

CONDITIONS GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES  
DE LA SOURCE  
THERMOMINERALE DE DRANISTA - KAÏTSA (KARDITSA)

Par

GEORGES SOULIOS

(Laboratoire de Géologie - Paléontologie, Université de Thessalonique)

(Received 26.6.1973)

**Resumé :** *On examine la source thermominérale de Dranista - Kaïtsa au point de vue des conditions géologiques et hydrogéologiques. On constate que la création est due à la répartition de formations géologiques, à leur comportement hydrologique ainsi qu'à la présence de failles locales.*

*On donne l'analyse chimique, un tableau de débit et des constantes naturelles de la source. Elle est caractérisée comme hypothermale, sulfurée, alcalique, d'un débit constant, influencé par le cycle hydrologique.*

*Son débit annuel est de l'ordre de 60.000 m<sup>3</sup>, elle porte du bas en haut une quantité de sels le l'ordre de 33 tn\* et une quantité de chaleur de l'ordre de 36.10<sup>7</sup> Kcal. La source es comparée aux autres voisines sources thermominérales.*

#### INTRODUCTION

L' étude des sources thermominérales constitue un objet d' un grand intérêt parce qu' elle contribue autant à leur exploitation du point de vue pratique qu' à la connaissance générale de la Géologie et de la Géochimie de l' espace qui les environne, mais surtout parce qu' elle contribue à l' Hydrogéologie à laquelle elle apporte de précieuses connaissances. A travers ce prisme on a entrepris cette étude.

La source thermominérale examinée est située au sud du département de Karditsa (fig. 1) entre les villages Makryrachi (Kaïtsa) et Ktimeni (Dranista), elle est aussi connue sous le nom source de Dranista-Kaïtsa. Elle se trouve à une altitude de 440 m. et à 2 Km de la gare «Thermaï». On y trouve les installations nécessaires à son exploitation. On considère ses eaux comme très efficaces pour des maladies du système nerveux ainsi que pour les rhumatismes et l' arthrite.

Pour l' étude de cette source j' y suis allé plusieurs fois. Mon directeur, Professeur M. J. Melentis, a suivi avec un grand intérêt tout le travail et il m' y a aidé de plusieurs façons. Je sens qu' il est nécessaire de le remercier vivement même de cette position.

L' analyse chimique de l' eau a été faite au laboratoire de chimie analytique en collaboration avec mon collègue M. D. Constantinou. La mesure de la radioactivité a été faite au laboratoire de physique

nucléaire en collaboration avec le collègue M. C. Papastephanou. La détermination de la flore a été faite en collaboration avec le collègue

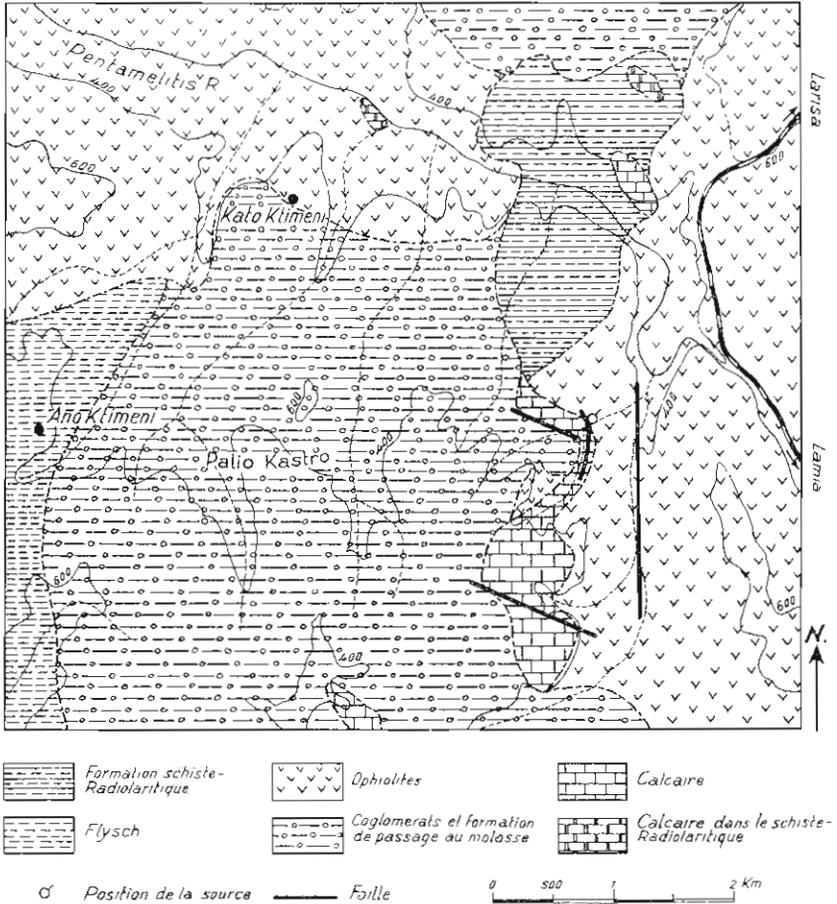


Fig. 1.

Carte géologique de la région autour de la source.

M. D. Babalonas au laboratoire de Botanique. Je remercie vivement tous les collègues mentionnés ci-dessus. Les figures ont été faites artistement par le préparateur M. E. Tsorlinis que j' en remercie.

## A. ELEMENTS GEOLOGIQUES DE LA REGION

## 1. Stratigraphie

A la construction de la région qui entoure la source participent les couches suivantes:

a) La formation schiste-Radiolaritique (fig. 2,  $\alpha$ ). Elle a été datée par G. Marinos comme de Trias-Juras à cause de la présence des fossiles: Megalodon, Diplopora, Cladocopsis. Elle se compose d'un système de minces couches alternatives schistes argileux, radiolarites, calcaires marneux et grès (fig. 2, 1). Dans cette formation s'intercalent de calcaires triasiques (Megalodon) en plaques ou compacts et plus rarement conglomérats (fig. 2, 2). De grands massifs ophiolitiques s'intercalent aussi (fig. 2,3)occupants de grandes étendues et composés de Serpentes, Dounites, Peridotites, Olevines, Gabros, Touffes de roches éruptives, Brèches volcaniques. De minces sections de Peridotites serpentinisés pris tout près des massifs calcaires ont montré un grand enrichissement secondaire en sels de  $\text{CaCO}_3$  aussi qu'une minéralisation diffuse de chromite.

b) Le calcaire (fig. 2,  $\beta$ ) de supérieur Cretacé, transgressif, discordant sur la formation précédente. Il est en plaques ou en grosses plaques parfois marneux. Il porte des Hippurites et des Radiolites. Son affleurement est restreint. Son épaisseur est de l'ordre de 20 m.

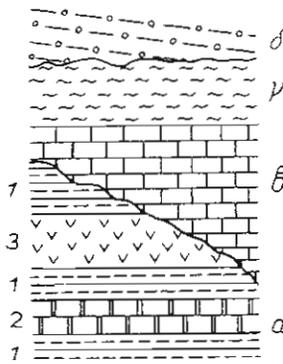


Fig. 2.

Colonne synthétique des couches

c) Le flysch (fig. 2,  $\gamma$ ) présenté du supérieur cretacé jusqu' au

Eocène il se développe parfois parallèlement au calcaire. Il contient les fossiles: Nummulites, Discocyclina, Cibicides, Gubelina e.t.c.

d) Les conglomérats et le matériel argileux-gréseux, les couches, gréseuses et marneuses (fig. 2, δ). Ce sont des sédiments après-alpidiques de passage à molasse, liés à des dépôts du sillon mésohellénique. Leur âge est déterminé comme du oligocène-meiocène par les: Cardium, Arca, Natica et d' autres.

## 2. Tectonisme

La région se trouve près du front où la série subpelagonienne che-

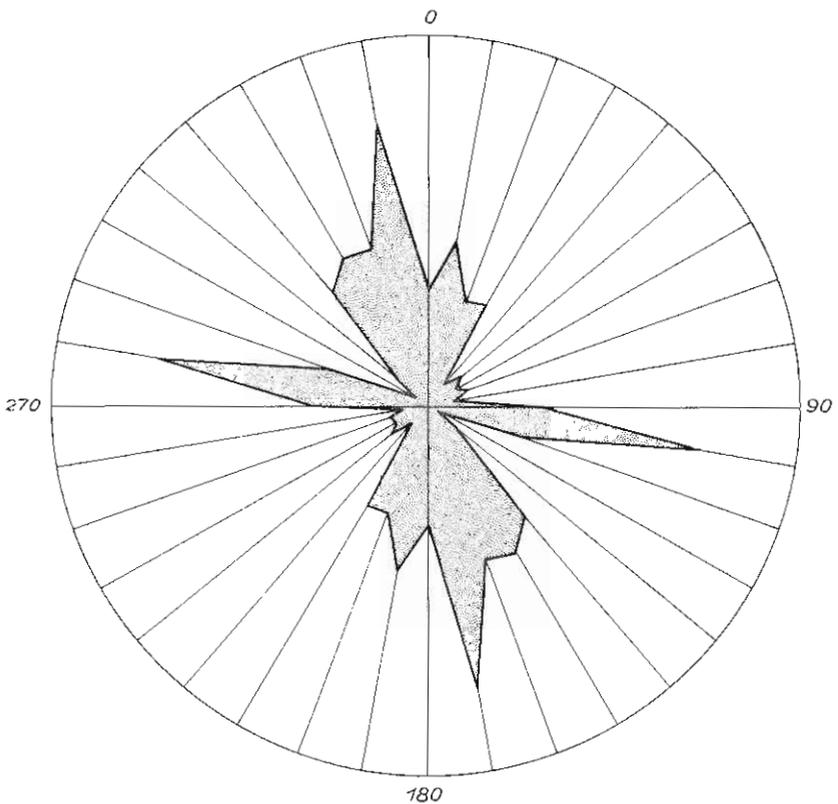


Fig. 3

Diagramme des diaclases (rosace)

vauche celle du Pinde. Le résultat de tout cela est le tectonisme intense de la région et même celui qui présente de ruptures. Ainsi des failles

locales fondamentales se dirigent surtout du Nord au Sud et de l' Est à l' Ouest, créent des décollements superficiels et des dislocations qui à leur tour créent des failles secondaires.

Les ophiolites n' étant pas de roches plastiques, sont très fissurés, portant des cataclases de différentes directions. De même les calcaires qui surmontent ou non les ophiolites, présentent un très grand nombre de fissures surtout à cause de décollements superficiels et à cause des transports, mais aussi à cause de leur mince épaisseur.

On donne un diagramme des diaclases (rosace) des calcaires (fig. 3) qui, apparaît-il, est d' accord avec les principales directions des décollements et des failles démontrant ainsi en même temps leur existence.

Les assises d' ensemble des schistes-radiolarites de la formation correspondante, le flysch et les sédiments après-alpidiques, à cause de leur grande teneur en argile sont des roches plastiques présentant un tectonisme plastique: repliements, allongements, raccourcissements sans présenter des failles.

## B. ELEMENTS HYDROLOGIQUES

### 1. Hydrologie de surface

Le comportement de diverses formations envers l' eau est varié. La forme du réseau hydrographique est un contre-coup immédiat de ce comportement. Ainsi les ophiolites, présentent-elles un réseau hydrographique peu serré bien qu' elles ne soient pas couvertes de végétation, et elles ont de plus un relief intense. Au contraire le flysch et les sédiments après-alpidiques de type molasse bien qu' ils soient couverts d' une dense végétation et qu' ils aient un relief plus doux, ont un réseau hydrographique serré. Cela est le résultat naturel du divers degré de l' infiltration de l' eau c' est à dire de la perméabilité diverse que présentent les formations.

Les ophiolites, système primitivement imperméable, sont devenues très perméables en grand à cause des cataclases très serrées et du réseau de fentes, diminués cependant avec la profondeur de sorte qu' au delà d' une certaine profondeur deviennent imperméables du point de vue pratique ou que le changement en profondeur de la perméabilité apparaisse ayant comme résultat les jaillissements aux pentes des versants. Les ophiolites ne portent pas des cavités souterraines.

Les calcaires portent également des cataclases, des réseaux de fentes ainsi que des cavités (karst) sur toute leur épaisseur. Ils ne présentent pas des jaillissements d' eau aux pentes, parce que la perméa-

bilité ne change pas avec la profondeur. Les calcaires présentent pourtant des sources d' exutoires.

Nous avons enfin un grand degré d' infiltration dans les calcaires, et dans les ophiolites, tandis qu' un petit degré dans le flysch, dans l' ensemble des schistes-radiolaritiques et dans les sédiments après-alpiques.

## 2. *Hydrogéologie souterraine*

Les eaux infiltrantes par les diverses formations donnent naissance aux nappes aquifères souterraines. La présence et l' étendue des nappes aquifères sont aperçues à cause des jaillissements de divers exutoires.

L' observation donc de ces jaillissements nous permet de constater:

a) Le rabattement rapide des eaux souterraines et l' abaissement rapide du niveau de la nappe aquifère (en général un mouvement des eaux vers les altitudes moins hautes) dans les ophiolites et les calcaires de façon que les différentes sources et les jaillissements deviennent stériles du haut en bas simultanément, ou un peu plus tard que l' interruption des pluies qui peuvent offrir aux réserves souterraines.

L' interruption du débit se fait pendant les mois d' avril et de mai.

Ce comportement indique également la grande perméabilité de ces roches à cause de laquelle les eaux souterraines y coulent rapidement à travers elles et les sources aussi sont temporaires ou elles ont un débit inconstant.

b) Le lent rabattement des eaux souterraines et le lent abaissement du niveau des nappes aquifères dans les roches: flysch, formations molassiques, assises des schiste-radiolites afin que les différentes sources et les jaillissements durent jusqu' au mois de juillet et au mois d' août.

Ce comportement indique la petite perméabilité de ces roches à cause de laquelle les eaux souterraines y coulent lentement et les sources ont un débit normal presque constant.

A un point donné du terrain l' oscillation du niveau de la nappe aquifère dépend non seulement des caractères hydrogéologiques de la roche mais aussi de la morphologie du terrain.

La répartition de la flore est liée aussi au comportement hydrogéologique des roches: sur des terrains ophiolitiques où le pourcentage de l' eau de rétention est très petit et s' évapore très vite, on observe une végétation de plantes herbacées éphémères; sur des terrains de

flysch et sur des formations molassiques où le pourcentage de l' eau de rétention est très grand et difficilement évaporé, on observe une végétation de formation forestière.

Des nappes aquifères captives ne se développent pas à cause de la morphologie de la région et de la répartition de diverses formations. Les gradients hydrauliques des nappes aquifères sont variés; très petits comparativement dans les ophiolites et plus grands dans les flyschs.

### C. ELEMENTS DE LA SOURCE

#### 1. Débit

Ayant suivi de près, au cours d' une année et même d' avantage, le débit de la source par des observations mensuelles, on a réussi à donner le tableau suivant (le débit est donné en litres par heure):

année	1971														1972
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
débit	6120	6960	7880	8310	8300	8140	7600	6820	6330	5300	5240	5500	5860	6390	7420

De ce tableau nous constatons que:

I. La source a un débit maximum pendant la période des mois de février - avril et un débit minimum pendant la période des mois août - octobre.

II. Le maximum du débit mesuré (8310 lit/h) par son minimum (5240 lit/h) donne le rapport  $27/17 < 2$  qui caractérise la source comme constante (il est connu qu' une source est appelée constante quand le débit maximum observé pendant longtemps par le correspondant débit minimum donne rapport entre 1 et 2).

III. Il y a une relation immédiate entre le débit de la source et des précipitations atmosphériques (météoriques) comme il paraît des diagrammes correspondants de la fig. 4. (La pluviométrie est prise de la station pluviométrique de Domokos, du service de recherches hydrologiques du ministère des travaux publics).

IV. Les résultats des précipitations se manifestent sur le débit au bout d' un espace de temps suffisant. Cela s' explique, si on accepte que les roches qui sont traversées par l' eau circulante sous la terre avant de son arrivée à la source, permettent un mouvement de petite vitesse (c' est à dire ces roches sont de petite perméabilité).

V. Le débit stable est la conséquence de l'existence d'une grande surface d'alimentation. De la morphologie de la région et de la ligne de crête on compte que cette surface est de l'ordre de  $600.000 \text{ m}^2$  et selon les données météorologiques elle reçoit une précipitation de  $0,5 \text{ m}$ ,

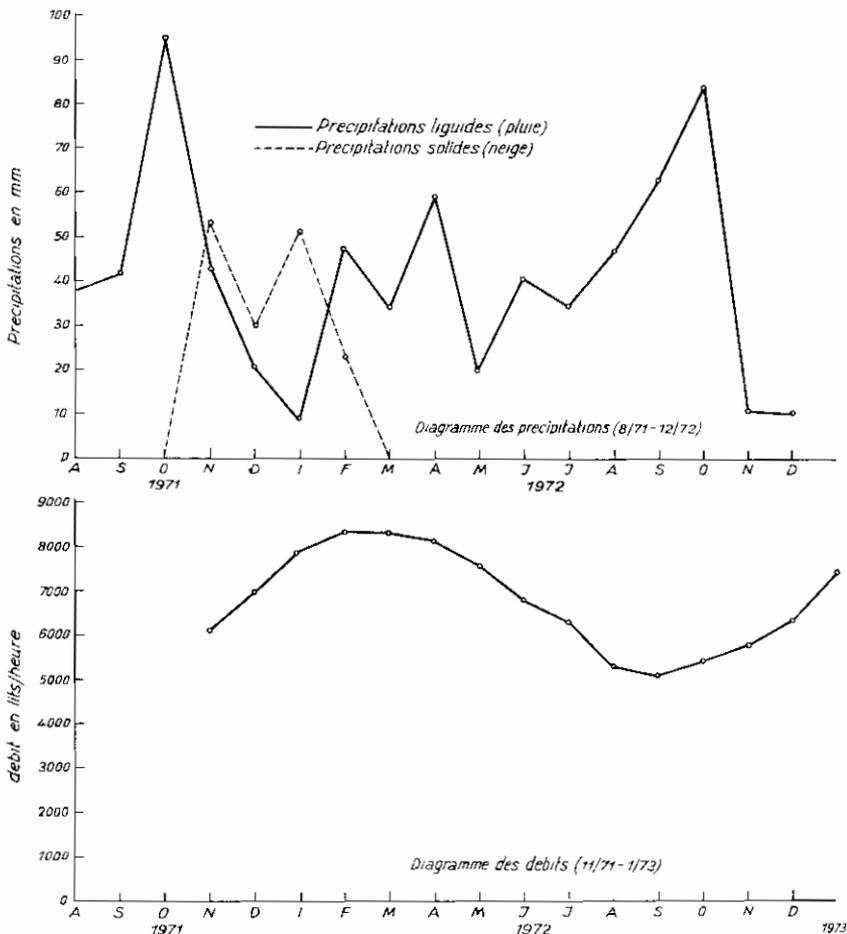


Fig. 4

Diagrammes correspondants des précipitations et des débits en fonction du temps.

de hauteur  $c'$  est à dire un ensemble de volume de  $600.000 \text{ m}^2 \times 0,5 \text{ m} = 300.000 \text{ m}^3$ .

Le débit annuel de la source est de l'ordre de  $60.000 \text{ m}^3$ , par conséquent on a une infiltration au moins:  $60.000 \text{ m}^3 / 300.000 \text{ m}^3 = 20\%$ . En réalité ce coefficient doit être un peu plus haut si on compte les pertes latérales des eaux ou les jaillissements. De toute façon il est pe-

tit, caractéristique pourtant de la petite perméabilité des sédiments après-alpidiques molassiques.

## 2. Caractères sensibles de l' eau

Limpidité : parfaite

Odeur : de sulfure d' hydrogène

Goût : aucun

Couleur : aucune

## 3. Physiques constantes de l' eau

Température (moyenne) : 21° C. (fluctuation 19°-23° C).

Conductibilité :  $6,17 \cdot 10^{-5}$  mho  $\text{cm}^{-1}$  (en température 15° C).

Radioactivité : quantité négligeable.

Densité : 1,006  $\text{gr}/\text{cm}^3$  (en t. 15° C).

## 4. Flore

On a trouvé que l'eau de la source contient des Bactères des genres Thiotrix et Beggiatoa.

## 5. Analyse chimique

A. Dambergis a été le premier qui a donné en 1904 l' analyse chimique de la source. Nous, nous sommes bornés à l' analyse complémentaire de certains ions qui faciliteront la constatation de l' origine de l' eau et sa classification du point de vue chimique.

a) L' analyse de A. Dambergis (les nombres montrent mgr\*/lit d' eau) :

$\text{Na}_2\text{CO}_3$	216,9
$\text{K}_2\text{CO}_3$	97,0
$\text{MgCO}_3$	77,8
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	7,1
$\text{K}_2\text{SO}_4$	24,0
$\text{CaSO}_4$	0,71
$\text{NaCl}$	54,5
$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	11,7
$\text{K}_2\text{SiO}_3$	63,4
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,2
$\text{H}_2\text{SiO}_3$	—
$\text{H}_2\text{CO}_3$ (libre)	31,9
$\text{H}_2\text{S}$	3,1

$H_3PO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $NH_4M^+$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $Fe_2O_5$ , F, Li : quantités très petites.

b) Les analyses que nous avons réalisées :

*Cations*

Ca <sup>++</sup>	81,36
Na <sup>+</sup>	80,00
K <sup>+</sup>	5,40
Mg <sup>++</sup>	12,40
Fe <sup>+++</sup>	0,42

*Anions*

Cl <sup>-</sup>	29,78
HCO <sup>-</sup>	30,80
SO <sup>—</sup>	17,17

6. *Résidu sec*

Il est compté 553,3 mgr\*/lit.

7. *Dureté*

Totale (en degrés français) 25,42

8. *Volume des gaz libres :*

La mesure n' a pas eu lieu

9. *Rapports des éléments en poids*

Ca/Na	1,01
Ca/K	15,06
Ca/Mg	6,70
K/Na	0,07
HCO /Cl	1,03
SO /Cl	0,57
Li/Na	0
Fe/Cl	0
Ca/Cl	2,71
Mg/Cl	0,41
Na/Cl	2,66

10. *Réaction*

alcalique pH = 7,4

Des analyses et des mesures ci-dessus on constate que :

I. Le résidu sec de 553 mgr\*/lit est considéré comme peu.

Du tableau ci-dessous on peut constater un rapport entre la température d' une source thermique et le résidu sec correspondant, plus précisément une augmentation parallèle entre les deux :

<i>Source</i>	<i>température</i>	<i>résidu sec</i>
1. Souroti	19,6° C	1.660 mgr*/lit
2. Loutrochorion (Edessa)	20,5° C	740 »
3. Psachni (Naupactos)	21,4° C	650 »
4. Methana	29,9° C	1.480 »
5. Nigrita	24,5° C	1.290 »
6. Aigina	25,5° C	12.710 »
7. Hypati	33,5° C	7.020 »
8. Samothraki	59,2° C	12.640 »
9. Aidipsos	77,5° C	39.580 »

Ainsi la teneur de 553 mgr\*/lit se trouve aux plus basses limites de ce rapport.

II. Le rapport Ca/Cl = 2,71 est exceptionnellement grand. Pour les autres sources on a :

Méthana	0,047
Aidipsos	0,088
Thérmi (de Mytelène)	0,085
Ikaria	0,063
Kythos	0,074
Kaïapha	0,086
Kamena Vourla	0,093
Aghia Paraskevi Chalkidiki)	0,04
Eau de mer (mediterrannée)	0,022
Smokovos	0,093

Cette grande teneur en Ca et la disproportion en rapport à Cl peuvent être expliquées si on accepte que l' eau et surtout l' eau chaude, coulant dans le sol parcourt un long chemin dans les calcaires.

III. La présence de H<sub>2</sub>S libre caractérise la source comme sulfurée.

IV. Le rapport K/Na = 0,07 est considérablement petit. Le rapport entre les deux éléments dans la lithosphère est K/Na = 0,91. L' eau de la mer n' influence pas l' eau de la source. Prenant aussi en considération que la teneur en Cl des eaux de la source en valeurs absolues est grande, on peut expliquer la disproportion de K et Na si on

accepte que la mer du sillon mésohellénique a laissé des traces d'évaporites dans les sédiments après-alpidiques ou en tout cas elle a rendu la région riche en NaCl. La teneur riche en Bore de la source voisine de Paliovracha confirme ce point de vue, puisque le Bore est considéré comme élément qu'on rencontre surtout dans l'eau de la mer.

V. Puisqu'il s'agit de caractériser la source du point de vue chimique, nous formons les divers diagrammes chimiques en usage. Ainsi dans le tableau ci-après comptons-nous les milliequivalents des éléments concrets et leur composition en pourcentage.

Cations	Poids Atomiques	Valence	Equivalent	Mgr*/lit: Equivalent	Calcul en Pourcentage
Na <sup>+</sup>	23	1	23	80 : 23 = 3,48	$\frac{3,48 \times 100}{8,71} = 40$
K <sup>+</sup>	39	1	39	5,40 : 39 = 0,13	$\frac{0,13 \times 100}{8,71} = 1,50$
Mg <sup>++</sup>	24	2	12	12,40 : 12 = 1,03	$\frac{1,03 \times 100}{8,71} = 11,80$
Ca <sup>++</sup>	40	2	20	81,36 : 20 = 4,08	$\frac{4,07 \times 100}{8,71} = 46,78$
				1,66	100,00

Anions	Poids atomiques ou moléculaires	Valence	Equivalent	Mgr*/lit: Equivalent	Calcul en Pourcentage
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	61	1	61	30,8 : 61 = 0,50	$\frac{0,58 \times 100}{1,66} = 30,12$
Cl <sup>-</sup>	55,5	1	35,5	29,78 : 35,5 = 0,81	$\frac{0,81 \times 100}{1,66} = 48,80$
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	96	2	48	17,17 : 48 = 0,35	$\frac{0,35 \times 100}{1,66} = 21,08$
				1,66	100,00

Ces valeurs séparées en pourcentage des cations et des anions sont utilisées comme suit :

Nous formons un triangle équilatéral ABC (fig. 5) dont nous divisons chaque côté en cent parties égales. Sur chaque une des ces côtés

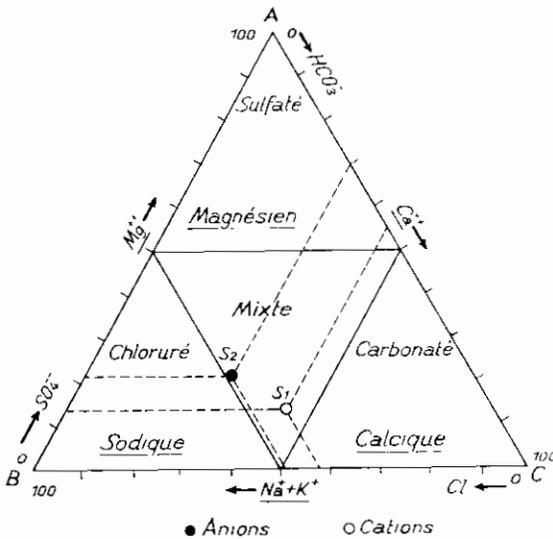


Fig. 5  
Diagramme triangulaire

portons les valeurs en pourcentage des cations: Sur la côté AC la valeur du  $\text{Ca}^{++}$ , sur la côté CB les  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  et sur la BA le  $\text{Mg}^{++}$ . Ces valeurs nous donnent le point  $S_1$  pour les cations. De la même manière sur le même triangle nous obtenons le point  $S_2$  pour les anions.

Comme il paraît du diagramme, les points  $S_1$  et  $S_2$  caractérisent la source comme mixte vers chlorurée pour les anions, et mixte vers calcique - sodique pour les cations.

Si nous portons les mêmes valeurs sur un diagramme carré (fig. 6) nous obtenons le point S qui caractérise aussi la source comme mixte vers chlorurée - sulfatée.

VI. En se basant sur la législation (761/68) l' eau peut être potable quand elle contient les éléments :

pH = 7 — 8,5

résidu sec: jusqu' à 500 mgr\*/lit

sels chlorurés jusqu' à 350 mgr\*/lit

sels sulfatés jusqu' à 250 mgr\*/lit

sels magnésiens jusqu' à 50 mgr\*/lit

dureté (degrès français) jusq' à 50 mgr\*/lit

L' eau examinée de la source correspond à ces prescriptions. Le résidu sec total de 553 mgr\*/lit dépasse un peu les 500 mgr\*/lit, ce-

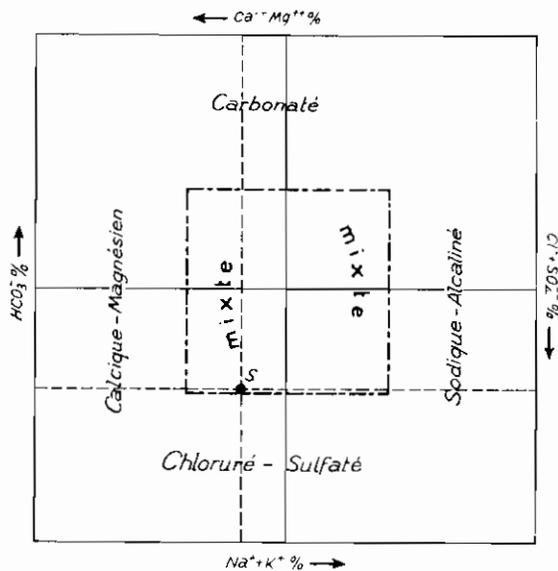


Fig. 6  
Diagramme carré

pendant ce dépassement est assez petit de sorte qu' il se trouve dans les limites.

Ainsi pouvons-nous caractériser l' eau comme potable. Cette qualification est défendue par :

L' analyse des bactères pathogènes,

Les critères géologiques: débit constant sans brusques fluctuations, percolation de l' eau à travers de roches grainues en petit un peu perméables comme les sédiments de type de molasse, absence de l' eau trouble, manifestation des résultats de pluviometrie au bout d' un espace de temps suffisant e.t.c.

VII. La comparaison aux autres sources pose la source examinée très proche de celle de Smokovos située à 15 km NW.

VIII. L' absence des combinaisons de  $\text{NH}_4$  montre que l' eau de la source ne subit pas d' influence du foyer magmatique.

#### D. CREATION DE LA SOURCE ET ORIGINE DES EAUX

##### 1. Création de la source

Par les observations ainsi que par tout ce qu' on a exposé plus

haut on conclue que la source doit sa naissance à la répartition de diverses couches aussi qu' à l' existence de failles d' ailleurs visibles à l' endroit de la source (fig. 7),. L' existence des failles cependant est liée multuellement à la température de la source.

Etant donné qu' autour de la source thermique il n' y a aucune indication de l' existence d' un foyer magmatique et que de l' analyse

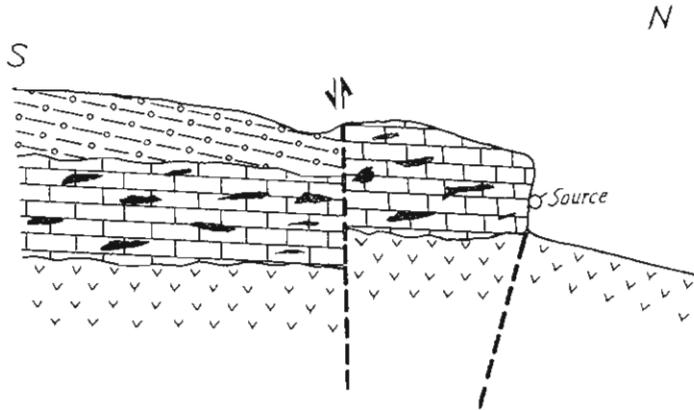


Fig. 7

Coupe géologique passant de la source. (légende des symboles à la fig. 1.)

chimique résulte une absence des combinaisons ammoniacques, la chaleur de l' eau de la source doit être dûe exclusivement au gradient géothermique. Pour que l' eau acquière la température de 21° C, doit descendre au moins en profondeur  $h = (T_1 - T_2) d$ , où  $T_1$  = la température de l' eau de la source 21° C,  $T_2$  = la température moyenne du sol 15° C,  $d$  = le gradient géothermique, 30 m/gr. On détermine ainsi une profondeur de 180 m. En réalité la profondeur doit être plus grand si on compte un certain abaissement de la température de l' eau pendant qu' elle coule jusqu' à ce qu' elle arrive à la surface du sol.

De tout ce qu' on a exposé plus haut on juge que l' eau passe autant par les couches un peu perméables de matériel molassique après-alpidique que par les calcaires.

Le rapport direct, déjà noté, entre la pluviométrie et le débit préjuge l' origine météorique directe de l' eau.

Ainsi, l' eau météorique infiltrant alimente les réservoirs souterrains d' où elle s' achemine vers des profondeurs plus grandes à travers des failles ou probablement à travers d' autres voies que lui-même a ouverte. Elle s' y échauffe (devient chaude) et à travers d' une deuxième

faille elle monte jusqu' à la surface du sol. Les raisons de la montée sont :

a) La pression hydrostatique, b) La température à cause de laquelle se diminue le poids spécifique des eaux qui se trouvent dans les grandes profondeurs et c) La création, à cause de la température, des vapeurs sous la pression desquelles l' eau s' élève.

La variation annuelle observée du débit est due à des causes hydrostatiques: à cause de la pluviométrie augmente la hauteur du niveau des nappes aquifères et par suite la pression hydrostatique au point de la sortie de l' eau et selon les lois d' hydrostatique augmente le débit. La diminution de l' eau de la gravité dans les roches - réservoirs participe aussi en un certain pourcentage à la diminution du débit car selon notre avis l' oscillation du niveau piézométrique de la nappe aquifère c' est à dire l' oscillation de la pression hydrostatique ne se trouve pas en équilibre avec la variation du débit.

La nappe aquifère qui donne naissance à la source, a un gradient hydraulique important d' une part à cause de la petite perméabilité des formations molassiques et d' autre part à cause de la morphologie.

## *2. Etiologie du chimisme des eaux*

Comme on a déjà dit l' origine des eaux est météorique. A cela sont d' accord tous les éléments exposés; il reste à voir si l' analyse chimique est d' accord elle aussi.

L' existence de sels et d' acides ou d' oxydes des éléments Si, Ka, K, Na, Mg, Fe, Al, C est la conséquence du passage de l' eau chaude, ou non, à travers des roches riches en ces éléments comme: les ophiolites, les calcaires et les formations molassiques. L' eau chaude surtout peut dissoudre des combinaisons de ces roches auxquelles elle réagit et donne des sels, acides ou oxydes.

En ce qui concerne la présence de S sous la forme de sels ou de  $H_2S$  libre, elle doit être attribuée à la minéralisation diffuse sulfurée de Nickel des ophiolites de la région. En effet, B. Andronopoulos (1964) a démontré que ces ophiolites ont une minéralisation sulfurée diffuse de Nickel et plus précisément des minéraux: Pentlandite,  $(Fe, Ni)_9S_8$ , Ulmanite,  $NiSbS$ , Milorite  $NiS$ , Bravoite,  $(Ni, Fe)S_2$ , Magnépyrite  $FeS$ , Chalcopyrite  $CuFeS_2$ , Chalkosine  $CuS_2$ , Pyrite  $FeS_2$ .

La grande analogie de Cl présuppose peut-être des couches d' évaporites dans les sédiments après-alpidiques (de type molasse).

Ce qui fortifie ce point de vue est l' existence de  $Na_2SO_4$ ,  $K_2SO_4$ ,  $CaSO_4$  en quantité importante, dans l' eau ainsi que la teneur en Bore

de la source voisine de Paliovracha, étant donné que le Bore est un élément de mer et on le rencontre dans les évaporites.

## E. REMARQUES

### 1. Captage

Il est possible d'augmenter le débit de la source si les conditions hydrostatiques changent. Plus précisément si le point de sortie de l'eau descend, la pression hydrostatique augmentera à ce point et par conséquent le débit selon les lois de l'hydrostatique. L'eau de la source sort d'un seul orifice, on dirait d'un tuyau, par la surface du plan de faille (miroir). En réalité de cette façon existent de petites marges d'augmentation du débit parce qu'on peut abaisser le point de sortie seulement en 2,5 m. environ. Si on entreprend un creusement plus profond et un pompage de l'eau, ce sera très dangereux parce qu'on détruira la voie naturelle de l'eau qui coulera à travers des calcaires karstiques et des ophiolites.

### 2. Pétrogénèse

La teneur de l'eau petite en sels en d'autres combinaisons chimiques, 0,55% environ, mais aussi la quantité relativement petite de l'eau qui jaillit et surtout le relief de la région rendent nulle l'action pétrogénétique de l'eau. A d'autres sources thermales, comme celle de Thermopyles, les eaux thermominérales déposent des couches de sels et surtout  $\text{CaSO}_4$ . Ainsi près de la source de Thermopyles a été déposée une riche couche de  $\text{CaSO}_4$ .

A la source examinée les eaux apportent de bas en haut des sels dissolvés et d'autres combinaisons d'un poids de 33 tn\* par an. Cette quantité pourtant ne se dépose pas parce que le relief du terrain est intense et il ne permet pas de conditions de calme des eaux pour que les sels s'échouent. Seulement à certains points du petit ruisseau on observe des traces de dépôts de sels mais à des quantités très négligeables.

### 3. Chaleur montante

Les eaux chaudes montantes apportent du fond de la terre vers la surface une quantité de chaleur. Cette quantité est donnée du type:  $Q = mC(T_1 - T_2)$  où  $Q$  = la quantité de la chaleur montante,  $m$  = la masse de l'eau montante qui pour une année est  $6.10^{10}$  gr.,  $T_1$  = la température de l'eau montante,  $21^\circ$  gr. C,  $T_2$  = la température moy-

enne du sol,  $15^{\circ}$  gr. C,  $C =$  le coefficient de thermocapacité spéciale de l'eau 1 cal. gr. grand. Ainsi avons-nous:  $Q = 36.10^7$  Kcal.

#### 4. D' autres sources thermominérales

A 1 km environ, au N de la source examinée il y a trois petites sources, non sulfurées, alcaliques, liées à une grande faille marquée sur la carte de la fig. 1. Leur débit est très petit.

A des distances plus grandes et à un rayon de 15 à 20 km se trouvent les sources thermominérales de: Smokovos, Paliovracha, Gavrakia, Ekkara, Archani, Kapsi, Platystomon. La plupart de ces sources a des éléments géologiques et hydrogéologiques et chimiques rapprochant. Leur création est liée aux failles de la région qui ont eu lieu pendant de quaternaire.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. ANAGNOSTIDIS, K.: «Untersuchungen über Cyanophyceen einiger Thermen in Griechenland». Aus dem Institut für Systematische Botanik und Pflanzengeographie, Universität Thessaloniki, 1961, P. 13 - 232.
2. ANDRONOPOULOS, B.: «Minéralisation sulfurée de nickel dans les roches ultrabasiques de Grèce». Bulletin of the Geological Society of Greece. Vol. V. n. 2, Athens 1964, P. 59 - 70.
3. BURDON, D., DOUNAS, A.: «Hydrochemistry of the Parnassos - Ghiona aquifers and problems of Sea - Water contamination in Greece». Publication n. 57 of the I. A.S.H. Ground water in arides zones, P. 680 - 704.
4. CAROZZI, A.: «Petrographie des roches sédimentaires». F. Rouge et Cie S.A. Lausanne 1953, P. 11 - 250.
5. CASTANY, G.: «Traité pratique des eaux souterraines». 2ème édition, Dunod, Paris 1967, P. 555 - 643.
6. DAMBERGIS, A.: «Veber die Schwefelhaltigen Heilquellen von Smokovon und Kaitza der Thessalien». Athen. 1904, p. 1.
7. FOURMARIER, P.: «Hydrogéologie». 2ème édition, Masson et Cie, Paris 1958, P. 237 - 280.
8. GEORGALAS, G., KARAGHEORGHIOU, E., PAPAKIS, N.: «Sur les fluctuations de la source Thermominerale d'Hypati - Grèce». Extrait des «Mémoires» de l'Association Internationale des Hydrogéologues. Tome V, Reunion d'Athènes 1962, P. 277 - 287.
9. KALLERGIS, G.: «Hydrogeological investigation of Kalambaca basin (Western Thessaly)». Institute for Geology and Subsurface research. Vol. XIV, N. 1, P. 5 - 197, Athens (6. Amerikis St.) 1970.
10. MAKRIS, G., MAKRIS, B., STRATIS, B., OIKONOMOU, M., PANAGIOTIDIS, I., AGATHOKLIS, G.: «Investigations nouvelles sur les sources thermo-

- minerales radioactivités de l'île Ikaria». (En Grec). Annuaire Scientifique de l'ecole Physicomathématique de l'Université de Thessalonique. Tom. IX, P. 207 - 246, Thessalonique 1965.
11. MARATOS, G. : «Geologie de la Grèce». Tom. 1er, Athène, 1972. P. 11 - 181.
  12. MARINOS, G., ANASTOPOULOS, J., MARATOS, G., MELIDONIS, N., ANDRONOPOULOS, B. : «Geological Mapping of Greece, Sheet Leontarion». Institute for Geology and Subsurface Research, Athenes, 1962.
  13. MELENTIS, J. : «Die Geologischen und Hydrologischen Verhältnisse der Ebene von Marathon in Attica (Griechenland)». Annales Geologiques des Pays Hélieniques. Tom. XIV, 1963, P. 348 - 356.
  14. MORET, L. : «Sources thermominérales». P. 3 - 136. Masson et Cie, Paris, 1946.
  15. PERTESIS, M. : «Les eaux minerales de l'île de Lesbos». Publication de la Association Geologique Greque n. 20, Athène, 1932. P. 5 - 32.
  16. PERTESIS, M. : «Sources Thermominérales de Grèce». Publication de la Association Geologique Greque n. 24. Athène, 1937 P. 7 - 88.
  17. PERTESIS, M. : «Les eaux minerales de Kaiapha». Ministère de Economie Nationale. Publications du Bureau Geologique n. 1, Athène 1924, P. 1 - 15.
  18. PERTESIS, M. : «Les eaux minerales de Methana». Publication du bureau Geologique n. 9, Athène 1923, P. 5 - 20.
  19. PERTESIS, M. : «Sur une source proprement alcalique contenant Bore, près de Paliovraha, Phtiotis». Com. Ren. d'Ac. d'At. 1953, No. 28, P. 437 - 443.
  20. PERTESIS, M. : «Sur la radioaktivité des sources de Kammena Vourla». Publications de la Service Geologique de la Grèce n. 16, Athène 1926, P. 7 - 48.
  21. PERTESIS, M. : «Les eaux minerales de Smokovon» Publication de la Service Geologique de la Grèce n. 17. Athène 1930. P. 7 - 31.
  22. PLATAKIS, E. : «La bibliographie des eaux minerales de la Grèce». Extrait d'«archives de pharmaceutique». Fascicule 9 - 10 et 11 - 12. Athène 1966, P. 133 - 186.
  23. SOTERIADIS, L. : «Sur la Source borique et saline de Aghia Paraskevi au sud de Halkidiki et les gaz voisins (fumerolles) du point de vue géologique». (En grec). Annuaire Scientifique de l'École Physicomathématique de l'Université de Thessalonique, tome XI, P. 5 - 20, Thessalonique, 1969.

ΠΕΡΙΛΗΨΙΣ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑΙ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑΙ ΣΥΝΘΗΚΑΙ  
ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΠΗΓΗΣ ΔΡΑΝΙΣΤΑΣ - ΚΑΪΤΣΑΣ  
(ΚΑΡΔΙΤΣΑ)

ὑπό

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΣΟΥΛΙΟΥ

(*Εργαστήριον Γεωλογίας - Παλαιοντολογίας Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης*)

Εἰς τὴν παροῦσαν μελέτην ἐξετάζονται αἱ σχετιζόμεναι πρὸς τὴν πηγὴν Δρανίστας - Καίτσας γεωλογικαὶ καὶ ὑδρογεωλογικαὶ συνθήκαι τῆς περιοχῆς. Δίδονται μετρήσεις παροχῆς, διάφοροι σταθεραὶ, χημικαὶ ἀναλύσεις καὶ πραγματοποιοῦνται συγκριτικαὶ παρατηρήσεις ὡς πρὸς ἄλλας πηγάς. Ἡ πηγὴ χαρακτηρίζεται χημικῶς καὶ μελετᾶται ἡ πετρογενετικὴ τῆς δρᾶσις ὡς καὶ ἡ δυνατότης μαστεύσεώς τῆς.