétique") et de N vers S (dite "direction de Jizera") sont plus importantes.

En arrivant au bord septentrional du horst de la zone Teplice-Lahošť, l'eau - déjà échauffée à 60 - 65° Celsius - monte vers la surface le long d'un système des dislocations longitudinales saxoniennes

SIAMOS-78. Granada (España)

(de la direction de WSW - W vers ONO - O, c.-à-d. "direction de Monts Métallifères"). La distribution de l'eau thermale pour différentes sources ne s'effectue qu'à la proximité de la surface.

Dans la partie orientale de la zone Teplice-Lahošt, les eaux thermales apparaissent dans deux groupes des sources. Les sources situées plus loin vers l'Est (le groupe de Šanov) s'écoulaient jusqu'à 1879 avec le débit total de $3 - 5 \text{ l.s}^{-1}$ dans l'altitude 206 - 216 m s.m. Les sources du deuxième groupe (dit de Teplice s.s.) éloignées à 1000 m vers l'Ouest du groupe de Šanov, s'écoulaient jusqu'à 1879 avec le débit total de $15 - 18 \text{ l.s}^{-1}$ dans l'altitude 221 - 223 m s.m. Dans la partie occidentale, les eaux thermales apparaissaient jusqu'à 1887 en distance de 5 km de Teplice dans une source appelée "Source gigantesque". Les eaux thermales mixtes avec les eaux froides jaillissaient y dans l'altitude de 223 m s.m. avec le débit total de $25 - 40 \text{ l.s}^{-1}$. En 1879, une irruption de l'eau de porphyre dans la mine de lignite "Döllinger", non loin de la ville Duchcov et de la "Source gigantesque" (1,6 km vers l'Ouest) s'est produit. Le lieu de l'irruption était en 1881 - 1882 entouré par les dames, mais le niveau piézométrique restait à 1 - 3 m au-dessous de la surface naturelle des sources thermales. En conséquence, il fallait puiser la therme avec une pompe.

Les irruptions de l'eau porphyrienne se répétaient encore en 1885 et 1892, cette fois dans la mine "Viktorin" éloignée de 0,8 km vers NNW de la mine "Döllinger". Ces irruptions étaient supprimées aussi par les dames. Pour assurer l'alimentation des bains par l'eau thermale, on a fait construire en 1880 - 1882 de nombreuses puits au lieu des sources thermales, dont la profondeur atteignait 54 m. La sécurité des mines a été assurée par une mesure dite "la protection réparative". Le principe de cette "protection" est fondé sur le pompage des eaux porphyriennes, avec lequel on réussit à maintenir - de 1896 jusqu'à aujourd'hui - le niveau piézométrique

SIAMOS-78. Granada (España)

des eaux porphyriennes au-dessous du niveau piézométrique naturel, à savoir dans les bains de 23 mètres, dans les mines de 30 mètres. En conséquence il s'est produit une inversion de la pente de la surface des eaux porphyriennes en direction vers les mines, c.-à-d. vers l'Ouest. La pente hydraulique ainsi que la quantité d'eau porphyrienne (y compris la therme), laquelle doit être pompée pour maintenir le niveau fixé par la "protection réparative", ont agrandi en comparaison avec l'état naturel, à savoir dans les bains à 23 - 27 l.s.⁻¹, dans les mines à 30 - 55 l.s.⁻¹. On n'a aucune information sur le changement de la température de l'eau thermale dans la zone profonde (d'accumulation). Aujourd'hui, d'après les résultats d'un forage de Teplice (le forage no. Tp-28 à la Place de la Paix), la température de la therme atteint dans la profondeur de 850 - 950 m même 55° C. À présent, l'abaissement de 48 - 49° C en 1879 à 42 - 43° C a été produit par le mélange de la therme avec de l'eau froide de la circulation peu profonde.

À partir de 1960, on prépare une exploitation du lignite dans les environs de Duchcov (y compris les mines souterraines "Döllinger" et "Victorin") à ciel ouvert. Dans ce cas, il sera nécessaire d'abaisser successivement le niveau piézométrique des eaux porphyriennes encore plus bas, en somme de 80 - 90 m en comparaison de l'état actuel et de conserver ce niveau d'abaissement pour 15 ans au maximum.

Pour pouvoir réaliser ce projet, il est nécessaire d'abord d'effectuer plusieurs travaux préparatoires et trouver la solution de quelques questions théorétiques:

1. Construire une nouvelle station de pompage de l'eau porphyrienne froide en voisinage de la mine planifiée à ciel ouvert, mais déjà en dehors des rayons de déblais.
2. Supprimer les lieux d'irruptions de l'eau porphyrienne froide (de la fin de XIX^{ème} siècle) dans les mines souterraines "Döllinger", "Viktorin" et Gizela".

SIAMOS-78. Granada (España)

3. Capturer de nouveau les sources thermales de Teplice par les forages, dont la profondeur doit être supérieure à 300 m.
4. Réaliser plusieurs forages de drainage pour pouvoir abaisser le niveau piézométrique des eaux porphyriennes jusqu'à la cote + 80 m s.m.
5. Calculer les quantités prévues d'eau, lesquelles devraient être pomper pour tenir le niveau de la surface abaissée, successivement jusqu'à la cote + 80 m s.m.
6. Déterminer l'extension et la forme attendues du cône d'appel et les changements dans le régime de la structure hydrogéologique du porphyre de Teplice.
7. Évaluer l'influence d'abaissement attendu de la surface des eaux porphyriennes sur le régime géothermal dans la zone de la genèse et de l'accumulation des eaux thermales, particulièrement sur la réduction de la température des eaux thermales au cours du pompage et sur sa restitution après avoir fini le pompage.

Jusqu'à la fin de l'année 1977, on a effectué ou on est en train de terminer les travaux suivants:

1. La "Source gigantesque" a été reconstruite pour une station stable de pompage sur la cote 192,0 - 193,0 m s.m. La puissance des pompes est $3 \times 60 \text{ l.s}^{-1}$.
2. Le lieu d'irruption de l'eau porphyrienne dans la mine "Viktorin", situé à la cote + 165 m s.m., c.-à-d. de 75 m au-dessous de la surface, a été supprimé dans les années 1976 - 1977 par 78 forages verticaux fondés sur la surface et 80 forages inclinés fondés dans la mine près des dames à eau. La profondeur des forages verticaux a été 90 m, la longueur des forages inclinés de 40 à 50 m. On a employé divers mélanges sur la base du ciment et des résines synthétiques comme l'agent étauchéfiant. Pour remplir les cavités d'une grande dimension, on a utilisé le cendre et le machefer. Actuellement la liquidation du lieu d'irruption dans la mine "Döllinger"

est effectuée de la même façon. On prépare la liquidation d'un troisième lieu d'irruption - dans la mine "Gisela", 1 km vers l'Est de la mine "Viktorin".

3. La source thermale principale dite "Pravřídlo" (dans le groupe de Teplice s.s.) a été captée en 1967-1972 par un forage profond de 972 m, situé à la Place de la Paix (forage no. Tp-28). L'eau thermale avec température de 55,0° C afflue d'une zone tectonique dans l'intervalle de 884 à 972 m. Au cours du pompage avec l'abaissement de 65 - 70 m on a atteint le débit de 23 - 27 l.s⁻¹. Un deuxième forage de captage dans le groupe de Teplice est en état de construction. Dans le groupe Šanov, on prépare un troisième forage pour la source appelée "Horský pramen" (la source sur la pente d'une colline). Le niveau piézométrique dans le premier forage est à 2,5 m au-dessous du niveau dans la source "Pravřídlo". L'essai de pompage, effectué de 30. juin à 30. septembre 1977, a montré une indépendance hydraulique de la circulation profonde entre le forage mentionné et la source "Pravřídlo", quoique leur distance ne dépasse pas 250 m.

4. Quant à la recherche des rapports hydrogéologiques, dans la partie du corps de porphyre quartzeux couverte par les sédiments miocènes et dans la zone de Teplice-Lahošť on a réalisé de 1879 jusqu'à 1977 plus de 100 forages, dont la profondeur était de 60 à 972 m. De ce nombre on dispose dans la partie de l'Ouest (dans la région des mines) de 14 forages d'observation et 4 de pompage, dans la partie d'Est (dans la région des bains) 36 forages d'observation et 3 de pompage. Le débit des forages de pompage varie dans les limites très vastes, de 1 - 2 l.s⁻¹ avec abaissement de 1 - 20 m jusqu'à plus que 20 l.s⁻¹ avec abaissement seulement de 0,15 m. Cette variation du débit mentionné est propre aux toutes roches fissurées. On a constaté que le niveau des eaux porphyriennes abaissé, entretenu par le pompage sur la cote + 192 m à + 193 m s.m. s'étend à partir de la limite méridionale et occidentale du corps de porphyre

vers l'Est jusqu'à bord occidental de Teplice. Plus loin vers l'Est, on suit un bloc partiellement séparé au point de vue hydraulique souterraine, dans lequel le forage de captage à la "Place de la Paix" fut fondé. Encore plus loin vers l'Est, d'autres blocs hydrauliques partiellement séparés suivent: le bloc de la source thermique "Pravřídlo", le bloc avec les eaux porphyriennes froides de la rue "Mlýnská" ("Rue des moulins") et le bloc des sources thermales du groupe de Šanov. Une fissure remplie de la brèche volcanique qui suit la direction de NNW vers SSO, sépare ce bloc des gneiss qui apparaissent de l'autre côté. La dislocation longitudinale nommée "Barborská" qui poursuit le centre du bassin miocène, sépare la région avec le niveau des eaux porphyriques abaissé au Sud de celle du Nord, où le niveau s'élève de la cote + 192 m s.m. jusqu'à la cote + 301 m s.m. Cela signifie, que la dislocation "Barborská" fonctionne comme une barrière hydraulique semipermeable (voir fig. 3). Pour vérifier les relations hydrauliques on a réalisé deux essais de pompage. Le premier avait lieu de 13. à 23. juillet 1964 (Hálek et col., 1964). Il a été effectué par l'ouverture des vannes à eau dans les dames dans la mine "Döllinger". Le débit de l'eau était en moyenne de 150 l.s.^{-1} , l'abaissement total dans le lieu de pompage atteignit 4,4 m. Le deuxième essai de pompage était réalisé dans la "Source gigantesque" de 22.5. jusqu'à 23.6.1969. Le débit moyen était de 50 l.s.^{-1} , l'abaissement à la fin d'essai dans le lieu de pompage de 1,28 m, dans la mine "Döllinger" (éloignée à 1,6 km vers l'Ouest) de 1,20 m, dans le forage TH-31 (éloigné à 2,6 km vers Nord-Est) de 0,74 m. L'influence d'essai mentionné sur les sources thermales de Teplice n'est pas évaluable à cause des essais de pompage lesquelles avaient lieu en même temps dans le forage Tp-28 à la Place de la Paix. Les résultats de tous ces essais permetèrent de diviser le corps du porphyre à quelques blocs hydrauliquement moins ou plus isolés (voir fig. 3 et le texte plus haut).

5. La quantité de l'eau porphyrienne laquelle devra être pompée pour tenir le niveau piézométrique sur la cote de + 80 m s.m. ne dépasse pas - d'après l'extrapolation des résultats des essais de pompage - 200 l.s.^{-1} . On ne peut pas encore dire quelle partie du débit de 200 l.s.^{-1} formeront les eaux porphyriennes froides et quelle partie les eaux thermales. La même quantité - de 200 l.s.^{-1} - de l'eau porphyrienne a été pompée en 1881-1882 au temps du bétonnage des dames dans la mine "Döllinger". Cependant il faut dire que le niveau piézométrique était abaissé au cours de ces travaux seulement sur la cote de + 172 m s.m. Cette coïncidence montre que le débit environs 200 l.s.^{-1} représente la somme de l'écoulement souterrain total provenant de l'étendue entière du corps de porphyre (approximativement 80 km^2 découverts pour l'infiltration). Cela signifie qu'à partir de l'abaissement de 50 m contre l'état contemporain, le débit ne croîtra plus et restera en 200 l.s.^{-1} . Il faudra conformer la vitesse de fonçage de la mine proposée à cette constatation. Cette hypothèse sera vérifiée par un essai de groupe de pompage en durée de 2 ans, que l'on prépare pour les années de 1982-1984.

6. Actuellement on n'a pas des données suffisantes pour pouvoir déterminer l'influence de l'abaissement profond du niveau des eaux porphyriennes ni sur la forme du cône d'appel, ni sur le changement du régime hydrogéologique de porphyre etc. Les données nécessaires pour ces évaluations n'offrira que l'essai de pompage à long terme mentionné plus haut.

L'agrandissement du débit des eaux thermales en conséquence d'abaissement du niveau piézométrique des eaux porphyriennes peut être estimé si l'on prend pour base cette considération: Le niveau des eaux porphyriennes au bord septentrional du bassin miocène atteint + 360 m s.m. Près de la dislocation dite de Mstišov, laquelle représente une barrière hydraulique analogue à la dislocation "Barborská"

le niveau des eaux porphyriennes n'est que + 220 m s.m. La distance des points mentionnés étant de 1900 m, la pente hydraulique résulte de 0,074. Abaisant le niveau des eaux porphyriennes de la côté meridionale de la dislocation de Mstišov sur + 80 m s.m., la pente hydraulique augmente sur 0,147, c.-à-d. à peu près deux fois. Cela signifie aussi l'agrandissement du débit des eaux thermales deux fois, l'accroissement de 23 - 27 l.s⁻¹ à 46 - 54 l.s⁻¹.

7. Faute du bilan précis de la nappe de l'eau porphyrienne il est aussi impossible de faire le bilan géothermique. Mais on peut évaluer (à la manière très simplifiée) l'influence d'écoulement souterrain élevé sur l'abduction de chaleur des roches dans la zone d'accumulation des eaux thermales. On va considérer l'état actuel comme l'état d'équilibre géothermique. La densité de flux de chaleur terrestre étant de $84 \cdot 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ($21 \cdot 10^{-3} \text{ cal} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$), l'abduction de chaleur d'une superficie de 40 km^2 (qui tombe sur la substructure hydrogéologique des thermes de Teplice) fait approxim. 3 350 kW ($\approx 800 \text{ kcal} \cdot \text{s}^{-1}$). Le débit originaire des sources de Teplice étant de $21 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, la température superficielle de 8° C et dans la zone d'accumulation de la therme de 58° C , le débit calorifique des sources était 4 400 kW ($\approx 1\,050 \text{ kcal} \cdot \text{s}^{-1}$). Combien de fois augmentera la quantité de l'eau passée par la zone d'accumulation, tant de fois augmentera la quantité de chaleur terrestre portée par les eaux thermales. La différence entre le flux de chaleur enlevé par l'eau actuellement et dans le futur sera couvert par la chaleur, laquelle se libérera pendant la diminution de la température des roches dans la zone d'accumulation de l'eau thermale. La quantité de chaleur, laquelle sera enlevée en plus en comparaison d'état actuel, atteindrait au cours de 15 ans de pompage

$$Q_{15\text{an}} \approx (54 - 21) \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot (58 - 8) \text{ deg} \cdot 4,19 \text{ W} \cdot \text{s} \cdot \text{deg}^{-1} \cdot \\ \cdot 31\,560\,000 \text{ s} \cdot 15 \text{ an} \approx 3,27 \cdot 10^{12} \text{ kW} \cdot \text{s} (\approx 7,83 \times 10^{11} \text{ kcal})$$

SIAMOS-78. Granada (España)

Cette quantité de chaleur produit un volume de porphyre $1,96 \cdot 10^9$ m pendant la diminution de la température sur 1° C. Avec 40 km^2 de l'aire de la zone d'accumulation des eaux thermales représente ce volume une plaque de 39 m de puissance.

Le calcul estimatif mentionné ci-dessus prouve que l'abaissement du niveau piézométrique des eaux porphyriques sur la cote de + 80 m s.m. en durée de 15 ans n'amenera qu'un abaissement peu important de la température des roches dans la zone d'accumulation des eaux thermales.

À la fin de cette contribution je voudrais souligner que les irrupsions d'eau porphyrique dans les mines de Duchcov et leur influence sur les sources thermales de Teplice ainsi que la "protection réparative" comme l'extension des travaux suivants de recherches et d'exploration sont sans précédent dans le monde entier. Également le projet d'abaissement profond du niveau des eaux porphyriques pour pouvoir exploiter le lignite dans les environs de Duchcov à ciel ouvert est unique en son genre. Mais dans le proche futur à défaut des combustibles et minerais il sera nécessaire de suivre le même chemin dans d'autres rayons miniers de la Tchécoslovaquie (p. ex. dans la Bohême de l'Ouest, le bassin de lignite de Sokolov et la ville d'eaux Karlovy Vary, le bassin de lignite de Cheb et la ville d'eaux Františkovy Lázně, le bassin de lignite de Nováky dans la Slovaquie centrale et la station balnéaire Bojnice etc. (et peut-être plus tard dans d'autres pays du monde). Les expériences de Teplice pourront bien aider à résoudre les problèmes semblables dans le monde entier.

References bibliographiques

ČADEK, J. et al. 1968: Hydrogeology of the thermal waters at Teplice and Ústí nad Labem. Sborník geol. věd sér. HIG. Praha. 6: 7 - 207.

HÁLEK, V. et al. 1966: Ground-water circulation in the Teplice quartz porphyry. Sborník geol. věd sér. HIG. Praha. 4: 125 - 144.

HOMOLA, V. 1972: Fassung der Therme Urquelle in Bad Teplice v Čechách durch Tiefbohrung. Internat. Symp. AIH Prot. Min. Waters. Karlovy Vary. I: 119 - 126.

HOMOLA, V. 1972: Gegenwärtiger Stand der Beeinflussung der Mineral- und Thermalwässer der ČSSR durch Bauarbeiten und Bergbautätigkeit und Folgerungen über zukünftige Entwicklung dieses Problems in der Welt. Internat. Symp. AIH Prot. Min. Waters. Karlovy Vary. I: 97 - 104.

Explication des tableaux

Tab. 1. Carte géologique schématique de la structure hydrogéologique de Teplice.

1 - gneiss (Protérozoicum sup.); 2 - phyllite (Paléozoicum inf. ?); 3 - porphyre quartzeux de Teplice (Permien inf.); 4 - granit acide de Cínovec (Permien sup.); 5 - marnes (Crétacé sup.); 6 - roches volcaniques et pyroclastiques (Oligocène - Miocène inf.); 7 - argiles avec une couche de lignite (Miocène inf.); 8 - dislocations; 9 - sources thermales: H - Horský, K - Kamenolázeňský, P - Pravřídlo, O - Obří (Source gigantesque), Tp-28 - forage sur la Place de la Paix; 10 - lieux des irruptions dans les mines en 1879 - 1897: D - Döllinger, V - Viktorin, G - Gizela; 11 - forages actuellement existants.

Tab. 2. Coupe géologique à travers de la structure hydrogéologique

SIAMOS-78. Granada (España)

de Teplice (du Nord vers Sud).

1 - porphyre quartzeux de Teplice (Permien inf.); 2 - granit acide de Cínovec (Permien sup.); 3 - marnes, à la base avec grès et conglomérates (Crétacé sup.); 4 - argiles (Miocène inf.); 5 - lignite (Miocène inf.); 6 - dislocations constatées et supposées; 7 - puit et galerie inférieur de la mine Cínovec; 8 - galerie de transport planifiée; I+G - zone d'infiltration, de descente et (dans profondeur de 2000 - 3000 m) de genèse des eaux thermales; G+R - zone de genèse et d'accumulation des eaux thermales (dans profondeur de 2000 - 3000 m); A - zone d'ascension des eaux thermales.

Tab. 3. Zones hydrodynamiques de système thermal de Teplice

1 - 3: zones d'infiltration, de descente et (dans profondeur de 2000 - 3000 m) de genèse des eaux thermales: 1 - dans porphyre de Teplice, 2 - dans granit de Cínovec, 3 - dans gneiss; 4 - 5: zones avec nappe captive, avec niveau piézométrique 240 - 380 m s.m., dans lesquelles la circulation profonde est empêchée par les dislocations longitudinales imperméables: 4 - dans porphyre; 5 - dans gneiss; 6 - 8: zones sous l'influence de drainage dans les mines de Duchcov, dans lesquelles la circulation profonde est freinée par les dislocations transversales semiperméables: 6 - dans porphyre, avec niveau piézométrique 195 - 201 m s.m.; 7 - dans porphyre, avec niveau piézométrique 204 - 215 m s.m.; 8 - dans gneiss, avec niveau piézométrique 210 - 225 m s.m.; 9 - 10: zones sous influence immédiatement de drainage dans les mines de Duchcov, avec niveau piézométrique 192 - 194 m s.m.: 9 - dans porphyre, 10 - dans gneiss; 11a: sources thermales: H - Horský, K - Kamenolázeňský, P - Pravřídlo, O - Obří (Source gigantesque), Tp-28 - forage sur la Place de la Paix; 11b - lieux des irrptions dans les mines en 1879 - 1897: D - Döllinger, V - Viktorin, G - Gizela; 12 - forages qui ont atteint le socle paléozoïque: a - encore existants (avec chiffre), b - déjà liquidés (sans chiffre).



