

EXPÉRIENCES SUR L'INFILTRATION POUR ÉVALUATION DU BILAN ET DES RESSOURCES DES EAUX THERMALES PROFONDES

S.A. DJAMALOV et F.A. MAKARENKO

Cette communication présente l'étude expérimentale de l'évaluation des ressources et du bilan des eaux thermales au Dagoustan, où se font des prélèvements d'eau chaude, utilisée par la technique ainsi que pour des buts médicaux et autres.

Sur le territoire du Dagoustan, de grands projets pour l'utilisation des ressources hydrothermiques portent sur toute la coupe des roches sédimentaires du socle pré-paléozoïque ainsi que sur une partie des complexes aqueux du socle paléozoïque. La plus grande utilisation à l'heure actuelle est celle des eaux thermales tirées du complexe tertiaire, en particulier dans les horizons sablonneux du miocène (appelées assises du Tchokrak-Karagan). Ces couches possèdent des aires suffisamment larges et ininterrompues d'alimentation atmosphérique sur la chaîne du Caucase, tandis que dans les profonds plissements du Dagoustan et la plaine du Dagoustan du Nord se produit l'échauffement de l'eau. Les températures des eaux augmentent dans des domaines de l'alimentation, et atteignent très vite $60^{\circ}\text{--}80^{\circ}\text{C}$, et dans les assises profondes les plus éloignées elles atteignent $100^{\circ}\text{--}160^{\circ}\text{C}$ et même plus. Les puits possèdent des débits énormes d'eaux. La minéralisation des eaux dans les parties du Dagoustan du Sud reste basse; ici elles ont une composition propre à l'utilisation médicale avec un caractère alcalin. Une bonne partie de cette eau est embouteillée.

Les conditions naturelles, météorologiques et autres de toutes régions d'alimentation atmosphérique des couches du Tchokrak-Karagan de Dagoustan sont très bien étudiées. La perte d'eau d'infiltration et de condensation dans la partie de la bande sableuse du Tchokrak-Karagan n'est pas encore suffisamment étudiée jusqu'à présent.

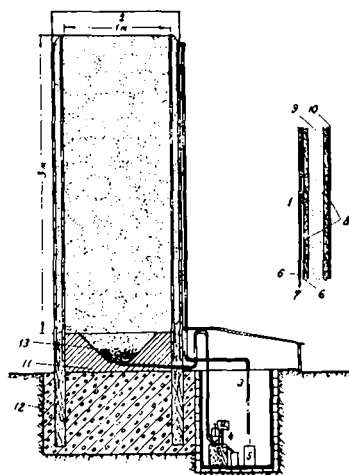


Fig. 1 — 1. Paroi du lysimètre; 2. Écoulement considéré; 3. Noyau de mesure; 4. Calculateur pour la filtration; 5. Capacité pour enregistrer l'écoulement; 6. Goudrons minéraux; 7. Tôle; 8. Planches; 9. Sciures; 10. Papier goudronné; 11. Ciment; 12. Béton; 13. Filtre inverse.

Pour la détermination de la quantité infiltrée des précipitations atmosphériques, on a utilisé un lysimètre d'une construction spéciale sur le terrain (fig. 1). Il est installé en dehors de la zone des aires d'alimentation des couches considérées mais présentant les mêmes conditions météorologiques et climatiques. Le lysimètre est complètement rempli par des blocs des roches sableuses à analyser. Sa construction est représentée sur le dessin. La partie graduée est constituée d'un pluviomètre et de tubes gradués. L'installation a donné la possibilité de déterminer en même temps, la quantité des précipitations filtrées et écoulées. À la suite des observations de plusieurs années, il est remarquable de noter (table 1) que la partie des précipitations infiltrée dans les sables est sensiblement constante. Les chiffres mensuels présentent des oscillations brusques. L'infiltration des précipitations tombées prend un certain temps et du fait des petites vitesses de filtration elles entrent dans le tube gradué avec un retard sur le temps de la tombée des précipitations qui est de l'ordre de 72-120 heures. Si la hauteur du lysimètre est de 3 m, la vitesse de filtration est d'environ 0,6-1,0 m en 24 heures.

TABLE 1
Données d'infiltration dans les sables de Karagan

Années	Sommes des précipitations mm	Sorti du lysimètre mm	Coefficient d'infiltration
1959	408,6	238,7	0,58
1960	559,3	317,1	0,57
1961	—	—	—
1962	263,9	135,85	0,51
1963	328,2	179,1	0,55
1964	319,2	191,3	0,59
1965	321	128,67	0,53

Les quantités d'infiltration dans la zone d'alimentation des roches sableuses de Tchokrak-Karagan de Dagoustan sont influencées par l'état de l'atmosphère au-dessus du lysimètre (température, humidité de l'air, forces du vent, rayonnement solaire). Tous ces facteurs influencent fortement la quantité de l'évaporation seulement dans la couche d'échange d'humidité. En un mot l'infiltration augmente avec la température et avec les hautes valeurs de l'humidité de l'air après la tombée des précipitations, dans les conditions d'un temps calme et en l'absence du rayonnement intense du soleil. Elle devient plus intense à partir du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril.

Six mois d'observations montrent la stabilité du coefficient d'infiltration.

À la suite de travaux s'étendant sur de nombreuses années, on a adopté pour les roches sablonneuses des couches du Karagan, une hauteur de précipitation de 480 mm, ainsi qu'un coefficient de filtration de 0,575. Pour les dépôts de Tchokrak, affleurant à des hauteurs les plus élevées (précipitations 500 mm), le coefficient de filtration est égal à 0,44.

Les données du lysimètre comprennent la condensation qui ne peut pas se chiffrer séparément.

Dans la table 2 sont indiquées les grandeurs de l'infiltration pour l'étendue des couches de Karagan et de Tchokrak, se rapportant à la surface étudiée de l'alimentation

artésienne et de l'exploitation thermique. En fait les chiffres de l'infiltration totale des sables de Karagan donnés dans la table 2 sont doublés pour tenir compte de la filtration des écoulements temporaires, les couches argileuses augmentant de ce fait cette surface. L'infiltration de la région de Karagan atteint à peu près $10 \cdot 10^6$ m³ par an; celle de Tchokrak donne environ $11 \cdot 10^6$ m³ par an ou (environ 58 000 m³ en 24 heures) soit $21 \cdot 10^6$ m³ par an pour les deux massifs.

TABLE 2
Grandeurs totales d'infiltration

Nom des étages	Surface de l'affleurement en m ²	Grandeur d'infiltration sur 1 m ² par an	Infiltration totale en m ³ par an
<i>Karagan</i>	$18,6 \cdot 10^6$	0,275	$5,1 \cdot 10^6$
y compris les sols sableux	$5,9 \cdot 10^6$	0,275	$1,6 \cdot 10^6$
	$3,0 \cdot 10^6$	0,275	$0,82 \cdot 10^6$
<i>Tchokrak</i>	$50,2 \cdot 10^6$	0,220	$11,04 \cdot 10^6$
y compris les sols sableux	$4,84 \cdot 10^6$	0,220	$1,06 \cdot 10^6$
	$8,6 \cdot 10^6$	0,220	$1,89 \cdot 10^6$

Si l'on considère que 50% en moyenne des eaux d'infiltration effective peuvent être détournés dans les drainages locaux de différentes dimensions, dans les zones de sélection et de pression des couches de Tchokrak-Karagan, on voit que le maximum possible des ressources de cette infiltration pour l'exploitation de la région en question ne constitue pas moins de $10,5 \cdot 10^6$ m³ par an, soit 30 000 m³ en 24 heures.

À l'heure actuelle, on extrait des roches sableuses des aires d'exploitation des couches de Tchokrak et de Karagan une eau thermique d'une température de 70 °C et à raison de 10 milliers de m³ en 24 heures. Les sondages existants pour le moment n'exploitent pas toutes les possibilités et l'écoulement de l'eau s'effectue par sa propre pression. Sur ces aires, il y a moyen de tripler la quantité des eaux thermales recueillies sans risquer de perdre les réserves et la pression de l'eau. Les mesures pour échapper à la perte d'eau dans les drainages locaux des régions d'alimentation dans les étages considérés permettraient d'augmenter l'exploitation de l'eau à raison d'environ 35 à 40 000 m³ en 24 heures.

Le maintien du jaillissement des eaux thermales permettrait de diminuer les pressions vers 50 m. Les calculs montrent que ceci donnerait plus de 25 à 30 000 m³ en heures, parmi lesquels les couches de Karagan interviendraient pour 12 à 17 000 m³ en 24 heures, le reste provenant des couches de Tchokrak. Dans ce cas, les ressources exploitées des couches en question pourraient être augmentées jusqu'à 55-65 000 m³ en 24 heures, soit de 5 à 7 fois plus par rapport à l'obtention actuelle des eaux.

Le travail des pressions dans ce cas irait plus lentement puisque sur une épaisseur de 50 m, seulement dans les paquets et les roches sableuses de Tchokrak, les réserves totales des eaux thermales atteignent $115 \cdot 10^6$ m³. Il faut ajouter que leur remplissage ne se fait pas seulement par les régions d'alimentation, mais également par les régions voisines des deux massifs où les eaux possèdent des températures élevées. Ainsi les réserves totales dans la région littorale du Dagoustan du Sud sont égales à 180 km³.

Les ressources exploitationnelles de Tchokrak et de Karagan dans les aires d'exploitation se compléteront partiellement de temps en temps, grâce au travail élastique des bancs (réserves élastiques des eaux). C'est pourquoi en considérant les aires d'exploitation, elles peuvent donner de 8 à 10 fois plus d'eau thermique qu'actuellement; au-dessous de 50 m la pression ne baisse pas. Le maintien de cette haute pression à la surface du sol assure le jaillissement propre des eaux sous une pression suffisante dans le bassin d'accueil des eaux.

On a étudié également les propriétés filtrantes des roches sableuses en question sur un appareil construit spécialement à ces fins (fig. 2). Cet appareil permet de créer les pressions et les températures voisines des valeurs naturelles dans les bancs. Il se compose de quatre parties : la construction et les principes d'usage de l'installation sont donnés sur le croquis. En négligeant la viscosité de l'eau, la vitesse de filtration est donnée par une ligne droite, mais avec une pression régressive pendant la filtration.

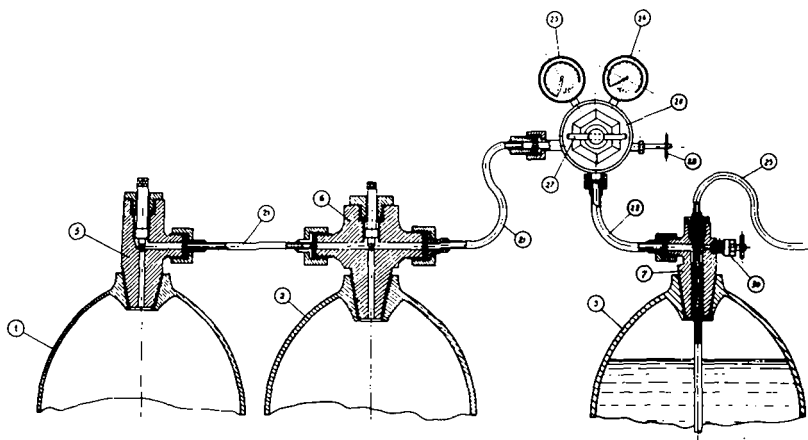


Fig. 2a

Fig. 2 — 1, 2. Récipients à air comprimé; 3, 4. Récipient à eau; 5, 6, 7, 8. Mamelon d'emboîtement; 9, 10, 11, 30. Soupape, valve; 12, 13, 25, 26. Manomètres d'échantillon; 14. Boulons nodulaires; 15. Couvertres; 16. Filet; 17. Verre pour échantillon; 18. Échantillon sableux; 19. Tassement des couvercles; 20, 27, 28. Soupape de fréquence; 21, 22, 23, 24. Tubes en cuivre; 29. Tassement de l'échantillon; 31. Tube gradué.

Pour de nombreux échantillons des couches de Karagan (faisceau S_6) avec une section de 10 cm^2 et une longueur de 10 cm et sous une pression de 1 kg/cm^2 , on a obtenu une sortie d'eau de $250 \text{ cm}^3/\text{mn}$ en moyenne; pour les roches sableuses de Tchokrak (faisceau S_{11}) dans ces mêmes conditions mais sous une longueur d'échantillon de 5 cm, on a reçu $50 \text{ cm}^3/\text{mn}$, à peu près 10 fois moins que dans les roches sableuses de Karagan. De ce fait les roches sableuses de Karagan dans les aires considérées de Dagoustan sont plus rentables à l'exploitation des eaux thermales. Les expériences ont confirmé les chiffres évoqués plus haut et suivant lesquels une utilisation d'une partie plus considérable des eaux effectivement infiltrées dans les régions d'alimentation est possible.

Au Dagoustan la densité du torrent abyssal et calorifique a été étudiée et il existe des calculs de l'affluence de chaleur abyssale pour les surfaces explorées.

Cette chaleur est disponible dans la gamme des thermi-températures indiquées plus haut sans refroidissement des bancs. L'expérience d'explorer les gisements pétroliers et la protection de ces gisements contre l'inondation accidentelle par les eaux froides montrent qu'avec des procédés pareils le refroidissement du sous-sol devient possible le plus souvent après des années. Cependant il s'agit là de cas d'espèces et c'est pourquoi il est possible d'obtenir des refroidissements rapides des couches, plus à proximité des régions d'alimentation atmosphérique, ce qu'il convient de savoir.

En concluant, notons que les grandeurs actuelles ($10\,000\text{ m}^3$ en 24 heures) de consommation d'eaux thermiques des couches de Tchokrak-Karagan de Dagoustan remplacent environ 70 tonnes en 24 heures des combustibles inflammables comme le pétrole (25 000 tonnes par an). Ces eaux ont cependant une utilisation complexe. Ainsi les réserves totales d'énergie calorifique dans les sources thermiques des étages considérés de Dagoustan, sur la surface où commence l'exploitation, atteignent $1,8 \cdot 10^{15}$ kcal, ce qui par équivalence correspond à 1,8 milliards de tonnes de pétrole.

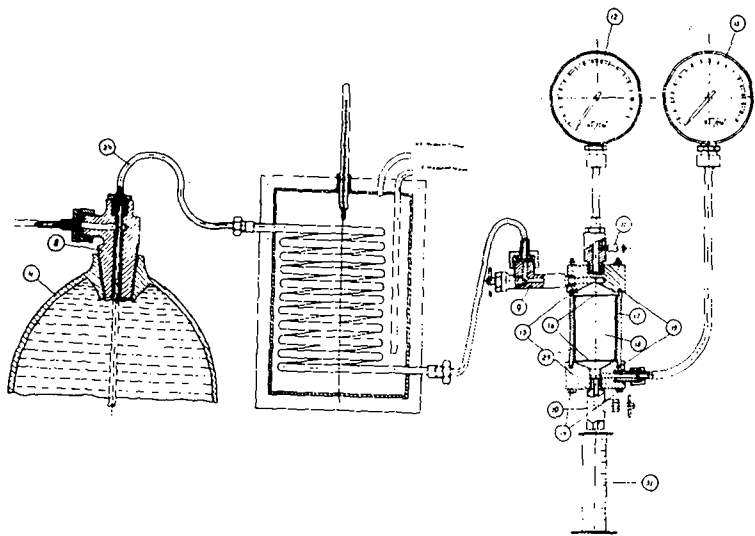


Fig. 2b

LITTÉRATURE CONSULTÉE

- (1) DJAMALOV, S.A., MAKARENKO F.A. et LEVKOVITCH, Les eaux thermiques de l'URSS et les questions théoriques de leur emploi thermique (région de la République ASS de Dagoustan). Édit. de l'Acad. des Sci. de l'URSS, 1963.
- (2) DJAMALOV, S.A., L'emploi des eaux thermiques en Dagoustan. Problèmes de la géothermie et l'utilisation pratique de la chaleur du sous-sol. Oeuvres 2, 1966; Édit. de l'Acad. des Sci. de l'URSS.
- (3) DJAMALOV, S.A., La chaleur souterraine et les voies de son utilisation pratique. Oeuvres de la conférence sur les utilisations de la géothermie en URSS; Édit. « Science », t. 1, 1966.
- (4) MAKARENKO, F.A., La circulation de l'eau. (L'eau sous la terre). Édit. « Connaissance », 1967.
- (5) MAKARENKO, F.A., De la classification des réserves et des ressources d'eaux souterraines. Oeuvres du laboratoire des problèmes hydrogéologiques de l'Acad. des Sci. de l'URSS, t. 3, 1948.

- (6) MAKARENKO, F.A., Quelques résultats d'étude d'écoulement souterrain. Oeuvres du laboratoire des problèmes hydrogéologiques de l'Acad. des Sci. de l'URSS, t. 1, 1948.
- (7) MAKARENKO, F.A., De la régularité des rivières d'alimentation souterraine. Exposé à l'Acad. des Sci. de l'URSS, t. 57, n° 5, 1947.
- (8) MAKARENKO, F.A., Caractéristique d'écoulement souterrain du bassin du Don (évaluation quantitative, régime, bilan, activité géologique). Oeuvres du laboratoire des problèmes hydrogéologiques de l'Acad. des Sci. de l'URSS, t. 34, 1961.
- (9) Écoulement souterrain dans le territoire de l'URSS (sous la rédaction de B.I. KOUDELIN). Édit. de l'Univ. d'État de Moscou, 1966.